

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie

an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

(Direktor: Prof. Dr. med. A. Berghaus)



**Variabilität elektrogustometrischer Kennlinien bei gesunden
Probanden und Patienten mit Fazialisparese oder Malignom im Kopf-
Hals-Bereich**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

<Doktor der Medizin (Dr. med.)>

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Heike Marian

geboren am 09.08.1965 in Halle

Betreuer: PD Dr. rer. nat. habil. E.-J. Haberland

Gutachter: Prof. Dr. med. H. Gudziol, Jena

Prof. Dr. med. H.-W. Pau, Rostock

PD Dr. rer. nat. habil. E.-J. Haberland, Halle

Öffentliche Verteidigung: 11.09.2003

urn:nbn:de:gbv:3-000005537

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000005537>]

Referat

Mit dem in der Universitäts-HNO-Klinik Halle entwickelten PC-Elektrogustometer wurden an 156 Probanden Schmeckschwellenwerte für Reizzeiten von 0,1 ms bis 2000 ms bei variablen Reizstärken von 0,3 μ A bis 1000 μ A bestimmt. Die Ziele der Untersuchungen waren einerseits die Ermittlung von Bezugswerten gesunder Probanden in Korrelation zum Lebensalter als auch andererseits die Gewinnung von neuen Parametern aus der Beziehung zwischen Reizzeit und Stromstärke. Die Probanden wurden dazu in acht Altersgruppen unterteilt. Voruntersuchungen mit dem PC-Elektrogustometer hatten eine bestimmte Anordnung der reizzeitabhängigen Schwellenwerte, die sog. elektrogustometrische Kennlinie, ergeben. Diese Kennlinie kann in drei Abschnitte unterteilt werden: den oberen Sättigungsbereich (entsprechend der sensiblen Schwelle), den Übergangsbereich mit direkter Stromstärke-Reizzeit-Beziehung und den unteren Sättigungsbereich bei langen Reizzeiten. Das Datenmaterial wurde deskriptiv und statistisch bewertend verarbeitet. Ausgewertet wurden die Schwellenmesswerte und die Modellparameter. Letztere Parameter wurden durch eine Kurvenapproximation mit einem Excel-Makro, dem sog. „Drei-Geraden-Modell“, ermittelt. Innerhalb der Gruppen erfolgten Vergleiche zur Feststellung von Seiten- und Geschlechtsunterschieden. Statistisch signifikante Unterschiede wurden nicht nachgewiesen. Zwischen den einzelnen Gruppen erfolgte ein Vergleich der Messwerte und Modellparameter hinsichtlich der Altersabhängigkeit. Die Schmeckschwellen steigen mit zunehmendem Lebensalter an. Ein statistisch signifikanter Unterschied benachbarter Gruppen besteht nur zwischen Altersgruppe 2 (11–20 Jahre) und 3 (21–30 Jahre). Die Modellparameter zeigen zusätzlich eine zunehmende Einengung des Dynamikbereiches, d.h. die Schmeckschwelle sinkt nach Eintritt in den sensorischen Bereich mit fortschreitendem Alter immer weniger ab. Der Mittelpunkt des Übergangsbereiches verlagert sich mit zunehmendem Lebensalter in höhere Reizstärke- und Reizzeitbereiche. Die gewonnenen Daten werden kursorisch im Vergleich zu Patienten mit peripheren Fazialispareesen und Malignompatienten dargestellt. Denkbar ist der Einsatz der PC-Elektrogustometrie bei der differenzierten Untersuchung des Schmeckvermögens, z. B. zur Topodiagnostik bei Fazialispareesen oder der Diagnostik bei Patienten mit neurologischen Erkrankungen unter Beteiligung der peripheren und zentralen Schmeckbahn.

Marian, Heike: Variabilität elektrogustometrischer Kennlinien bei gesunden Probanden und Patienten mit Fazialisparese oder Malignom im Kopf–Hals–Bereich

Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 80 Seiten, 2002-12-15

1	Einleitung.....	1
1.1	Der Schmecksinn	2
1.1.1	Aufbau und Funktion des peripheren Schmeckorgans	2
1.1.2	Schmeckbahnen.....	3
1.2	Physiologische Veränderungen.....	5
1.2.1	Einfluss des Lebensalters	5
1.2.2	Einfluss des Geschlechts	6
1.2.3	Exogene Einflüsse.....	7
1.2.4	Endogene Einflüsse	8
1.3	Grundlagen der Elektrogustometrie	9
1.3.1	Elektrische Reizung.....	9
1.3.2	Schmeckstörungen.....	10
1.3.3	Fazialisparesen.....	11
1.4	Zielstellung	13
2	Material und Methoden.....	14
2.1	Patientenauswahl	14
2.2	Chemische Schmeckprüfung	15
2.3	Elektrogustometrische Prüfung	16
2.3.1	Elektrogustometer Halle II	16
2.3.2	PC-Elektrogustometer	17
2.3.3	Kennlinienmodell	19
2.4	Teststrategien und Untersuchungszeit.....	20
3	Ergebnisse	22
3.1	Ergebnisse der chemischen Prüfung	22
3.2	Ergebnisse der elektrischen Prüfung mit "Halle II"	22
3.3	Ergebnisse der Messung mit dem PC-Elektrogustometer	23
3.3.1	Untersuchungsdauer	23
3.3.2	Messwerte	24
3.3.3	Vergleich „Halle II“ - PC-Elektrogustometer	27
3.3.4	Kurvenparameter.....	27
3.3.5	Einfluss der Seitenfolge	32
3.4	Test-Retest-Reliability	33
3.4.1	Messwerte	33

3.4.2	Kurvenparameter.....	36
3.5	Messwerte bei Patienten mit peripheren Fazialisparesen.....	36
3.6	Messwerte bei Patienten mit Kopf-Hals-Malignomen.....	39
4	Statistik.....	40
4.1	Vergleiche innerhalb der Altersgruppe.....	40
4.1.1	Seitenvergleich.....	40
4.1.2	Geschlechtsvergleich.....	40
4.2	Vergleich zwischen den Altersgruppen.....	40
5	Diskussion.....	43
5.1	Die Intensitäts-Empfindungs-Beziehung für elektrische Reize.....	43
5.2	Material und Methoden.....	45
5.3	Altersabhängigkeit.....	46
5.4	Test-Retest-Ergebnisse.....	49
5.5	Patienten mit Fazialisparese.....	50
5.6	Patienten mit Malignomen.....	50
6	Schlussfolgerungen.....	51
7	Zusammenfassung.....	52
8	Literaturverzeichnis.....	55
9	Anhang.....	63
10	Thesen.....	79

1 Einleitung

Der Schmecksinn bildet mit dem Riechsinn und dem Tast- und Temperatursinn der oralen Schleimhaut den Oralsinn des Menschen. Schmeckstörungen können als Begleiterscheinungen von Stoffwechselerkrankungen, Störungen des Hormonhaushaltes oder als Nebenwirkungen zahlreicher Medikamente auftreten. Desweiteren treten sie nach Schädeltraumen in 0,5 bis 1% der Fälle in Erscheinung, häufiger nach Ohroperationen durch Läsionen der Chorda tympani, nach Tumoroperationen im Versorgungsbereich des N. facialis, des N. glossopharyngeus und N. vagus sowie unter der Strahlentherapie im Kopf-Halsbereich (Herberhold, 1993). Die klinischen Auswirkungen von Störungen des Riech- und Schmeckvermögens betreffen in erster Linie die Nahrungsaufnahme. Die Auswahl der Nahrung und die Essgewohnheiten verändern sich. Frauen mit chemosensorischen Defiziten neigen zur verstärkten Aufnahme von kalorienreicher Nahrung, was oft zur Fettleibigkeit führt. Bei älteren Menschen sinkt die Empfindlichkeit der Sauer- und Bitterwahrnehmung, was die Bevorzugung von Speisen mit hohem Anteil tierischer Fette und von Süßspeisen bewirkt. Diese Fehlernährung begünstigt eine Reihe von Gesundheitsstörungen wie Über- oder Untergewicht, Infektanfälligkeit und Verdauungsprobleme bis zur Entstehung von Malignomen des Verdauungstraktes. Durch den fehlenden Genuss am Essen können psychische Verstimmungen entstehen (Schiffman, 1997).

Die klinische Prüfung des menschlichen Schmecksinnes kann sowohl mit adäquaten, d.h. chemischen Reizen, als auch mit inadäquaten, den elektrischen Reizen, durchgeführt werden. Die chemische Gustometrie umfasst verschiedene Prüfmethode. Eine einheitliche, für das Screening, für klinische und gutachterliche Fragen gleichermaßen gültige Standardisierung gibt es zurzeit noch nicht. In der Universitäts-HNO-Klinik Halle erfolgt die Untersuchung mit Schmecklösungen zur quantitativen Gustometrie mit vier verschiedenen Lösungen in jeweils vier Konzentrationsstufen nach Roseburg und Fikentscher (1977). Weiterhin kann die Schmeckprüfung mit dem klinischen Elektrogustometer „Halle II“ mit einer festen Reizzeit von 0,5 ms und Variation der Reizstärke durchgeführt werden. Die Indikation zur Elektrogustometrie wird von einigen Autoren nur in der Feststellung des Seitenunterschiedes der elektrosensorischen Empfindlichkeit gesehen. Diese Einseitigkeit des Einsatzes soll durch die Gewinnung neuer Parameter aufgehoben werden.

Mit Hilfe des PC-Elektrogustometers können durch Variation von Reizzeit und Stromstärke sogenannte elektrische Schmeckkennlinien ermittelt werden. Diese Kennlinien charakterisieren die Abhängigkeit der Wahrnehmungsschwelle von der Reizzeit. Sie sind intraindividuell relativ konstant. In Voruntersuchungen konnte der typische individuelle Verlauf von elektrogustometrischen Kennlinien gezeigt werden (Haberland, 1997, Marian, 1997)). In dieser Arbeit werden die Kennlinien mit dem PC-Elektrogustometer für gesunde

Vergleichspersonen in Korrelation zum kalendarischen Alter erstellt. Nach der Registrierung der Messwerte erfolgt die Berechnung von Kurvenparametern nach einem vorgegebenen Algorithmus mit einem Excel-Makro. Untersucht wird die intra- und interindividuelle Variabilität der Parameter von gesunden Probanden. Den so gewonnenen Vergleichsdaten werden die Messwerte von Patienten mit peripheren Fazialisparesen und von Patienten mit Malignomen des Kopf-Hals-Bereiches gegenübergestellt.

1.1 Der Schmecksinn

1.1.1 Aufbau und Funktion des peripheren Schmeckorgans

Als peripheres Schmeckorgan wird die Gesamtheit der Schmeckknospen im Epithel der Mund- und Rachenschleimhaut bezeichnet. Die Mehrheit der Schmeckknospen befindet sich an der Oberseite der Zunge auf den Zungenpapillen. Besonders im Säuglings- und Kleinkindalter werden Schmeckknospen auch am Gaumen, der Epiglottis, im Bereich der aryepiglottischen Falten bis an die Glottis und im oberen Anteil der Speiseröhre gefunden (Rollin, 1975). Der erwachsene Mensch verfügt über ca. 2000 bis 4000 Schmeckknospen. Die Schmeckknospen sind tönchenartige Gebilde von etwa 70 μm Länge und 40 μm Durchmesser. In Abbildung 1 ist der schematische Aufbau der Schmeckknospe dargestellt.

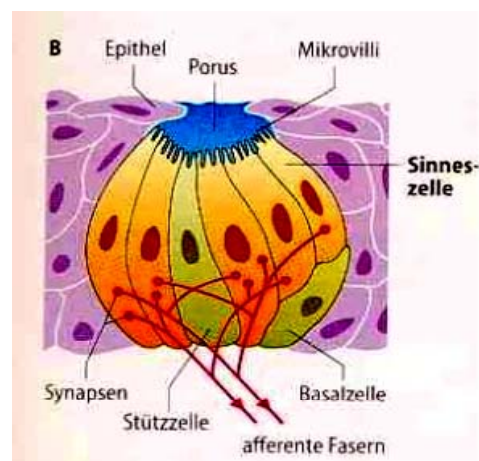


Abbildung 1: Aufbau und Innervation der Schmeckknospe (Schmidt, Thews: Physiologie des Menschen, 1995)

Eine Knospe besteht aus 20 bis 30 Sinneszellen, welche die ganze Länge der Knospe durchziehen und am kranialen Ende ein Sinnesstiftchen bilden. Dieses ragt in den Geschmacksporus hinein, eine runde Öffnung zur Oberfläche des Epithels. Die Geschmackswahrnehmungen für süß und bitter erfolgen auf molekularer Ebene durch

verschiedene G-Proteine, während sauer mittels OH-Gruppenreaktion geschmeckt wird. Bei salzigen Schmeckstoffen strömen Na^+ -Ionen direkt durch apikale Kanäle in die Zelle ein. Einzelne Sinneszellen reagieren in der Regel auf verschiedene Geschmacksqualitäten. Über die afferenten Nervenfasern werden sog. Geschmacksprofile nach zentral vermittelt. Eine wichtige Voraussetzung für die Funktion des Schmecksinnes ist die Bildung von ausreichend Speichel, der zur Lösung der Schmeckstoffe und ihrem An- und Abtransport von den Rezeptoren dient. Im Bereich der vorderen zwei Drittel der Zunge erfolgt die nervale Versorgung von der Chorda tympani, im Bereich der Wallpapillen vom N. glossopharyngeus. Eine Schmeckknospe ist an einen intakten Nerv gebunden. Schmeckknospen sind dynamische Gebilde. Durch Mitose entstehen aus der angrenzenden basalen Epithelschicht junge Schleimhautzellen, die in die Schmeckknospen einwandern, reifen, Rezeptorfunktion übernehmen, altern und absterben. In aktuellen immunhistologischen Untersuchungen an Mäusen wurden verschiedene Linien von Vorläuferzellen gefunden, die am Bau der Schmeckknospen beteiligt sind (Stone et al., 2002). Die durchschnittliche Lebensdauer einer Schmeckknospe beträgt etwa 10 Tage. Nach Durchtrennung des Nervs verschwinden sie innerhalb von 5 Tagen. Experimentell konnte eine Wiederherstellung der Schmeckknospen und Erholung des Schmecksinnes durch Naht des distalen Chordastumpfes auf den proximalen Anteil des N. lingualis nachgewiesen werden (Matsuda, 1995; Zuniga, 1994).

1.1.2 Schmeckbahnen

Die sensible und sensorische Versorgung der Mundhöhle und des Rachens erfolgt durch die Hirnnerven V, VII, IX und X. Während der N. trigeminus nur sensible Nervenfasern führt, beteiligen die anderen drei Hirnnerven sich an den Schmeckbahnen. Die vorderen zwei Dritteln der Zunge werden von der Chorda tympani des N. facialis versorgt. Diese afferenten Fasern verlaufen über das Ganglion geniculi durch den inneren Gehörgang mit dem N. intermedius (Pars intermedia n. facialis) zum Tractus solitarius. Das Versorgungsgebiet des N. glossopharyngeus beginnt etwas vor den Papillae vallatae und umfasst neben diesen den hinteren Zungenbereich. Die sensorischen Fasern aus dem weichen Gaumen verlaufen über die Nn. palatini, das Ganglion pterygopalatinum, den N. petrosus major und das Ganglion geniculi zum N. intermedius (Rollin, 1973). Der N. laryngeus superior des N. vagus versorgt die Schmeckknospen des Meso- und Hypopharynx sowie des Larynx. Die afferenten Nervenfasern vereinigen sich im Tractus solitarius und verlaufen zum Nucleus tractus solitarii der Medulla oblongata. Hier werden Geschmacksinformationen zusammen mit viszeralen und trigeminalen somatischen Signalen verarbeitet. Im Nucleus tractus solitarii erfolgt die Umschaltung zum 2. Neuron (Konvergenzschaltung). Von dort verlaufen die Neuriten hauptsächlich über die mediale Schleife zum ipsilateralen Thalamus, um dort im medialen Teil des Nucleus ventralis posteromedialis zu enden. Hier beginnt das dritte Neuron (Hatt,

1995). Die Thalamuskern haben integrative Beziehungen zum sensomotorischen Kortex. Von hier gibt es Verbindungen zum Frontallappen (präfrontaler Kortex) und zu Schaltsystemen im Mittelhirn (Formatio reticularis). Die Fasern ziehen zum Gyrus postcentralis nahe der sensomotorischen Felder sowie zum Inselkortex. Der Verlauf ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

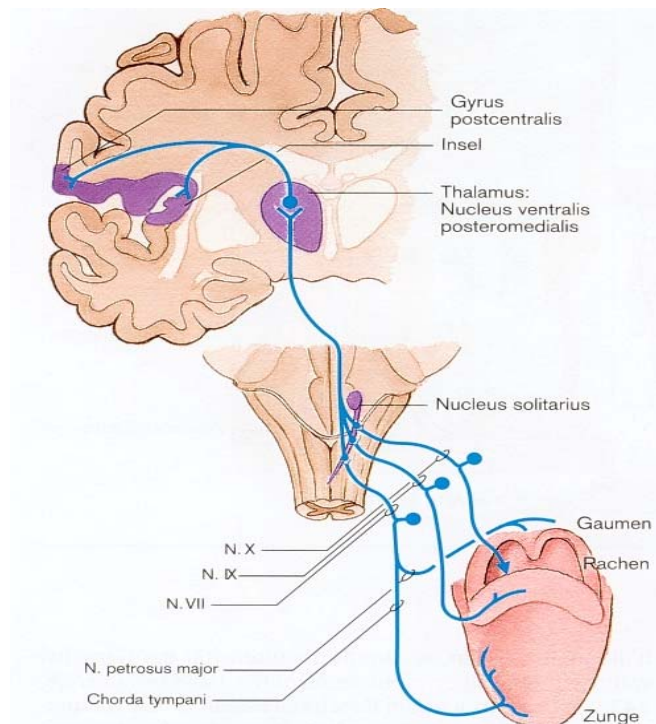


Abb.2: Verlauf der zentralen Schmeckbahnen (Klinke, Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 1997)

Ein anderer Anteil zieht unter Umgehung des Thalamus zum Hypothalamus, Corpus amygdaloideum und über die Stria terminalis zur Commissura rostralis. Hier treffen die Fasern auch auf gemeinsame Projektionsgebiete mit olfaktorischen Fasern, über die emotionale Empfindungen vermittelt werden. Nach klinischen Beobachtungen von Onoda et al. (1999) gibt es neben der ipsilateralen Leitung der Schmeckimpulse Verbindungen vom Nucleus solitarius der Medulla oblongata zur Brücke und von der Brücke zu einer höheren Position im Mittelhirn und von dort zum kontralateralen Thalamus.

1.2 Physiologische Veränderungen

1.2.1 Einfluss des Lebensalters

Die Schmeckknospen entstehen beim menschlichen Fetus im Lauf der 16. bis 20. Fetalwoche aus einzelnen Schmeckzellen, deren Vorstufen ab der 7. Fetalwoche nachweisbar sind. Beim Neugeborenen findet man die größte Anzahl und räumliche Ausbreitung der Schmeckknospen bis zum Hypopharynx und Larynx. Im Lauf des Lebens nimmt die Zahl der Wallpapillen kontinuierlich ab (Bruchmüller et al., 1976). Für die Papillae fungiformes finden sich in der Literatur verschiedene Angaben (Matsuda, 1995). Eine Verringerung der Anzahl konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden, so dass eine Abnahme der Schmeckempfindlichkeit im Alter durch Veränderungen der Zellmembranen (veränderte Funktion der Ionenkanäle und Rezeptoren) als Ursache gesehen wird (Schiffman, 1997). Die Abnahme der Schmeckempfindlichkeit soll nicht alle Grundqualitäten gleichermaßen betreffen, sondern im Vergleich zu jüngeren Probanden besonders die Qualitäten sauer und bitter. Die Wahrnehmung süßer Stimuli ist bis ins hohe Alter hinein gut möglich. Diese Schwellenverschiebung könnte die relativ häufig beobachtete einseitige Ernährung älterer Menschen mit Vernachlässigung saurer und bitterer Nahrungsmittel (Obst, Gemüse, Kräuter) erklären. Eine Verallgemeinerung ist jedoch nicht möglich, da auch bei älteren Personen zum Teil sehr gute Schwellenwerte gefunden werden, die durchaus denen jüngerer Probanden entsprechen (Klimek et al., 2000). Internistische Erkrankungen und Medikamentenwirkung sind gesondert zu betrachten.

Die Altersabhängigkeit der Schmeckschwelle sowohl für die chemische als auch für die elektrogustometrische Prüfung wurde bereits von zahlreichen Autoren wie z. B. Glanville (1964), Berndt (1966), Fikentscher (1977) und Gudziol (1982) nachgewiesen. So untersuchte Glanville 1964 das Schmeckvermögen von 676 gesunden Personen (308 männlich, 368 weiblich) mit Verdünnungsreihen von 6-n-Propylthiouracil, 1-Chininsulfat und Salzsäure. Dabei fand er einen graduellen Anstieg der Empfindlichkeit bis zum 16. bzw. 20. Lebensjahr, gefolgt von einem exponentiellen Abfall mit zunehmendem Alter. Eine Geschlechtsdifferenz der Schmeckempfindlichkeit trat nach dem 20. Lebensjahr auf. Gudziol (1982) konnte einen Anstieg der elektrogustometrischen Schwelle im Bereich des weichen Gaumens bei 119 Probanden ab dem 30. Lebensjahr nachweisen.

Berndt (1966) untersuchte je 20 gesunde männliche und weibliche Probanden in vier Altersgruppen (5-20 Jahre, 21-40 Jahre, 41-60 Jahre und über 60 Jahre). Die Mittelwerte der elektrogustometrischen Schwellen betragen für Gruppe 1: 34 μA (21 dBg), für Gruppe 2: 29 μA (19,7 dBg), für Gruppe 3: 57 μA (25,6 dBg) und für die über 60-Jährigen 119 μA (32 dBg). Die Mittelwerte wurden erst in μA gemittelt und dann in dBg umgerechnet, während in der

eigenen Arbeit die Mittelwerte bzw. die Mediane aus den Messwerten in dBg gebildet werden. Das schränkt die Vergleichbarkeit etwas ein.

In der nachfolgenden grafischen Darstellung von Fikentscher wird die von ihm gefundene Beziehung zwischen Lebensalter und Schmeckverlust dargestellt.

Die mittlere Gerade $y = 0,4x$ bezeichnet den durchschnittlichen altersbedingten Schmeckverlust. Die schraffierte Fläche, begrenzt durch die beiden Geraden $y = 5 + 0,53x$ und $y = -5 + 0,27x$, entspricht dem Normalbereich.

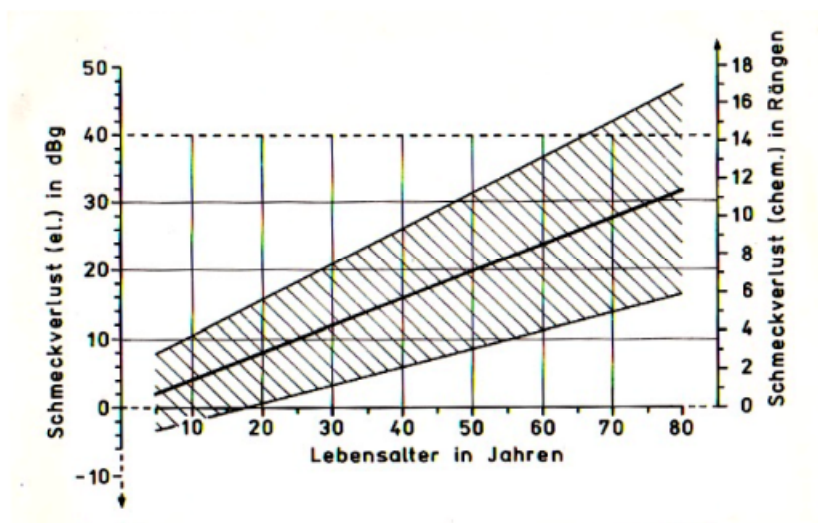


Abb.3: Beziehung zwischen Lebensalter und Schmeckverlust (Mitteilung der Gesellschaft "Klinische Olfaktologie und Gustologie", 1980)

1.2.2 Einfluss des Geschlechts

In der Literatur überwiegen die Nachweise für die unterschiedliche Schmeckempfindlichkeit bei Männern und Frauen für adäquate Reize (Kaplan et al., 1965, Fikentscher et al., 1976). Frauen weisen eine niedrigere chemische Schwelle auf als Männer. Der Unterschied lässt sich aber erst bei Personen feststellen, die älter als 20 Lebensjahre sind, und nimmt mit steigendem Lebensalter zu. Für die Elektrogustometrie gibt es in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse. So fanden Rollin (1973) und Nakazato et al. (2002) eine Geschlechtsdifferenz, Fikentscher (1976), Berndt (1966) und Grant et al. (1987) nicht. Während Schwangerschaft und Menstruation gibt es geringe, auch emotional begleitete Dysgeusien. Kuga et al. (1999) konnten während des Menstruationszyklus in der Lutealphase eine statistisch signifikante Schwellenerniedrigung finden. Die Veränderungen wurden von den Autoren jedoch als minimal und innerhalb der normalen Schwankungsbreite des Schmeckvermögens interpretiert.

1.2.3 Exogene Einflüsse

Der Nikotinkonsum hat nach den Angaben einiger Autoren (z.B. Jäger, 1997) keinen Einfluss auf das Schmeckvermögen, wenn nicht direkt vor dem Untersuchungsbeginn geraucht wird. Andere Autoren geben einen Anstieg der Bitter-Schwelle bei langjährigen Rauchern an (Fikentscher et al., 1973, Kaplan et al., 1965). Für die elektrogustometrische Schwelle konnte Rollin (1973) keine Veränderung nachweisen, in Untersuchungen von Lelievre et al. (1989) lag ein signifikanter Unterschied zwischen den Schmeckschwellen von Rauchern und Nichtrauchern vor.

Das Schmeckvermögen chronischer Alkoholiker ist nach Lelievre et al. (1989) durch eine signifikante Schwellenerhöhung gegenüber Nichtalkoholikern gekennzeichnet. Auch Weise (1986) konnte einen Schwellenanstieg bei Alkoholikern nachweisen. Bei Untersuchungen zur Beziehung zwischen Blutalkoholgehalt und Schmeckschwelle zeigte sich bis 1,5 Promille nach Weise (1986) keine Veränderung zur Nüchternschwelle, Rollin (1975) fand eine Erhöhung der Bitterschwelle.

Die Tageszeit und die Raumtemperatur haben einen Einfluss auf das menschliche Schmeckvermögen. So werden alle vier chemischen Qualitäten am besten bei Temperaturen zwischen 22°C und 32°C geschmeckt, bei höheren oder niedrigeren Temperaturen nimmt die Empfindlichkeit des Schmecksinnes ab. Süße und bittere Schmeckstoffe werden in Lösungen bei 0°C kaum wahrgenommen (Fruhstorfer, 1996).

Desweiteren hat eine große Anzahl von Medikamenten Einfluss auf den Schmecksinn der Patienten. Diese medikamentösen Nebenwirkungen sind selten und nach Absetzen des auslösenden Medikamentes innerhalb von Wochen bis Monaten reversibel. Am häufigsten handelt es sich um metallische, bittere oder salzige Phantogeusien sowie Hypogeusien verschiedener Ausprägung, die sich bis zur Ageusie verschlechtern können (Rollin, 1976). Diese Nebenwirkungen sind bei der Anamnese von Patienten mit Schmeckstörungen zu beachten und ggf. ist das auslösende Präparat abzusetzen bzw. durch andere Wirkstoffe zu ersetzen. In der Tabelle 1 sind Medikamente aufgeführt, die Schmeckstörungen hervorrufen können.

Weiterhin kann es durch eine Verminderung der Speichelsekretion durch Medikamente zu einer Beeinträchtigung der Schmeckfunktion kommen. Durch Munddesinfizienzien wie Chlorhexidin und Hexidin werden die Zellwände der Schmeckknospen geschädigt (Wilmes et al., 1986).

Schädel-Hirn-Traumata führen in 1 - 1,5% der Fälle zu einem Anosmie-Ageusie-Syndrom. Eine Rückbildung erfolgt nur in Einzelfällen (Gudziol, 1986). Durch operative Eingriffe kann es zur Schädigung des sensorischen Epithels kommen (Zungenteilresektionen), die Chorda

tympani kann bei Ohroperationen oder der N. glossopharyngeus durch Druckwirkung bei der Tonsillektomie oder mikroskopischen Stützlarngoskopie geschädigt werden.

Tabelle 1: Medikamente mit Wirkung auf den Schmecksinn (Hüttenbrink, 1997)

Antibiotika Tetrazyklin Lincomycin Metronidazol	Antirheumatika D-Penicillamin Allopurinol Goldpräparate	Zytostatika 5-Fluoro-Uracil Bleomycin Azathioprim
Antiphlogistika Griseofulvin Acetylsalizylsäure	Antimykotika Biguanide Amphotericin B	Lipidsenker Clofibrat Colestyramin
Antidiabetika Biguanide	Tuberkulostatika Ethambutol	Myotonolytika Baclofen
Kardiaka Captopril Enalapril Nifedipin Dipyridamol Amrinon Oxyfedrin	Psychopharmaka Amphetamin Chlormethazon L-Dopa Lithium Carbamazepin Disulfiram	Thyreostatika Thiamazol Carbimazol Methimazol Thiouracil

1.2.4 Endogene Einflüsse

Zahlreiche Stoffwechselstörungen, wie z. B. der Diabetes mellitus, bewirken eine Veränderung des Schmeckvermögens der Patienten. Besonders die Patienten, welche mit Insulin behandelt wurden, zeigten eine deutliche Schwellenerhöhung gegenüber gesunden Probanden (Le Floch, 1992). Über den Einfluss der Zeitdauer des Diabetes gibt es in der Literatur verschiedene Angaben.

Patienten mit chronischen Lebererkrankungen zeigen ebenfalls ein verändertes Schmeckvermögen. Hier wird eine zentrale Störung der Reizverarbeitung vermutet (Bergasa, 1998). Störungen der Nebennierenfunktion im Sinne der Unterfunktion führen zum sog. „Kochsalzhunger“ aufgrund der vermehrten Natriumausscheidung. Eine Überfunktion geht mit einer Erhöhung der Salzschwelle einher (Henkin et al., 1962). Die Schilddrüsenunterfunktion kann mit einer Herabsetzung der Schmeckempfindlichkeit verbunden sein. Vitaminmangel (Vitamin A, B, C) und Mängel an Spurenelementen (Zink, Nickel und Kupfer) beeinflussen ebenfalls das Schmeckvermögen. Im HNO-Gebiet selbst

können entzündliche Erkrankungen und Tumoren zur Minderung der Schmeckfunktion führen. Weiterhin beeinflussen Erkrankungen des ZNS (Psychosen, Multiple Sklerose, Durchblutungsstörungen) die Schmeckempfindlichkeit. Geschmackshalluzinationen können epileptischen Anfällen als Aura vorausgehen.

Hunger oder Sättigungsgefühl haben einen Einfluss auf die chemische Schmeckschwelle. So liegen die Schmeckschwellen für Rohrzucker und Chinin signifikant niedriger bei Sätttheit als bei Nüchternheit. Die Schwellen für Kochsalz und Zitronensäure zeigen dieses Verhalten nicht. Die elektrogustometrisch ermittelten Schwellen bleiben durch Hunger oder Sätttheit unbeeinflusst (Fikentscher et al,1977).

1.3 Grundlagen der Elektrogustometrie

1.3.1 Elektrische Reizung

Mittels elektrischer Reizmuster lassen sich Empfindungen im Sinne der vier Grundqualitäten süß, sauer, salzig und bitter erzeugen, welche aber nicht bei allen Probanden gleichermaßen auslösbar sind (Bekesy, 1964; Thumfart,1978). Die Elektrogustometrie arbeitet mit inadäquaten Reizen in Form von Strom-Zeit-Funktionen. Letztere sind meist Rechteckimpulse mit definierter Dauer, Frequenz und Folge. Damit werden Empfindungen ausgelöst, die in etwa mit „sauer-metallisch“ zu beschreiben sind (Fikentscher, 1977; Murphy, 1995). Am geeignetsten ist der Anodenstrom, da er eine sofort einsetzende, gleichmäßige und klar anzugebende sauer-metallische Empfindung hervorruft. Die Schwelle liegt bei 2-7 μA . Der Kathodenstrom wird erst bei höheren Intensitäten (60-150 μA) als rasch nachlassender, sehr inhomogener Reiz empfunden (Rollin, 1975).

Zur Erregung des Rezeptors ist eine Mindestmenge an elektrischer Energie notwendig. Diese Menge muss entsprechend der räumlichen Rezeptorausdehnung auf den „Wirkungsquerschnitt“ appliziert werden. Für die subjektive Wahrnehmung sind also die Stromdichte (Intensität) und die Anzahl der gleichzeitig erregten Rezeptoren unter der Elektrode wichtig. Die Größe der verwendeten Elektrode ist von untergeordneter Bedeutung, da es zu einer Art Summationseffekt im gereizten Gebiet kommt (Fikentscher, 1977, Ajdukowicz, 1984). Bei einer geringen Elektrodengröße wird eine kleine Anzahl Rezeptoren stark erregt, bei großer Elektrodenfläche eine größere Anzahl Rezeptoren dafür schwächer. Als geeignete Elektrodengröße haben sich 20 mm² bewährt.

Die von Krarup (1958) verwendete Methode der Elektrogustometrie konnte sich weltweit durchsetzen. Hierbei wird die Empfindlichkeit der Zungenoberfläche für Gleichströme

gemessen, indem die differente Elektrode die Zunge für eine bestimmte Zeit berührt, in der ein definierter Strom fließen kann. Die indifferente Elektrode wird am Handgelenk, Ohrfläppchen oder Kinn befestigt. Die Skalierung nach Krarup erfolgte durch Unterteilung des logarithmisch aufgetragenen Bereichs von 5,75 μA bis 300 μA in 37 gleiche Teile, den Electric Gust Units (EGU). Die obere Grenze von 300 μA wurde gewählt, um unterhalb der Schwelle der sensiblen Nervenendigungen zu bleiben. Heute verwendet man vorwiegend eine logarithmische Skalierung in Dezibel. Lineare Skalierungen sollten nicht mehr verwendet werden. Die Reizung erfolgt an definierten Stellen der Zunge bzw. der Mundschleimhaut entsprechend den Versorgungsgebieten der Chorda tympani, des N. glossopharyngeus und des N. vagus. Die gesuchte Information ist der Schwellenwert.

In der Universitäts-HNO-Klinik Halle wird die Skalierung in gustatorischen Dezibel verwendet. Als Bezugsstromstärke I_0 für 0 dBg sind 3 μA definiert (Haberland, 1979).

$$\text{Reizintensität [dBg]} = 20 \log I/I_0$$

Die optimale Reizzeit wird zwischen 0,5 s und 1,5 s angegeben (Fikentscher, 1977). Bei sehr kurzen und sehr langen Reizzeiten steigt die Reizschwelle wieder an. Die Stromeinwirkung führt auf der Zungenoberfläche zu einer lokalen Elektrolyse des Speichels. Mit wachsender Untersuchungsdauer kumulieren die Elektrolyseprodukte, und es kommt zu Adaptationserscheinungen. Schwellennahe Reize können schlechter wahrgenommen werden. Zwischen den einzelnen Reizungen sind deshalb Pausen von etwa 20 Sekunden notwendig.

1.3.2 Schmeckstörungen

Nach den Vorschlägen der Arbeitsgemeinschaft Olfaktologie und Gustologie werden folgende Einteilungen für Schmeckstörungen verwendet (Roseburg et al., 1977):

Dysgeusien

1. Einteilung nach der Art der Störung

1.1 Quantitative Dysgeusien

Ageusie:	Völliger Ausfall des Schmeckvermögens
Hypogeusie:	Minderung der Schmeckempfindlichkeit
Hypergeusie:	Steigerung der Schmeckempfindlichkeit

Die Störungen können jeweils komplett, d.h. für alle Geschmacksqualitäten, oder partiell sein (Bsp. partielle Ageusie für den Bitterstoff Phenylthioharnstoff bei einem Viertel bis einem Drittel aller Menschen)

1.2 Qualitative Dysgeusien

Parageusie : Empfindung eines Geschmacks, von dem der Betroffene weiß, dass er nicht oder nicht in dieser Art vorhanden ist (Ursachen z.B. psychonervale Störungen, Hypovitaminosen)

Pseudogeusie: (Geschmacksillusion) Phantasievolle Umdeutung eines tatsächlichen Geschmackseindrucks unter dem Einfluß starker Affekte bei besonderer Persönlichkeitsstruktur. Der Betreffende lässt sich von seinem Irrtum überzeugen.

Phantogeusie: (Geschmackshalluzination) Geschmackseindruck mit Objektivitätscharakter ohne Einwirkung eines Geschmacksreizes

Agnogeusie: Ausfall des Erkennens eines Geschmacks
Ursachen: z. B. Prozesse im Bereich des postzentralen Cortex oder Inselkortex

2. Einteilung nach dem Ort der Störung

Epitheliale Dysgeusie: Schädigung im Bereich der Schmeckknospen/ Rezeptoren bzw. im Bereich der Zungenschleimhaut
Ursachen: z. B. Bestrahlungen, Medikamentennebenwirkungen

Nervale Dysgeusie: Störung im Bereich der sensorischen Nerven bis zum Tractus solitarius (Teile der Nn.VII, IX, X)
Ursachen: z. B. Fazialisparese, Chorda-tympani-Schädigung bei Ohroperationen, Tumoren

Zentrale Dysgeusie: Störungen im Bereich der zentralen Schmeckbahnen oder -zentren
Ursachen: z. B. Tumoren, Traumen (Anosmie-Ageusie-Syndrom), Psychosen

1.3.3 Fazialisparesen

Der N. facialis (VII.Hirnnerv) als rein motorischer Nerv versorgt die mimischen Muskeln des Gesichts, das Platysma mit einem Ast und den M. stapedius des Mittelohres. Die Fasern

entspringen dem Nucleus n. facialis in Höhe der Brücke und wenden sich in einer Schleife, dem inneren Fazialisknie, um den Abducenskern. Der N. facialis vereint sich im inneren Gehörgang mit dem zarten N. intermedius zum einheitlichen N. intermediofacialis. Der N. intermedius enthält Geschmacksfasern für die vorderen zwei Drittel der Zunge und den weichen Gaumen, parasymphatische (sekretorische) Fasern für die Speicheldrüsen (außer Gl. parotis) und sensible Fasern. Der N. fazialis ist von allen Hirnnerven am häufigsten von einer Parese betroffen. Die Ursache wird in dem relativ langstreckigen Verlauf in seinem knöchernen Kanal im Felsenbein gesehen. Fazialis paresen können eine Vielzahl von Ursachen haben. Die Einteilung erfolgt nach dem Schädigungsort in zentrale und periphere Paresen sowie nach dem Ausmaß in komplette und inkomplette Paresen. Der Grad der Schädigung wird anhand der klinischen Symptomatik beurteilt. Dazu gibt es verschiedene Schemata. An der Universitäts-HNO-Klinik Halle wird das international bekannte Schema nach House und Brackmann verwendet. Die Einteilung erfolgt in sechs Stufen entsprechend der klinischen Ausprägung der Nervenschädigung (s. Anhang). Bei einer Störung der Nervenfunktion kann mit der sog. Topodiagnostik der Schadensort eingegrenzt werden. Die Topodiagnostik umfasst den Schirmertest zur Prüfung der sekretorischen Fasern des N. petrosus major, die Schmeckprüfung mit chemischen und elektrischen Reizen zur Prüfung der Chorda tympani und die Sialometrie zur Prüfung der sekretorischen Fasern der Chorda tympani. Letztere ist klinisch von untergeordneter Bedeutung. Mittels der Stapediusreflexmessung wird der efferente Schenkel des N. facialis über die Reizung der Afferenzen des N. acusticus und die Verschaltung im Hirnstamm geprüft. Die elektrophysiologischen Tests (Nervenerregbarkeitstest, Neuromyografie, Nadel- und Oberflächenelektromyografie, Magnetstimulation, antidrome Reizung und Messung des trigemino-fazialen Reflexes) werden zur Ermittlung des Schweregrades und des Verlaufs der Lähmung sowie der Prognosestellung eingesetzt.

1.4 Zielstellung

Die klinische Elektrogustometrie arbeitet im Allgemeinen mit einer festen Reizzeit von $t = 500$ ms. Der zeitliche Zusammenhang zwischen der Reizstärke und der Schwellenantwort bleibt dabei unberücksichtigt.

In dieser Arbeit sollen die sensorischen Schwellen bei Reizzeiten von 0,1 ms bis 2000 ms bestimmt werden, um weitere Informationen, wie z. B. über die Ansprechgeschwindigkeit der Schmeckempfindung, zu erhalten. Dazu wird die Schwelle für 14 diskrete Reizzeitwerte bestimmt und in Form einer Kennlinie der Sinnesempfindung dargestellt. Um die typischen Merkmale solcher Kennlinien zu beschreiben, wird ein vorgegebenes mathematisches Modell („Drei-Geraden-Modell“) an den realen Kennlinienverlauf approximiert und damit ein Parametersatz ermittelt.

Ein Ziel der Arbeit ist es, durch Untersuchung der inter- und intraindividuellen Variabilität der Parameter die Normbereiche dieser Methode festzulegen. Das Patientengut wird aufgrund der bekannten Altersabhängigkeit in acht Patientengruppen aufgeteilt. Der Untersuchungsablauf soll an dem Patientengut der Universitäts-HNO-Klinik hinsichtlich Akzeptanz und Praktikabilität geprüft werden. Die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse ist an einer Probandengruppe zu überprüfen. Ein weiteres Ziel ist die Feststellung der Variation dieser Parameter bei ausgewählten Erkrankungen, speziell bei einseitigen Fazialispareesen und Malignomen im Kopf-Hals-Bereich.

Die Arbeit soll auch als Anstoß zum erweiterten Einsatz der Elektrogustometrie in Gemeinschaft mit der Chemogustometrie im Klinikalltag gesehen werden.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenauswahl

Für die vorliegende Arbeit wurden insgesamt 291 verschiedene Probanden untersucht. Zur Erstellung der Bezugskurven für gesunde Personen wurden Messwerte von je 10 männlichen und 10 weiblichen Probanden pro Altersjahrzehnt aufgenommen. Gruppe 1 umfasst 20 Kinder im Alter von 6 bis 10 Jahren, Gruppe 2 Probanden im Alter von 11 bis 20 Jahren, Gruppe 3 junge Erwachsene von 21 bis 30 Jahren, Gruppe 4 Probanden von 31 bis 40 Jahren, Gruppe 5 Probanden im Alter von 41 bis 50 Jahren, Gruppe 6 Probanden von 51 bis 60 Jahren, Gruppe 7 von 61 bis 70 Jahren, und Gruppe 8 enthält die Daten von 16 Probanden im Alter von 71 bis 87 Jahren (10 Frauen, 6 Männer). Diese Bezugspersonen durften keine vorbestehenden Schmeckstörungen, keine chronischen Stoffwechselerkrankungen oder chronisch-destruierende Ohrerkrankungen bzw. vorausgegangene Ohroperationen haben. Ebenso ausgeschlossen wurden Personen mit Erkrankungen oder Operationen im Mundraum, Einnahme von Medikamenten mit bekannter Wirkung auf den Schmecksinn und Raucher mit einem Zigarettenkonsum über 10 Zigaretten/Tag. Die Probanden wurden einer HNO-ärztlichen Spiegeluntersuchung unterzogen und hinsichtlich ihrer Bereitschaft zur Teilnahme an der Untersuchung befragt. Vor Untersuchungsbeginn wurde ein Fragebogen (s. Anhang) zur Anamnese ausgefüllt und der Untersuchungsablauf erläutert.

Die Untersuchungen fanden zwischen 10 und 14 Uhr statt. Vor dem Untersuchungsbeginn musste eine einstündige Nahrungs- und Nikotinkarenz eingehalten werden. Kaugummikauen und Zahnpflege waren ebenfalls untersagt. Begonnen wurde die Untersuchung mit der elektrogustometrischen Prüfung mit dem Gerät „Halle II“. Danach erfolgte die chemische Prüfung nach Roseburg/ Fikentscher und abschließend die Untersuchung am PC-Elektrogustometer.

Bei Kindern unter 6 Jahren konnten keine adäquaten Ergebnisse erhalten werden. Die Patienten mussten sich über einen Zeitraum von ca. 15 Minuten auf die Untersuchung konzentrieren können. Tremor der Hände oder Koordinationsstörungen waren erschwerend für den Untersuchungsablauf, da eine korrekte Elektrodenlage nicht zu gewährleisten war. Hier wurde die Elektrode durch eine Hilfsperson gehalten. Die Untersuchungen wurden in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki/Hongkong durchgeführt.

2.2 Chemische Schmeckprüfung

Die chemogustometrische Untersuchung wurde in die Arbeit einbezogen, um Probanden mit Dysgeusien aufzuspüren. Diese Prüfung wurde zu Beginn der Schwellenmessungen mit Schmecklösungen zur quantitativen Gustometrie (Fikentscher et al., 1975) durchgeführt. Die verwendeten Substanzen sind in Tabelle 2 aufgelistet. Es sind ausschließlich Nahrungsbestandteile. Die Stoffe werden in Aqua dest. gelöst und in braunen 50 ml-Glasfläschchen mit eingeschliffenem Stopfen aufbewahrt. Die Lösung wurde mit einer Metallsonde seitengetreunt auf die entsprechenden Zungenareale aufgebracht. Die Flüssigkeitsmenge ist so gering, dass nur die Reizung der gewünschten Stelle erfolgt und eine genaue Lokalisation möglich ist. Reizorte sind die für jede Qualität empfindlichsten Stellen (süß/Zungenspitze, sauer/Zungenrand, salzig/Rand – Mitte, bitter/Zungengrund). Durch das Auseinanderfließen wird die jeweilige Substanz weiter verdünnt und reizunwirksam. Eine Mundspülung zwischen den Prüfungen war nicht notwendig. Der Patient bekommt während der Prüfung eine Tafel mit den Aufschriften „süß“, „sauer“, „salzig“, „bitter“, „nichts geschmeckt“ in die Hand und zeigt die erkannte Qualität. Gesucht wird die Erkennungsschwelle. Die Untersuchungsergebnisse werden in einem Gustogramm dargestellt (Abb.4). Es handelt sich um eine für jede Zungenseite getrennte schrittweise Darstellung des Schmeckverlustes. Bei richtigem Erkennen des jeweils schwächsten Reizes erfolgt die Eintragung in Spalte „0“. Wird der Reiz erst bei der nächsthöheren Konzentration erkannt, wird das Ergebnis unter Spalte „1“ eingetragen usw. bis maximal Spalte „4“ erreicht ist. Die erreichten Spalten werden farbige dargestellt, so dass ein Seitenvergleich mit einem Blick möglich ist. Die ausgefüllten Felder jeder Seite werden addiert und so die Rangsummen ermittelt.

rechts		Schmeckverlust					links				
4	3	2	1	0	Fehler	0	1	2	3	4	
8	40	22					22	40	10		
12	40	28					28	40	10		

Abb.4: Schema des Gustogramms, Normogeusie

Seitenunterschiede zwischen jeder der ersten drei Qualitäten (dem Bereich der Chordatumpani entsprechend), welche größer als 2 Stufen sind, gelten als pathologisch. Normale

Werte sind 0 und 1. Bei der Qualität „bitter“ ist ein Seitenunterschied größer 1 pathologisch. Zusätzlich wird die Anzahl der falschen Antworten in dem Schema eingetragen (Mitteilung der Gesellschaft “Klinische Olfaktologie und Gustologie“, 1980).

Tabelle 2: Übersicht der Substanzen zur Chemogustometrie

Qualität	Substanz	Konzentrationsstufen in %			
		Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
süß	Rohrzucker	4	10	40	(kalt-)gesättigt
sauer	Zitronensäure	1	5	10	15
salzig	Kochsalz	2,5	7,5	15	gesättigt
bitter	Chininhydrochlorid	0,02	0,05	0,1	1

Weitere, von uns nicht eingesetzte Methoden der chemischen Schmeckprüfung sind Applikationen mit getränkten Papierscheiben, mit Sprayfläschchen, in Oblaten eingebackene Schmeckstoffe , in Tablettenform (Tasties) oder Schmeckstreifen.

2.3 Elektrogustometrische Prüfung

2.3.1 Elektrogustometer Halle II

Vor der PC-Elektrogustometrie erfolgte die Untersuchung mit dem Elektrogustometer „Halle II“ (Abb.5). Das Gerät arbeitet mit einer festen Reizezeit von 500 ms und einer Reizstärkeabstufung von 2 dBg im Bereich von – 6 dBg bis + 40 dBg (1,5 μ A bis 300 μ A) für die sensorische Prüfung. Das netzunabhängige Gerät wird durch drei 4,5 V-Flachbatterien betrieben. Der Ladezustand der Batterien und der jeweils auf Knopfdruck applizierte Reiz kann an einem Kontrollinstrument abgelesen werden. Als Elektrode wird eine koaxiale Edelstahlelektrode benutzt, welche einen inneren Durchmesser von 5 mm und eine äußere ringförmige Kathode mit 10 mm Außendurchmesser hat. Der Griff ist kunststoffisoliert. Die Untersuchung mit dem Elektrogustometer „Halle II“ erfolgte zum Vergleich der Schwellenwerte bei 500 ms Reizezeit. Die Elektrode wurde zur Messung am lateralen Zungenrand ca. 1,5 cm von der Zungenspitze entfernt jeweils rechts und links aufgesetzt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte nach Seitenunterschied und absoluter Schwelle. Seitenunterschiede bis 2 dBg sind normal, 4 und 6 dBg kontrollbedürftig und ab 8 dBg

pathologisch (Gudziol, 1980). Die Reizung erfolgte in adaptiver Vorgehensweise (Eingabelungsverfahren) in Schritten von 2 dBg bis zur Schmeckschwelle.

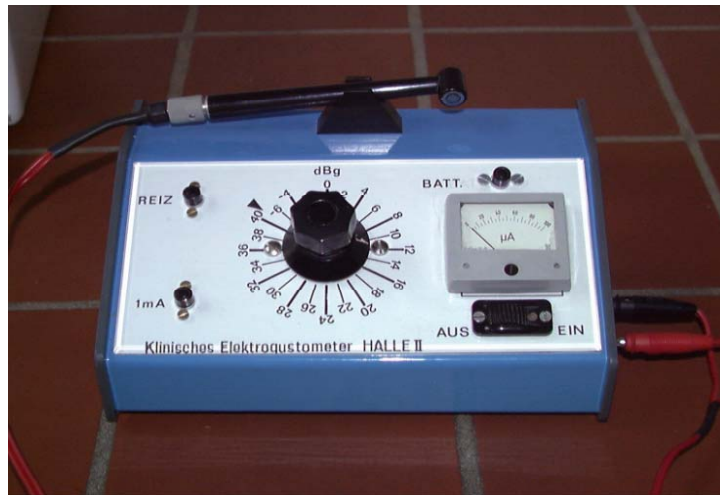


Abb.5: Elektrogustometer „Halle II“

2.3.2 PC-Elektrogustometer

Das PC-Elektrogustometer wurde zur Ermittlung der sog. elektrischen Schmeckennlinien entwickelt. Diese Kennlinien liefern mehr Informationen über das Sinnesorgan als die herkömmliche Methode der festen Reizzeit von 500 ms. Die Hardware des PC-Elektrogustometers besteht aus einem PC mit Drucker und der steuerbaren Stromquelle.



Abb.6: PC-Elektrogustometer : Elektrode, Reizmodul und PC

Die Verbindung zum PC erfolgt über eine parallele Schnittstelle. Die von der Schnittstelle kommenden Datenleitungen übertragen einerseits die Stromwerte und andererseits die

Zeitwerte an das externe Gerät. Die digital vorliegenden Stromwerte werden in eine analoge Größe umgewandelt, welche zur Steuerung der Konstantstromquelle notwendig ist. Durch die Steuerung eines Zeittores wird erreicht, dass die voreingestellten Stromwerte eine definierte Zeitspanne anliegen, so dass die Stromquelle an ihrem Ausgang die Stromwerte in entsprechender Impulslänge liefert. Über die dort angeschlossene Elektrode wird der Reiz auf die Zunge geleitet.

Die folgende Abbildung 7 zeigt den prinzipiellen Aufbau des PC-gesteuerten Elektrogustometers. Der Schaltungsaufbau nach Abb. 7 ist galvanisch vom PC durch Optokoppler getrennt. Die Reizeinheit besitzt eine 6 Volt-Batteriestromversorgung.

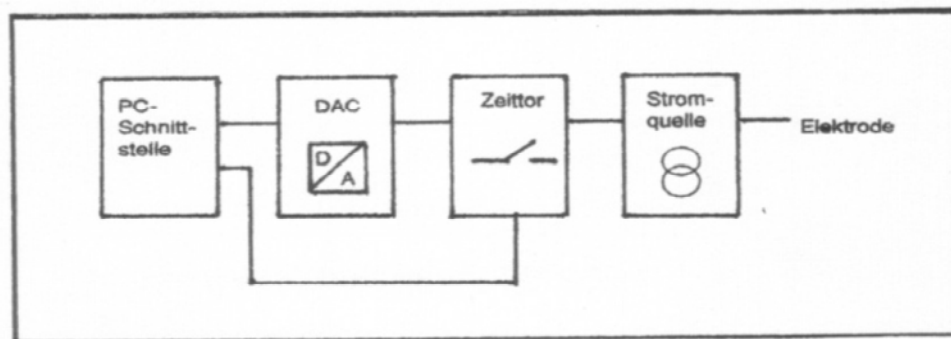


Abb.7: Prinzipieller Aufbau eines PC-gesteuerten Moduls für die Aufnahme von elektrischen Schmeckkennlinien (Städtler, 1994)

Die Software ist in Turbo-Pascal geschrieben und umfasst die Blöcke Bedienoberfläche, Stromsteuerung und Messdatenverarbeitung. Mit Hilfe von Pull-down-Menüs kann der Untersucher zwischen einem festen Reizprogramm oder manuellen Strom-Zeit-Vorgaben wählen. Die Messdaten werden interaktiv bestätigt.

Das von uns eingesetzte PC-Elektrogustometer erlaubt sowohl eine Variation der Stromstärke zwischen $0,3 \mu\text{A}$ und $1000 \mu\text{A}$ (entsprechend -20 dBg bis 50 dBg) als auch der Reizzeit von $0,1 \text{ ms}$ bis 2000 ms in der Abstufung $0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 - 500 - 1000 - 2000 \text{ ms}$. Während der Messung hat der Patient weder optisch noch akustisch eine Kontrolle über den Zeitpunkt der Reizung. Es werden 14 Schwellenwerte pro Zungenseite ermittelt. Diese Ergebnisse werden als Antwortmuster in einer Datei gespeichert und auf dem Bildschirm in einem Reizzeit-dBg-Diagramm dargestellt. Die Seite der Erstmessung wurde zufällig gewählt, um den Einfluss eines Trainingseffekts im Lauf der Messung zu minimieren. Die Reizzeitabhängigkeit der Schwellenwerte ergibt eine charakteristische Kurve, die als Kennlinie bezeichnet wird.

2.3.3 Kennlinienmodell

Die Kennlinie charakterisiert die Abhängigkeit der Reizschwelle von der Reizzeit. Sie hat eine typische Struktur, die zwei Sättigungsbereiche und einen Übergangsbereich enthält (Abb.8). Diese Abhängigkeit lässt sich gut mit einem mathematischen Modell, dem sog. „Drei-Geraden-Modell“, darstellen.

Der obere Sättigungsbereich entspricht der sensiblen Schwelle bei kurzen Reizzeiten, der untere Bereich der sensorischen Schwelle bei langen Reizzeiten. Beide Bereiche werden rechnerisch mit einem Excel-Makro so approximiert, dass sie als Geraden parallel zur Reizzeitachse verlaufen. Die Differenz zwischen beiden ist der Dynamik- oder Übergangsbereich Δy . Im Übergangsbereich zwischen sensibler und sensorischer Schwelle findet sich eine direkte Strom-Zeit-Abhängigkeit. Δt ist die Zeitspanne, in der diese direkte Beziehung besteht.

Die Schwelle fällt zu höheren Reizzeiten ab, was durch die Geradenapproximation mit negativem Anstieg ausgedrückt wird. Die Schnittpunkte dieser Geraden mit der oberen Parallelen (B_x, B_y) und der unteren Parallelen (A_x, A_y) begrenzen den Übergangsbereich. Die Parallelen werden aus den drei obersten Punkten (kürzeste Reizzeitwerte) bzw. den unteren drei Schwellenpunkten bei langen Reizzeiten berechnet. Zur Berechnung des Anstieges der Geraden im Übergangsbereich wird der Mittelpunkt (S_{mx}, S_{my}) des Übergangsbereiches bestimmt. Hier wählt man den arithmetischen Mittelpunkt zwischen der oberen und unteren Geraden. Davon ausgehend werden je drei Messwerte zu kürzeren und zu längeren Reizzeiten ausgewählt. Mit diesen sechs Punkten wird eine lineare Regression durchgeführt.

Die Rampenform der Kennlinie ergibt sich nur bei logarithmischer Darstellung beider Achsen, was wegen der Dezibel-Metrik der Ordinate ohnehin schon gegeben ist. Der Bezugswert für die Reizzeit ist eine Millisekunde. So ergeben sich folgende Zuordnungen: -1 => 0,1 ms, 0 => 1 ms, 1 => 10 ms, 2 => 100 ms, 3 => 1000 ms, 4 => 10 000 ms.

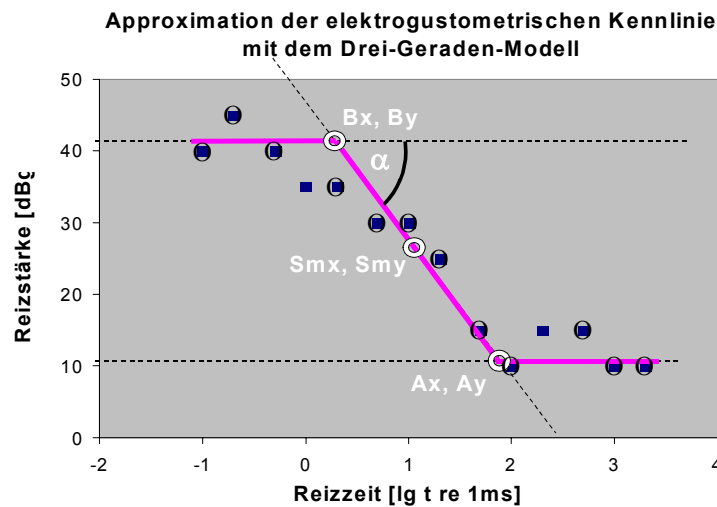


Abb.8: Kennlinienmodell

Tabelle 3: Parameter des Kennlinienmodells

Parameter	Bedeutung
S_{mx}, S_{my}	Mittelpunkt des Übergangsbereiches
$\tan\alpha$	Steigungswinkel der approximierten Geraden
A_x, A_y	Koordinaten des Übergangspunktes bei langen Reizzeiten
B_x, B_y	Koordinaten des Übergangspunktes bei kurzen Reizzeiten

2.4 Teststrategien und Untersuchungszeit

Die Untersuchungen mit dem PC-Elektrogustometer wurden in zufälliger Reihenfolge mit der rechten oder der linken Zungenseite begonnen. Die Händigkeit des Probanden blieb dabei unberücksichtigt. Der Einfluß der Seitenfolge auf die Schwellenwerte wurde durch eine Gegenüberstellung von Ergebnissen von je 10 Probanden mit Beginn an der rechten Zungenseite zu 10 Probanden mit Beginn an der linken Zungenseite untersucht. Die Ergebnisse werden unter Punkt 3.3.5 dargestellt. Nach Erläuterung des Untersuchungsablaufes und der Handhabung der Reizelektrode wurde der Test begonnen, wobei der Proband die Elektrode selbst auf die zu prüfende Zungenseite setzte. Bei

kleineren Kindern und älteren Probanden mit Unruhe der Hände oder Zunge wurde die Elektrode durch eine Hilfsperson platziert. Testareal war der seitliche Zungenrand ca. 1,5 cm von der Zungenspitze entfernt. Hinter dieser Abstandsmarke wurde die Elektrode aufgesetzt. Zu Beginn erhielt der Patient einen Testreiz von 50 dBg bei 0,1 ms oder 0,5 ms mit Bestätigung durch den Untersucher. Die Untersuchung wurde in ruhiger Umgebung und bei möglichst entspannter Sitzposition des Probanden durchgeführt. Die korrekte Lage der Elektrode wurde mehrfach während des Messablaufes vom Untersucher kontrolliert und korrigiert. Die Reizeingabe ist für den Patienten nicht sichtbar, das Klicken der Tastatur kann nicht zur Orientierung herangezogen werden, da die Auslösung der Impulse zeitlich versetzt mit zufallsgesteuertem Abstand erfolgt. Durch Eingabe von Blanks wurde die Aufmerksamkeit des Probanden kontrolliert. Der Reizabstand beträgt im sensiblen Bereich etwa 10 s, im sensorischen Bereich 20 bis 25 s. Nach etwa fünf Minuten Untersuchungszeit gaben die Probanden einen konstanten Metallgeschmack auf der gesamten Zungenspitze an, was eine Unterbrechung der Untersuchung für etwa 2 Minuten erforderlich machte. Hierfür ist wahrscheinlich die Akkumulation von Elektrolyseprodukten unter der Elektrode verantwortlich zu machen.

Durch das Herausstrecken der Zunge trat bei einigen Patienten eine Hypersalivation auf, bei anderen Probanden kam es durch Austrocknung der Zungenoberfläche zu einem Schwellenanstieg. Ein allgemein gültiger Trend konnte nicht nachgewiesen werden, eine erste Pause war nach ca. 3 - 5 Minuten erforderlich. Bei der Fortsetzung der Untersuchung wurde der jeweils letzte Wert vor der Pause kontrolliert.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der chemischen Prüfung

In der Altersgruppe 1 lagen drei Probanden im Gustogramm über der Rangsumme nach Roseburg et al., d.h. über der Altersnorm. Die anderen 17 Probanden zeigten eine Normogeusie. In der Tabelle 4 sind die Messwerte der einzelnen Altersgruppen aufgeführt. Ermittelt wurde jeweils der Mittelwert aller erreichten Ränge für die rechte Zungenseite bzw. die linke Zungenseite. In der Spalte „Gesamt“ wurden die Ränge der rechten und linken Zungenseite des Probanden addiert und der Mittelwert für die Gruppe gebildet. Ab Altersgruppe 2 lag je ein Proband pro Gruppe oberhalb des Normbereiches.

Tabelle 4: Chemogustometrische Ergebnisse

Altersgruppe	Mittelwerte der Rangsumme x aller Probanden		
	Rechte Zungenseite	Linke Zungenseite	Gesamt
1	0,9 (Rang 0-2)	0,7 (Rang 0-2)	1,4
2	0,5 (Rang 0-2)	0,8 (Rang 0-3)	1,2
3	1,6 (Rang 0-3)	1,5 (Rang 0-4)	3,4
4	1,6 (Rang 0-4)	1,0 (Rang 0-5)	3,0
5	2,8 (Rang 0-4)	2,1 (Rang 0-4)	4,8
6	3,5 (Rang 0-5)	3,0 (Rang 0-6)	6,5
7	4,7 (Rang 1-8)	5,1 (Rang 2-8)	9,7
8	5,7 (Rang 2-8)	4,4 (Rang 2-8)	9,2

3.2 Ergebnisse der elektrischen Prüfung mit „Halle II“

Die Prüfung mit dem Elektrogustometer „Halle II“ wurde vor der Prüfung am PC durchgeführt. In den Altersgruppen 1 und 2 lagen die Schwellenwerte hier über den mit dem PC-Elektrogustometer gemessenen Werten. Ab Altersgruppe 3 sind die Schwellenunterschiede ausgeglichen. Seitendifferenzen bis 2 dBg gelten als normal, bis 6 dBg als kontrollbedürftig und ab 8 dBg als pathologisch (Gudziol, 1980). Die häufigste Seitendifferenz bei den getesteten Probanden betrug 2 dBg. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der elektrogustometrischen Schwellen der Altersgruppen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Elektrogustometrische Schwellen aller 8 Altersgruppen. Mittelwerte und Standardabweichungen s

Altersgruppe	Mittelwerte der Reizschwellen bei Reizzeit 500 ms			
	Rechte Zungenseite (dBg)	s	Linke Zungenseite (dBg)	s
1	8,53	4,46	8,53	4,31
2	8,00	3,27	8,74	3,60
3	9,65	5,62	10,24	6,51
4	14,20	5,39	13,40	5,66
5	16,71	5,47	17,14	5,64
6	17,62	7,97	17,33	7,81
7	22,30	5,28	22,50	6,48
8	24,83	8,55	25,00	8,07

3.3 Ergebnisse der Messung mit dem PC-Elektrogustometer

3.3.1 Untersuchungsdauer

Die Untersuchungsdauer schwankt zwischen minimal 8 Minuten und maximal 27 Minuten einschließlich der Pausen. Die minimale Untersuchungszeit wurde nur bei sehr aufmerksamen Patienten in höheren Altersgruppen erreicht, wenn bei sehr kurzen Reizzeiten keine oder nur wenige Werte zu prüfen waren (adaptives Vorgehen). Bei jüngeren und empfindlicheren Probanden waren pro Reizzeit mehrere Werte zu registrieren. Durchschnittlich wurden 14 Minuten benötigt. Die durchschnittlichen Untersuchungszeiten sowie die Standardabweichungen der Mittelwerte sind in der folgenden Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Durchschnittliche Untersuchungszeit mit dem PC-Elektrogustometer in den einzelnen Altersgruppen, Mittelwert und Standardabweichung

Altersgruppe	Mittelwert der Untersuchungszeit (min)	Standardabweichung
1	13	3,4
2	13	3,8
3	12	4,0
4	15	4,1
5	14	5,3
6	14	5,1
7	14	5,5
8	14	5,9

In der Abbildung 9 wurden die Zeiten der Einzeluntersuchungen pro Gruppe dargestellt.

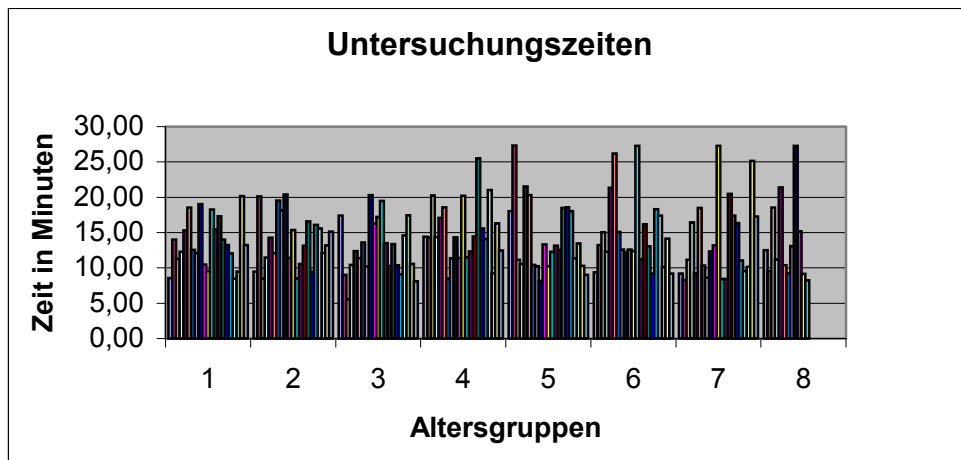


Abb.9: Untersuchungszeiten der Probanden in den Altersgruppen 1 bis 8

3.3.2 Messwerte

Die Messwerte der Probanden in den Altersgruppen zeigten die erwartete Schwellenabhängigkeit vom Alter. Außerdem konnte ein charakteristischer Verlauf der Kennlinie nachgewiesen werden. Im höheren Lebensalter verschiebt sich der Eintritt der Messwerte im vorgegebenen Messbereich zu größeren Reizzeiten, d.h. die Kurven beginnen nicht mehr bei 0,1 ms mit Werten im sensiblen Bereich, sondern der Eintritt in den 50-dBg-Bereich verschiebt sich zu längeren Reizzeiten. So erreichen in Gruppe 5 erst bei 2 ms alle Probanden den Messbereich, in Gruppe 7 konnten erst bei 5 ms von allen Probanden Messwerte aufgezeichnet werden. Die interindividuelle Streuung war dabei sehr groß. Mit fortschreitendem Lebensalter hat die Kennlinie eine geringere Neigung im sensorischen Bereich, sie verläuft flacher, der Dynamikbereich wird geringer, was in der folgenden Abbildung 10 abzulesen ist. Durch die äquidistante Darstellung der Reizzeiten entsteht ein geringfügiger Fehler, der aber wegen der Kleinheit des Diagrammes zu vernachlässigen ist.

In den Gruppen 1, 3, 5, 6 und 8 zeigt sich der Trend zu niedrigeren Schwellen bei den weiblichen Probanden, der jedoch statistisch nicht signifikant war. Eine deutliche Differenz zwischen den Werten der rechten und linken Zungenseite des jeweiligen Probanden trat nicht auf.

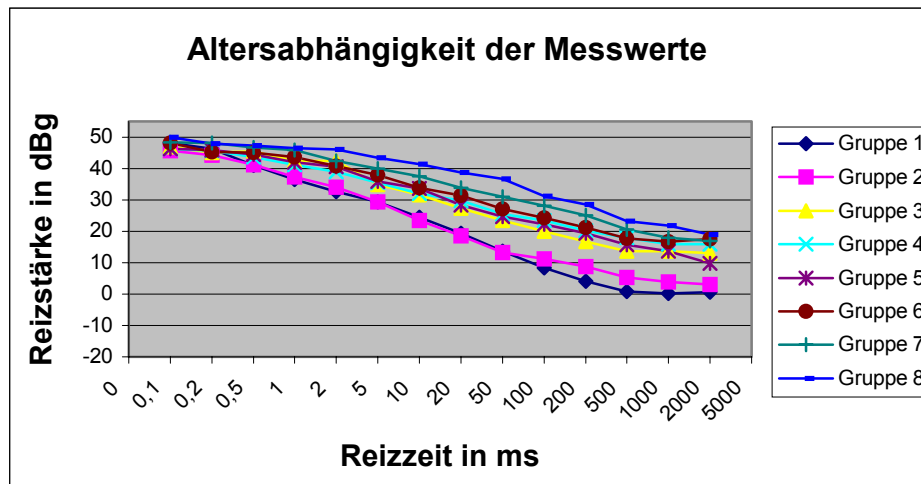


Abb.10: Mittelwertkennlinien der Altersgruppen (je Punkt Messwerte von 20 Probanden)

Die folgenden Mittelwert-Kennlinien der Altersgruppen 1 bis 8 (in den Abbildungen 11 a-h) zeigen die veränderte Kurvenform und die Schwellenwerte der jeweiligen Gruppe.

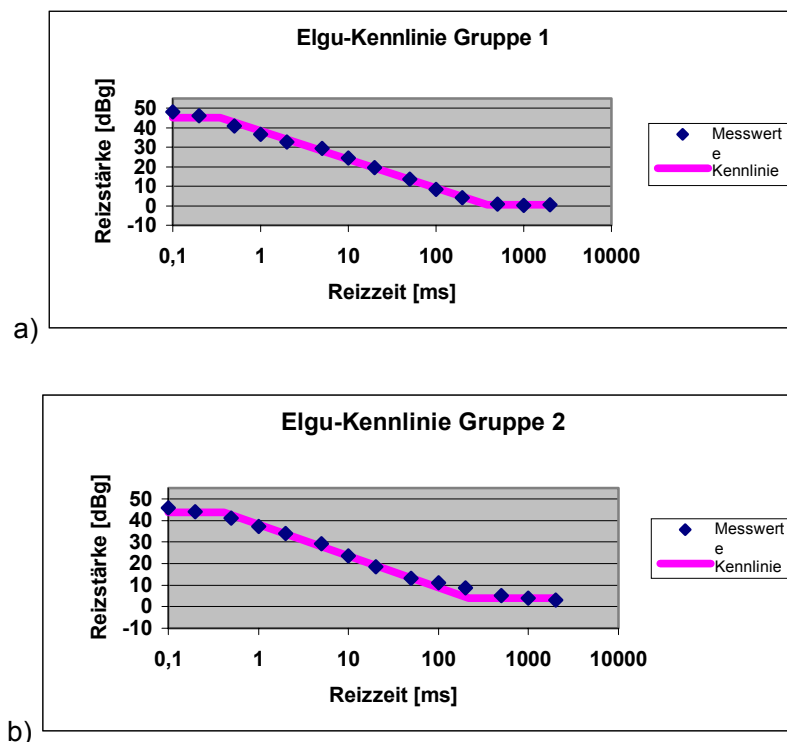


Abb.11 a und b: Mittelwertkennlinien der Altersgruppen 1 und 2

Bei einer Reizezeit von 500 ms liegt die Schmeckschwelle in Gruppe 1 bei 0,8 dBg, in Gruppe 2 bei 4,5 dBg.

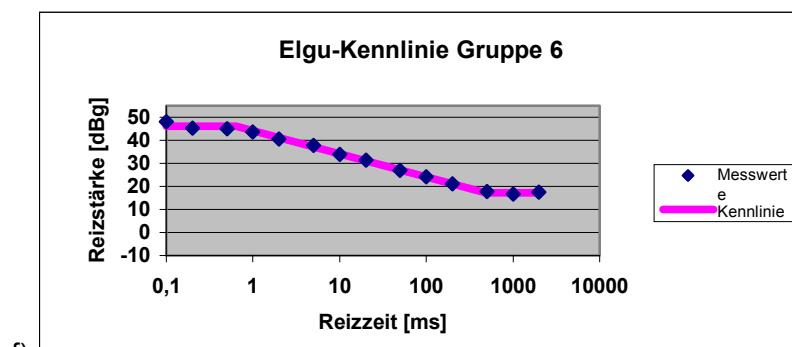
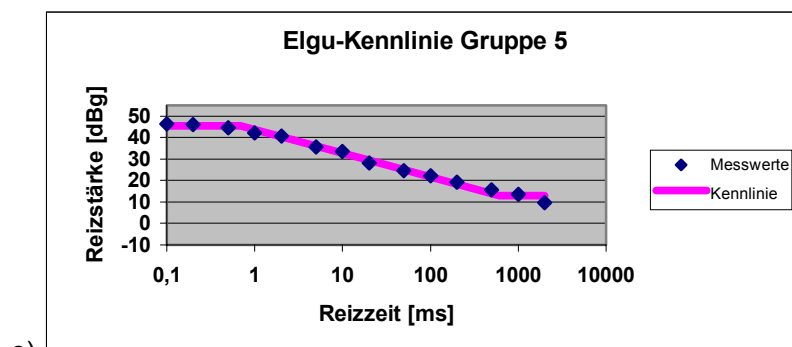
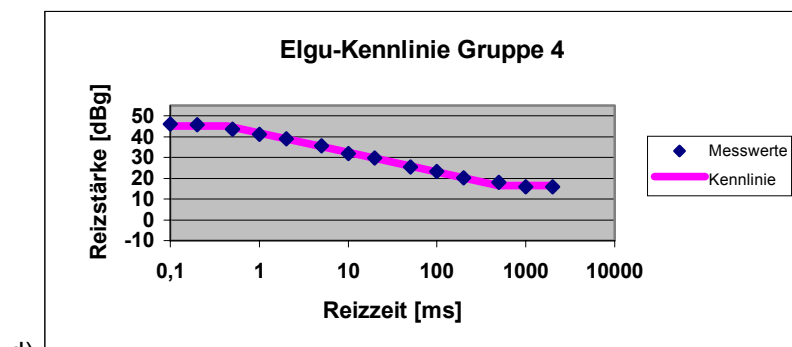
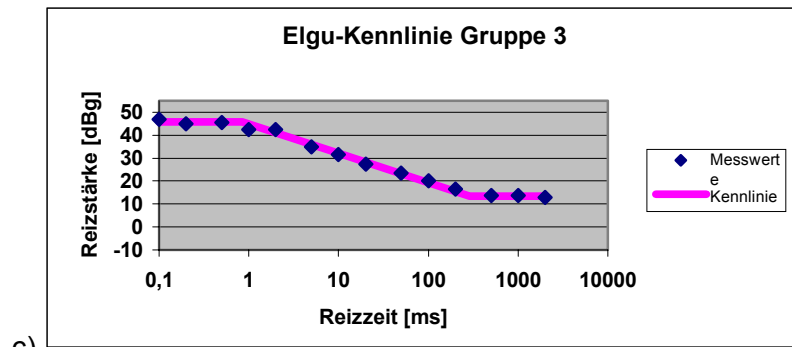


Abb. 11 c-f: Kennlinien der Mittelwerte der Altersgruppen 3 bis 6

In Gruppe 3 wird bei der Reizezeit von 500 ms eine Schmeckschwelle von 13,8 dBg erreicht. In Gruppe 4 liegt die Schwelle bei 15,5 dBg. In Gruppe 5 erreichen die Probanden bei 500 ms eine Schmeckschwelle von 14,8 dBg, in Gruppe 6 liegt die Schwelle bei 17,8 dBg.

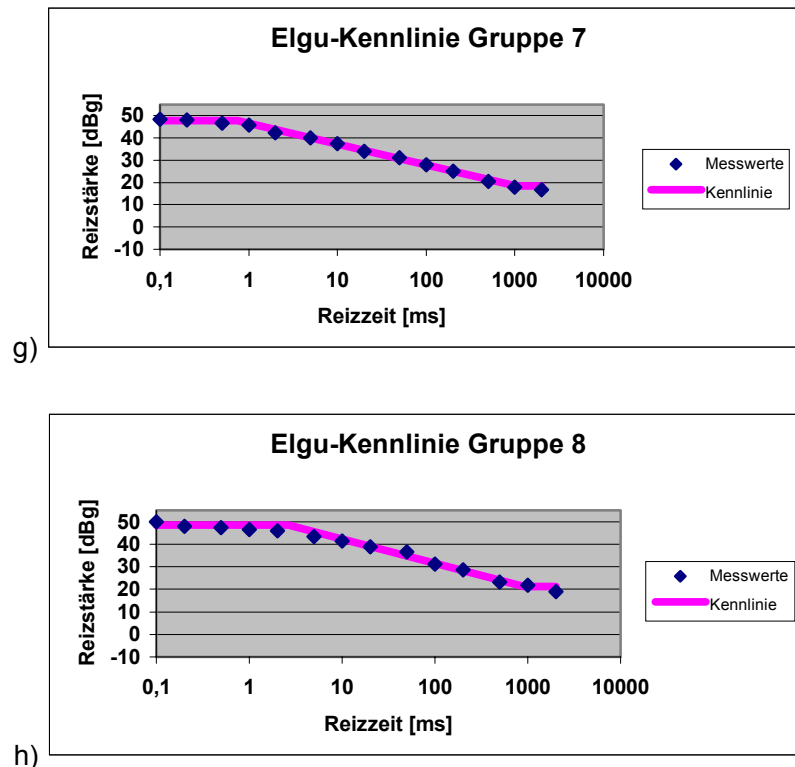


Abb. 11 g und h: Kennlinien der Mittelwerte der Altersgruppen 7 und 8

In Gruppe 7 liegt die Schmeckschwelle bei 19,5 dBg, und in Gruppe 8 werden 21,6 dBg bei der Reizzeit von 500 ms erreicht.

3.3.3 Vergleich „Halle II“ - PC-Elektrogustometer

Im Vergleich der Schwellenwerte bei 500 ms zeigt sich bei vier der acht Altersgruppen zwischen den Messungen mit dem Elektrogustometer „Halle II“ und dem PC-Elektrogustometer bei letzterem eine niedrigere Schwelle. Ausnahmen bilden Gruppe 3 und 4. Hier liegt die Schwelle bei 500 ms um 3 dBg bzw. 1 dBg höher als am „Halle II“. Die größte Differenz tritt in Gruppe 1 auf. Hier liegen die Schwellen am PC-Elektrogustometer bis 6,5 dBg niedriger als am Elektrogustometer „Halle II“. In den Altersgruppen 5 bis 6 sind die Differenzen mit 1 bis 2 dBg zu vernachlässigen.

3.3.4 Kurvenparameter

Die Auswertung der erhaltenen Messwerte erfolgte mit einem Excel-Makro. Das mathematische Modell wurde so gewählt, dass die charakteristischen Merkmale der Kennlinie berechnet werden können. Dazu wurden die Schnittpunktkoordinaten (Bx, By) der

oberen und (A_x, A_y) der unteren Parallelen mit der zu größeren Zeiten fallenden Geraden bestimmt. Zusätzlich wird der Winkel $\tan \alpha$ der Geradenneigung berechnet sowie die Lage des Mittelpunktes der Geraden im Übergangsbereich (S_{mx}, S_{my}) .

Für die gewählten Kurvenparameter wurden folgende Zusammenhänge gefunden:

1. Koordinaten des oberen Schnittpunktes: B_x zeigt einen Anstieg mit dem Lebensalter, d.h. die Lage des Schnittpunktes verschiebt sich zu längeren Reizzeiten (Trendbruch Gruppe 3). B_y liegt in allen Altersgruppen im sensiblen Bereich und ist durch die Methode nach oben begrenzt.
2. Koordinaten des unteren Schnittpunktes: A_x verändert sich nur geringfügig mit zunehmendem Lebensalter. A_y dagegen zeigt einen deutlichen und kontinuierlichen Anstieg mit zunehmendem Alter, d. h. der untere Sättigungsbereich liegt höher. Besonders ausgeprägt ist dieser Anstieg in den ersten drei Altersgruppen.
3. Übergangsbereich: Δx ist in allen Altersgruppen etwa gleich. Δy ist in Gruppe 1 am größten und verringert sich mit zunehmendem Alter. Im Zusammenhang mit Δx zeigt dieser Parameter, dass in der gleichen Zeiteinheit x eine wesentlich größere Dynamik der Schmeckempfindung in jungen Jahren vorliegt, während diese Dynamik mit steigendem Lebensalter eingeengt erscheint.

Der Winkel $\tan \alpha$ der Geraden zwischen dem oberen und unteren Sättigungsbereich ist in den ersten drei Altersgruppen am größten und verringert sich mit steigendem Lebensalter.

4. Mittelpunktkoordinaten (S_{mx}, S_{my}) : S_{mx} zeigt eine Zunahme mit dem Alter, S_{my} steigt mit dem Lebensalter deutlich an, d.h. der Mittelpunkt des Dynamikbereiches verschiebt sich in Bezug auf die Untersuchungszeit nach rechts und liegt mit steigendem Alter bei deutlich höheren Reizstärken. S_{mx} ist als Summe der rechten und linken Zungenseite über Jahre (in der Arbeit bis 5 Jahre) relativ konstant und damit ein Parameter zum Vergleich von Voruntersuchungen. Der Mittelpunkt (S_{mx}, S_{my}) der Geraden im Übergangsbereich kann somit als geeignet zur Einordnung in den Normbereich gesunder Probanden gelten.

In den folgenden Tabellen sind die Mittelwerte der einzelnen Kurvenparameter für alle Altersgruppen aufgeführt.

Tabelle 7: Kurvenparameter der Altersgruppen

Gruppe	Kurvenparameter					
	Ax	s	Bx	s	Δx	s
1	2,39	0,41	-0,17	0,64	2,56	0,68
2	2,12	0,61	-0,16	0,44	2,28	0,74
3	2,37	0,47	0,12	0,60	2,25	0,50
4	2,30	0,48	-0,04	0,66	2,34	0,73
5	2,65	0,77	-0,20	0,67	2,84	1,24
6	2,69	0,82	-0,02	0,70	2,71	1,23
7	2,57	0,50	0,18	0,60	2,39	0,74
8	2,72	0,43	0,54	0,80	2,23	0,93

Tabelle 8: Kurvenparameter der Altersgruppen

Gruppe	Kurvenparameter					
	Ay	s	By	s	Δy	s
1	0,58	8,08	43,58	4,72	43,00	7,47
2	4,58	8,82	42,08	6,23	37,50	9,33
3	11,58	13,07	45,25	3,21	33,67	11,55
4	12,08	12,74	43,68	5,41	31,60	9,88
5	14,58	14,08	45,25	4,57	30,67	12,63
6	18,00	12,30	45,67	2,98	27,67	11,36
7	19,33	8,78	47,08	3,00	27,75	7,95
8	22,33	9,40	47,44	3,08	25,11	8,51

Tabelle 9: Kurvenparameter der Altersgruppen

Gruppe	Kurvenparameter					
	Smx	s	Smy	s	$\tan \alpha$	s
1	1,11	0,42	22,08	5,46	-17,97	5,63
2	0,98	0,38	23,33	6,05	-17,36	5,41
3	1,25	0,48	28,42	7,57	-15,20	4,66
4	1,13	0,44	27,88	8,45	-14,10	4,76
5	1,22	0,36	29,92	8,35	-11,87	6,06
6	1,33	0,45	31,83	6,92	-11,13	5,16
7	1,37	0,41	33,21	5,22	-12,27	3,87
8	1,66	0,44	34,89	5,55	-12,46	4,74

Für die grafische Darstellung (siehe Abb. 12-20) und die Berechnung wurden nur die Werte der rechten Zungenseiten jedes Probanden verwendet, da nach statistischer Prüfung keine signifikante Differenz zwischen der rechten und linken Zungenseite besteht. Die Verteilung der errechneten Parameter ist in den folgenden Abbildungen als Box-Whisker-Diagramm

dargestellt. Die Box umfasst 95% der Werte. Der Mittelwert ist durch einen halbgefüllten Kreis, der Medianwert als horizontale Linie in der Box dargestellt. Medianwert und Mittelwert differieren nur gering. Der Bereich von 1% bzw. 99% der Werte ist mit Sternchen markiert.

Bx zeigt einen Anstieg in Bezug auf das Lebensalter, d.h. der Schnittpunkt verlagert sich zu längeren Reizzeiten. By liegt bei allen Altersgruppen im sensiblen Bereich (oberhalb von 40 dBg).

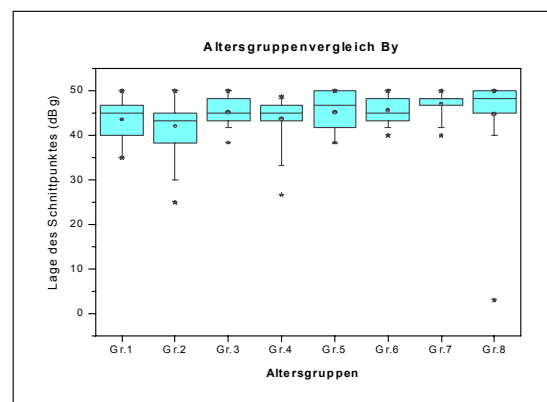
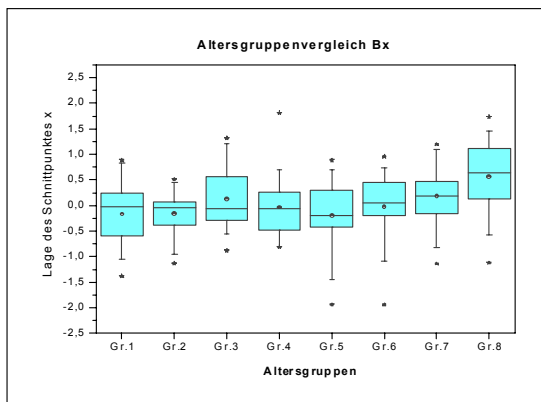


Abb.12 und 13: Boxplot-Diagramme der Mittelwerte Bx bzw. By der Altersgruppen für $n = 20$ pro Altersgruppe (nur rechte Zungenseiten)

Der untere Schnittpunkt der Geraden des Übergangsbereiches mit der Geraden des unteren Sättigungsbereiches (A_x, A_y) liegt mit zunehmendem Lebensalter höher (höhere Reizstärke erforderlich).

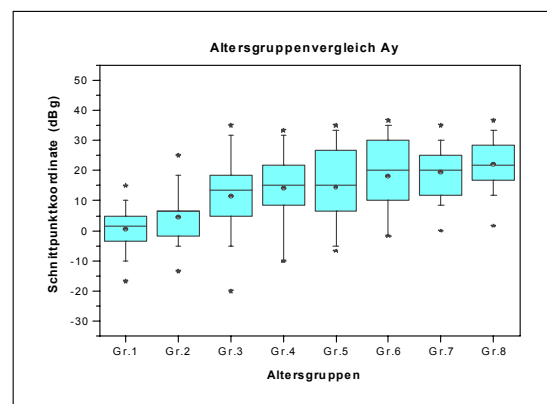
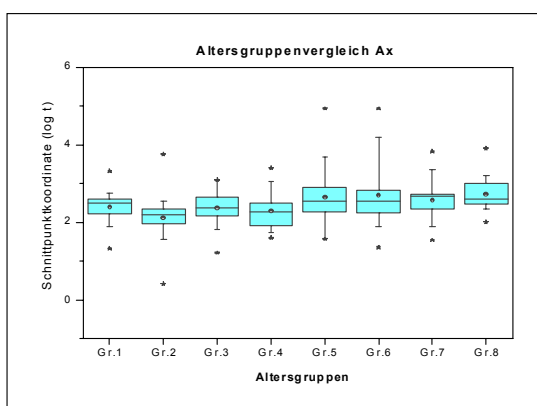


Abb.14 und 15: Altersgruppenvergleich für A_x bzw. A_y ($n = 20$ pro Altersgruppe)

Die Mittelpunktswerte (Smy,Smy) steigen beide an. Besonders Smy zeigt eine deutliche Zunahme in Korrelation mit dem Lebensalter. Smx steigt gering, aber stetig mit dem Lebensalter an, wie in den folgenden Abbildungen zu sehen ist.

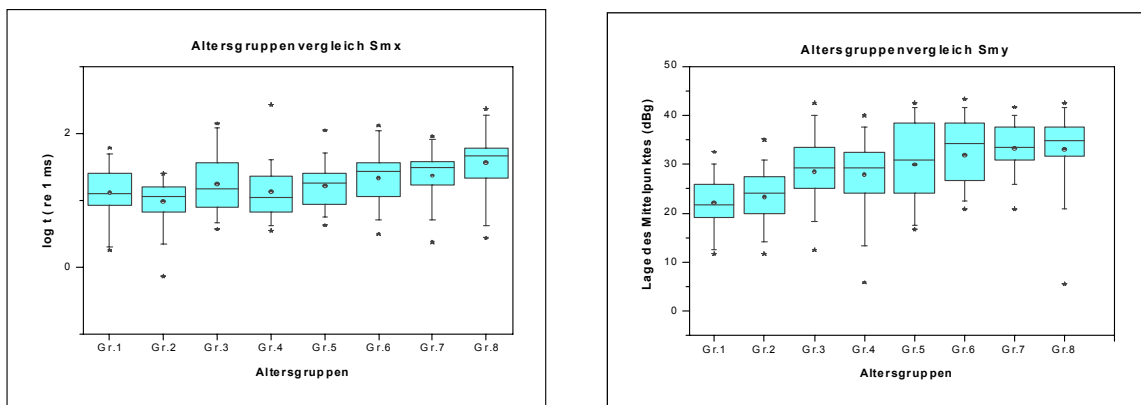


Abb.16 und 17: Altersgruppenvergleich der Mittelpunktswerte Smx bzw. Smy ($n = 20$ pro Altersgruppe)

Die Neigung der Geraden im Übergangsbereich nimmt mit zunehmendem Alter ab. Sie verläuft flacher, der negative Winkel wird kleiner, wie in der Abbildung 18 dargestellt ist.

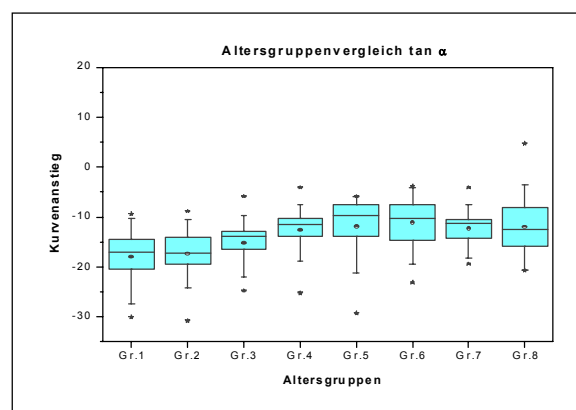


Abb.18: Altersgruppenvergleich des Kurvenanstieges im Übergangsbereich ($\tan \alpha$)

Der Dynamikbereich der elektrosensorischen Empfindung Δy zeigt sehr gut die Verringerung der Schwellenänderung mit zunehmendem Alter. Nach Eintritt in den sensorischen Bereich

ändert sich die Schmeckschwelle mit zunehmendem Lebensalter immer weniger, die Kurve hat eine andere Form als im Jugendalter. Δx ändert sich nur unwesentlich, ein eindeutiger Trend ist nicht erkennbar. Die Ergebnisse sind in Abbildung 19 und 20 dargestellt.

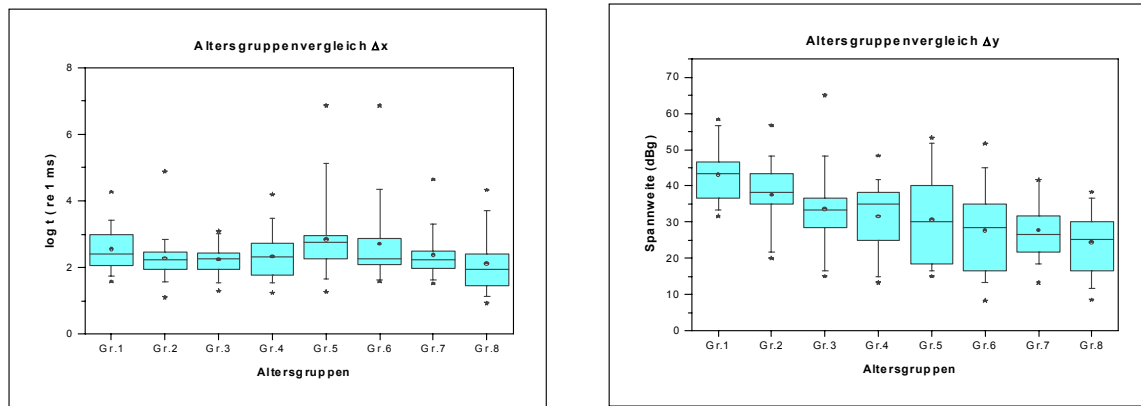


Abb. 19 und 20: Altersgruppenvergleich der Mittelpunktskoordinaten Δx und Δy ($n = 20$ pro Altersgruppe)

3.3.5 Einfluss der Seitenfolge

Zur Überprüfung eines Einflusses der Reihenfolge der untersuchten Zungenseite hinsichtlich eines Trainingseffektes bzw. Konzentrationsabfalles wurden die Messwerte von je 10 Probanden, bei denen zuerst die rechte Zungenseite untersucht wurde, mit den Werten von 10 Probanden verglichen, bei denen die Messung links begonnen wurde. In der Gruppe mit Beginn rechts konnten 108 Messwertpaare verglichen werden. In 35 Fällen waren die Schwellenwerte rechts und links bei der jeweiligen Reizzeit identisch, in 31 Fällen die Ergebnisse der rechten Seite höher als die Messung der linken Zungenseite bei gleicher Reizzeit, in 42 Fällen die Schwellen rechts niedriger als links. Bei den Untersuchungen mit Beginn links zeigten sich bei insgesamt 113 Messwertpaaren eine Übereinstimmung der Werte in 31 Fällen, in 21 Fällen höhere Schwellen links, in 61 Fällen höhere Messwerte bei der Messung der rechten Zungenseite. Ein Trainingseffekt mit niedrigeren Schwellen der zuletzt untersuchten Zungenseite lässt sich nicht nachweisen. Bei der statistischen Auswertung mit dem Vorzeichentest zeigt sich bei Messbeginn links, dass die Ergebnisse grenzwertig signifikant verschieden sind ($p = 5\%$). Bei Beginn rechts lässt sich keine Signifikanz nachweisen.

3.4 Test-Retest-Reliability

3.4.1 Messwerte

Die Reproduzierbarkeit der Methode wurde durch die Untersuchung von 12 Probanden im Alter von 19 bis 56 Jahren nachgewiesen. Die Untersuchungen erfolgten im Abstand von 2 Tagen zur gleichen Tageszeit und durch den gleichen Untersucher. Verglichen wurden die Seitendifferenzen und die Messwertdifferenzen der jeweiligen Zungenseiten. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Statistik-Software SPSS 10.0 für Windows. Es wurde der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben verwendet. Die Signifikanzschwelle wurde mit $\alpha = 0,05$ festgelegt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen 10 und 11 aufgeführt.

Tabelle 10: Vergleich der Messwerte der rechten Zungenseiten (n = 14 pro Proband) im Abstand von 2 Tagen

Proband Nr.	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Proband Nr.	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
1	0,763	7	0,047
2	0,007	8	0,036
3	0,257	9	0,064
4	0,184	10	0,190
5	0,059	11	0,002
6	1,000	12	0,248

Tabelle 11: Vergleich der Messwerte der linken Zungenseiten (n = 14 pro Proband) im Abstand von 2 Tagen

Proband Nr.	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Proband Nr.	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
1	0,013	7	0,107
2	0,059	8	0,808
3	0,760	9	0,016
4	0,120	10	0,002
5	0,013	11	0,623
6	0,016	12	0,002

Die statistische Auswertung lässt keine eindeutige Aussage zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu. Die Ursache ist in der kleinen Stichprobe sowie in der biologischen Variabilität zu sehen.

Vergleicht man die Absolutdifferenzen der einzelnen Messungen bei den entsprechenden Reizezeiten, ergibt sich eine Häufung der Differenzen 0 und 5 dBg. Beim Vergleich der Messungen der rechten Seiten gibt es in 48 Fällen (33%) keine Differenz, in 61 Fällen (41%) 5 dBg Unterschiede. Differenzen von 10 dBg treten in 26 Fällen (18%) auf, 15 dBg in 12 Fällen (8%). Der Vergleich der linken Seiten zeigt eine etwas größere Streuung. Hier gibt es in 42 Messungen (27%) keine Differenz, in 62 Messungen (41%) 5 dBg Unterschied, in 42 weiteren Messungen (27%) 10 dBg Differenz, in 6 Messungen (4%) 15 dBg und in 2 Fällen (1%) beträgt der Unterschied 20 dBg.

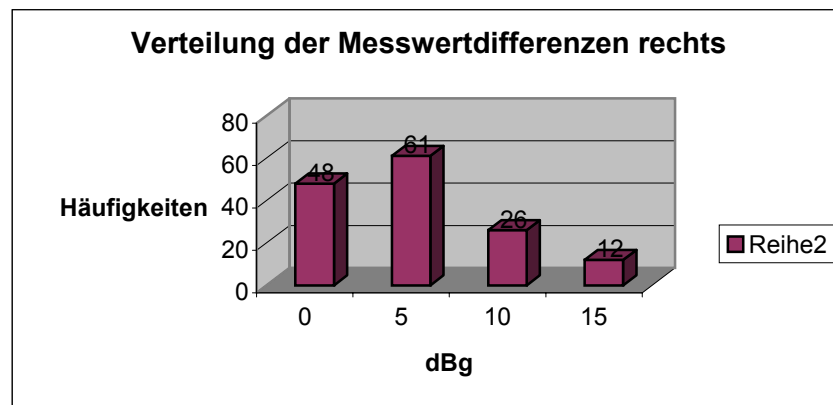


Abb. 21: Differenzen der Messwerte Messung 1 - Messung 2 der rechten Zungenseite von 12 Probanden (je 14 Messwerte pro Proband)

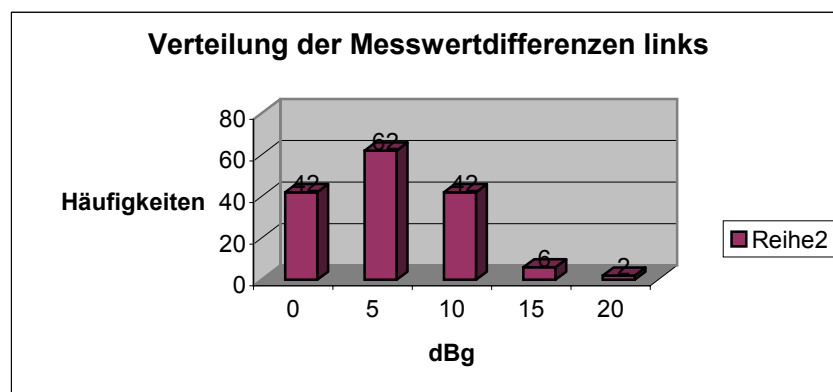


Abb. 22: Differenzen der Messwerte Messung 1 - Messung 2 der linken Zungenseite von 12 Probanden (je 14 Messwerte pro Proband)

Der Kennlinienvergleich über längere Zeiträume (bis 5 Jahre) zeigte eine relative Konstanz der Schwellenwerte für die untersuchte Person. Diese Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

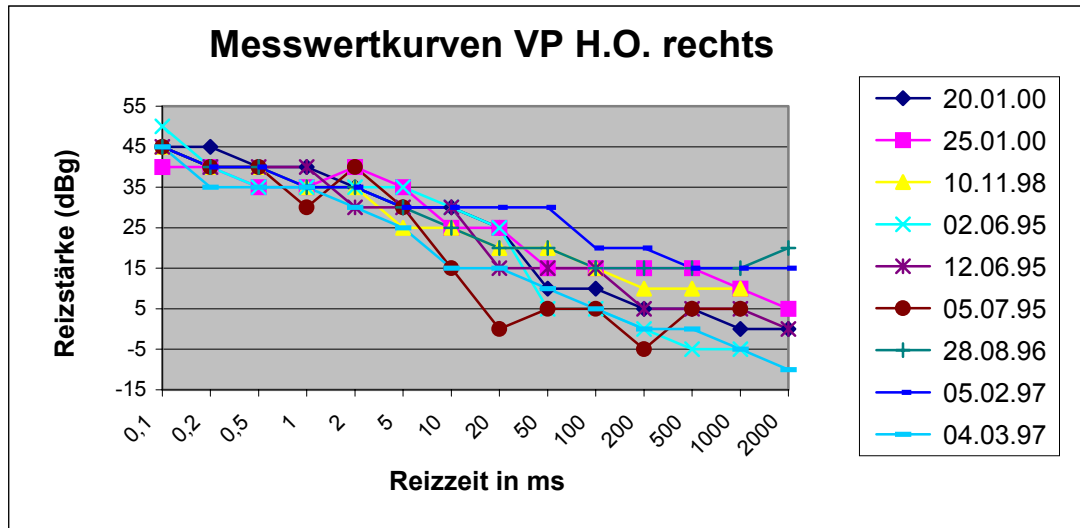


Abb. 23: Messwerte der rechten Zungenseite ($n = 14$) in den Jahren 1995 bis 2000. Die x-Achse ist logarithmisch unterteilt.

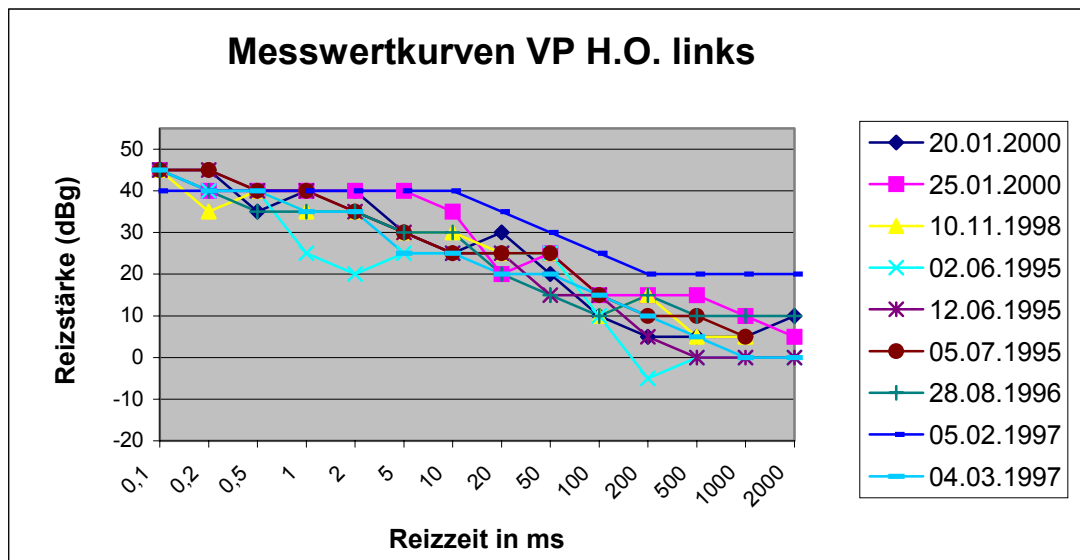


Abb. 24: Messwerte der linken Zungenseite ($n = 14$) in den Jahren 1995 bis 2000. Die x-Achse ist logarithmisch unterteilt.

3.4.2 Kurvenparameter

Der Vergleich des Kurvenparameters Smx zeigt bei wiederholten Messungen der Probanden im Test-Retest eine Schwankung der Werte für die rechte und linke Seite, die Summe beider Seiten ist jedoch relativ konstant. Der Mittelpunkt der Geraden im Übergangsbereich ist damit relativ stabil, unabhängig von der Lage der sensiblen und sensorischen Schwelle. In der nachfolgenden Grafik ist dieser Sachverhalt an Messungen von sieben ausgewählten Probanden für die erste und die jeweilige Kontrollmessung dargestellt.

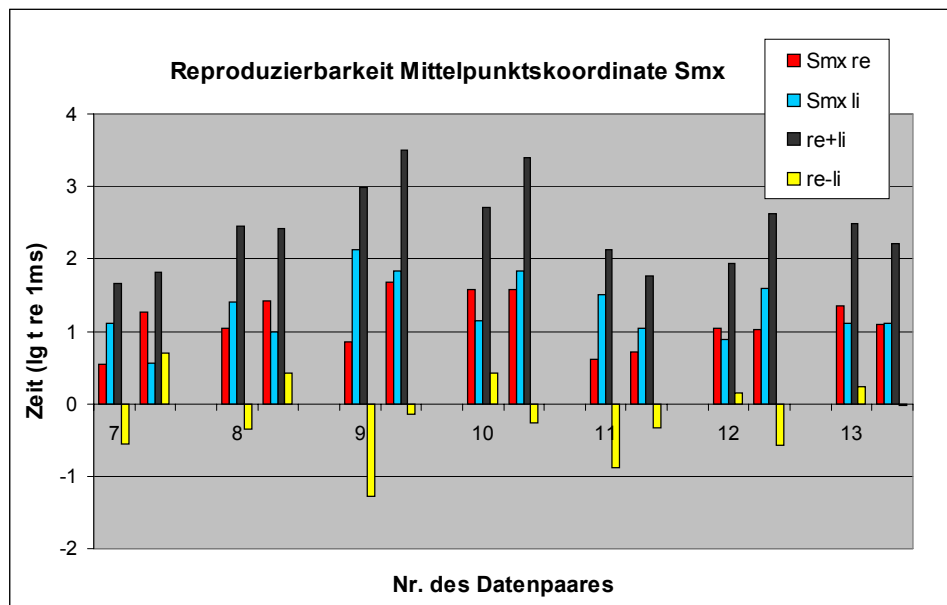


Abb.25: Reproduzierbarkeit der Mittelpunktskordinaten Smx im Test-Retest

3.5 Messwerte bei Patienten mit peripheren Fazialisparesen

Insgesamt 53 Patienten mit Fazialisparesen wurden mit den o. g. Methoden untersucht. Davon zeigten 29 Patienten eine rechtsseitige Fazialisparese, 24 eine linksseitige Parese. Bei Erstvorstellung in unserer Klinik erfolgte die Anamneseerhebung, die klinische Untersuchung und Topodiagnostik mit audiologischen Tests, Schirmer-Prüfung und Schmeckdiagnostik sowie sonografische Untersuchung der Glandula parotis.

Alle Patienten erhielten eine rheologische Infusionstherapie mit Trental (300 mg i.v. für weibliche Patienten, 600 mg i.v. für männliche Patienten/Tag) für mindestens 7, maximal 10 Tage. Im Rahmen der Diagnostik wurden 2 Paresen als zentral verursacht erkannt (1x multiple Sklerose, 1x mesenchymaler Tm des KBW).

Die durchschnittliche Paresedauer bis zur Erstuntersuchung lag bei 5,6 Tagen. 23 Patienten

stellten sich innerhalb der ersten 3 Paresetage in der Klinik vor, die späteste Vorstellung erfolgte nach 10 Wochen. Von den 51 Patienten mit peripheren Fazialispareesen zeigten sich bei 26 Patienten Seitendifferenzen im Gustogramm. Die anderen 25 Patienten hatten Messwerte oberhalb des Messbereiches, keinen Seitenunterschied bei Lähmung peripher des Abganges der Chorda tympani oder waren unkonzentriert, so dass die Ergebnisse verworfen werden mussten. Besteht eine Schwellenerhöhung auch der gesunden Zungenseite, ist unter der Therapie ein Absinken der Schmeckschwelle des Fazialispatienten beidseits zu verzeichnen. Eine kompensatorische Verbesserung der gesunden Seite ließ sich in unserem kleinen Patientengut und der relativ kurzen Beobachtungszeit bis 30 Tage nach Erstvorstellung nicht nachweisen. In der folgenden Abbildung sind die Schmeckschwellen einer 19-jährigen Patientin mit einer peripheren Fazialisparese rechts dargestellt.

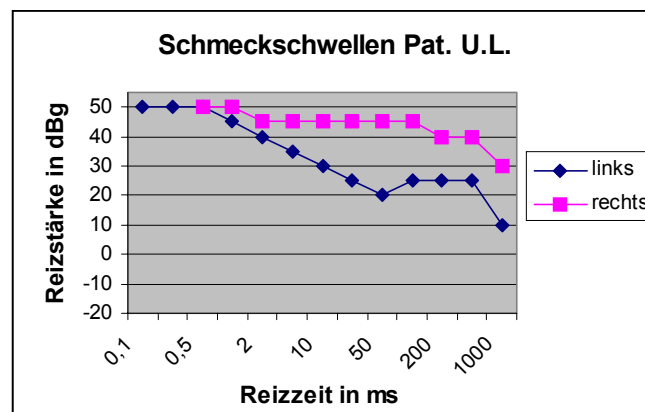
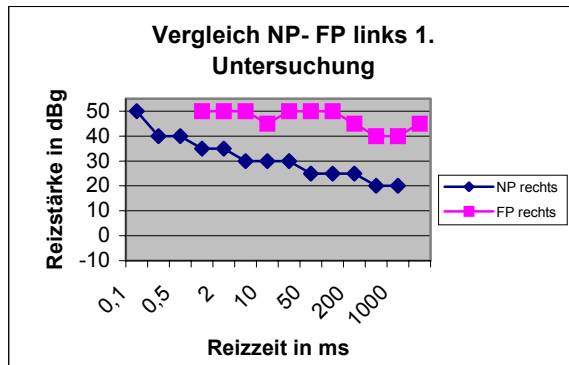


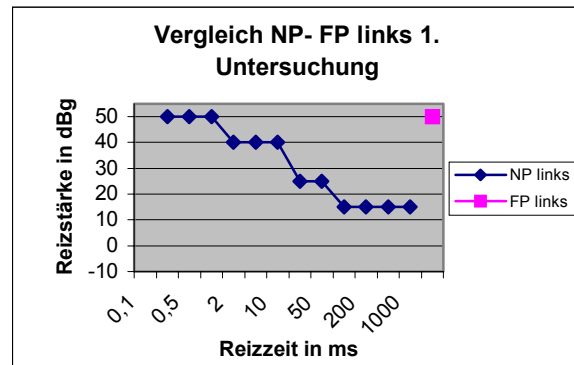
Abb. 26: Messkurven einer Patientin mit peripherer FP rechts (rot- rechte Pareseseite, blau- linke Zungenseite)

Der Vergleich der Messwerte mit gesunden Probanden gleichen Geschlechts und Alters zeigt oft im höheren Lebensalter neben der Schwellenerhöhung insgesamt einen verzögerten Eintritt der Kennlinie in den Messbereich, wie im folgenden Beispiel bei Parese links (Abb.27 a-f) für eine 78-jährige Patientin dargestellt ist. Zu diesem Vergleich wurde aus den gesunden Probanden je ein Partner gleichen Geschlechts und Alters willkürlich ausgewählt. Verglichen wurden die Messwerte der Zungenseiten bei Erstvorstellung des Patienten mit Fazialisparese, nach 7-10 Tagen und 3 Wochen nach Erstvorstellung. In den Abbildungen 27 a, c und e ist der Vergleich der Messwerte der rechten Zungenseiten dargestellt. Die roten Kennlinien sind die Messwerte der Patienten mit Fazialisparese, die blauen Kennlinien die des gesunden Probanden. Die Abbildungen 27 b, d und f zeigen den Vergleich der linken Zungenseiten zu den o. g. Untersuchungszeitpunkten. Die Werte des

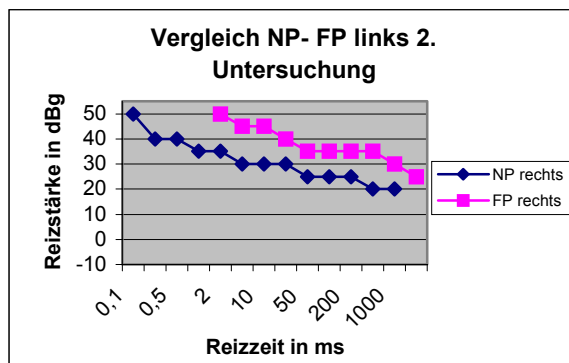
„Normpatienten“ sind in den Abbildungen jeweils identisch.



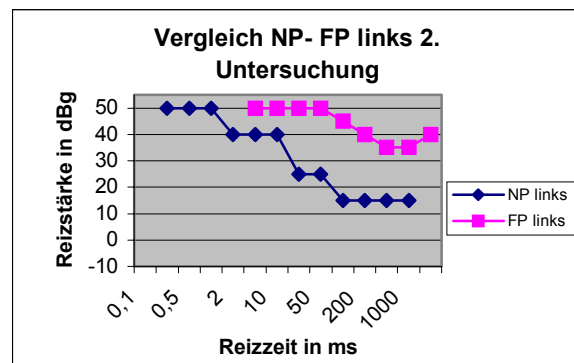
a)



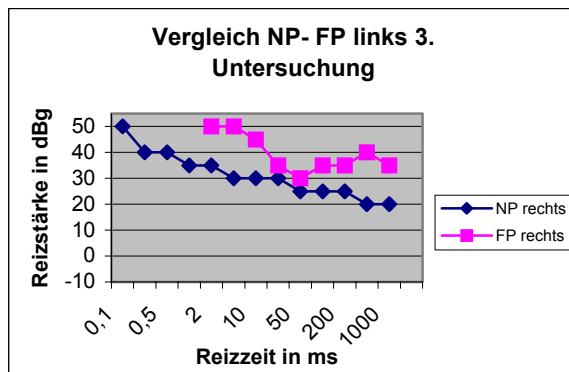
b)



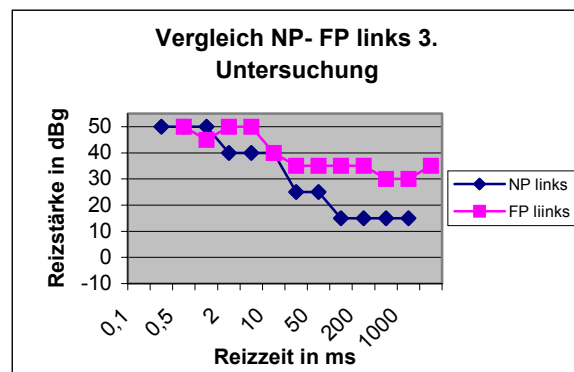
c)



d)



e)



f)

Abb.27 a-f: Vergleich der Messkurven eines „Normpatienten“ mit Messwerten eines gleichaltrigen Patienten (78 Jahre) mit peripherer FP links (rot- Messwerte bei Fazialisparese, blau- Messwerte gesunder Proband)

Im aufgeführten Beispiel zeigt sich eine initiale Schwellenerhöhung beidseits bei der Patientin mit peripherer FP links. In der ersten Untersuchung kann auf der Pareseseite erst bei einer Reizzeit von 2000 ms und einer Reizstärke von 50 dBg überhaupt ein Schwellenwert aufgezeichnet werden. Auch die Schwellenwerte der gesunden Seite liegen

im sensiblen Bereich. In der zweiten Untersuchung nach 7 Tagen zeigt sich beidseits eine Verbesserung des Schmeckvermögens des Patienten mit FP. Auf der Pareseseite konnte jetzt eine Kennlinie aufgezeichnet werden. Sie beginnt bei 5 ms Reizzeit und 50 dBg Reizstärke und erreicht bei 500 und 1000 ms Reizzeit den Schwellenwert von 35 dBg. Die dritte Untersuchung zeigt auf der Pareseseite einen noch früheren Eintritt in den Untersuchungsbereich (erste Schwellenwerte bei 0,5 ms und 50 dBg Reizstärke) und erreicht 30 dBg bei 500 und 1000 ms Reizzeit. Die Schwellenerhöhung auf der gesunden Seite bei Patienten mit peripherer Fazialisparese konnte jedoch nicht bei allen Patienten beobachtet werden.

3.6 Messwerte bei Patienten mit Kopf-Hals-Malignomen

Im Rahmen der Arbeit wurden 65 Patienten mit Malignomen im Kopf-Hals-Bereich untersucht, darunter 11 Frauen. Das Durchschnittsalter der weiblichen Patienten betrug 62,5 Jahre (43,8 bis 76 Jahre). Die männlichen Patienten hatten ein Durchschnittsalter von 57,7 Jahren (37,2 Jahre bis 81,2 Jahre). Am häufigsten wurde das Larynx-Karzinom mit $n = 23$ Fällen diagnostiziert, gefolgt vom Oropharynxkarzinom mit $n = 20$ Patienten. Bei 22 Patienten lagen die Messergebnisse der PC-Elektrogustometrie bereits vor Beginn der Bestrahlung oberhalb der Messbereiche. Verwertbare Messergebnisse konnten nur von 11 männlichen Patienten vor Radiatio erhalten werden, bei den weiblichen Patienten konnten die Daten von 4 Frauen ausgewertet werden. Unter der Bestrahlung kam es zu einer kontinuierlichen Verschlechterung der chemischen und der elektrogustometrischen Werte. Etwa 6 Monate nach Bestrahlung hatte sich das Schmeckvermögen bis zum Ausgangsniveau erholt. Im folgenden Beispiel sind die Schmeckschwellen eines 47,6-jährigen Malignompatienten dargestellt, die bei der Erstuntersuchung vor der Therapie erhalten wurden.

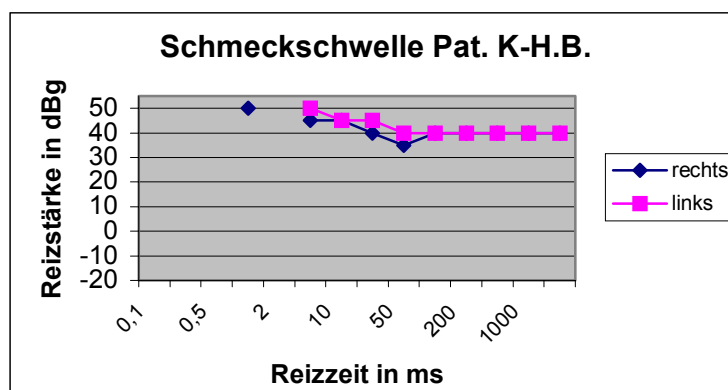


Abb.28: Messkurven eines Malignompatienten (Alter 47,7Jahre)

4 Statistik

4.1 Vergleiche innerhalb der Altersgruppe

4.1.1 Seitenvergleich

Zur statistischen Auswertung wurde das Statistikprogramm SPSS 10.0 für Windows verwendet. Die erhaltenen Messwerte waren nicht normal verteilt, so dass nichtparametrische Tests verwendet wurden. Die Messwerte der rechten und der linken Zungenseite wurden mit dem Wilcoxon-Test geprüft. Hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$). Die einzelnen Ergebnisse sind im Anhang dargestellt.

4.1.2 Geschlechtsvergleich

Der statistische Vergleich erfolgte mit dem Mann-Whitney-Test. In Gruppe 2, 4, 7 und 8 konnte keine Geschlechtsdifferenz nachgewiesen werden ($p > 0,05$). Ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zeigte sich in Gruppe 1, Gruppe 5 und Gruppe 6 bei 10, 11 bzw. 9 von 14 Reizzeiten. In Gruppe 3 bestanden bei 4 von 14 Reizzeiten statistische Unterschiede ($p < 0,05$). Die einzelnen Daten sind im Anhang aufgeführt.

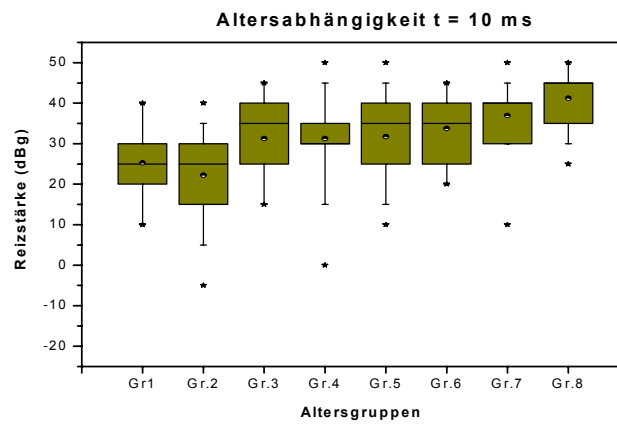
4.2 Vergleich zwischen den Altersgruppen

Verglichen wurden die Messwerte der Altersgruppen bei den einzelnen Reizzeiten. Bis 5 ms liegen die Messwerte vorwiegend im sensiblen Bereich und sind deshalb zu vernachlässigen. Ab 5 ms zeigt sich bei allen weiteren Reizzeiten bis zu 2000 ms ein altersentsprechender negativer Anstieg der Werte. Dieser Anstieg von Gruppe 1 bis Gruppe 8 verläuft nicht linear, sondern in Stufen. So findet sich zwischen Gruppe 1 und 2 praktisch kein Unterschied, zu Gruppe 3 jedoch eine deutliche Stufe. Gruppe 3 bis 7 liegen bis 1000 ms fast im gleichen Wertebereich. Zu Gruppe 8 besteht wieder eine deutliche Stufe.

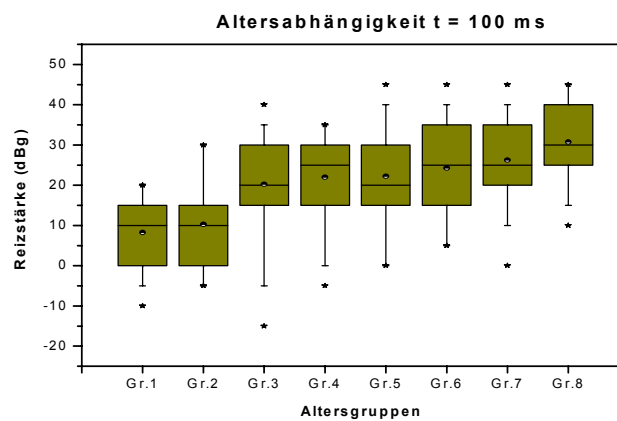
Die Messwerte der Gruppen wurden als Boxplots dargestellt. Ausgewertet wurden alle Messwerte der rechten Zungenseiten pro Altersgruppe, da nach statistischem Seitenvergleich im Untersuchungsmaterial keine Seitendifferenz nachgewiesen werden konnte.

Erläuterung zu den Boxplots:

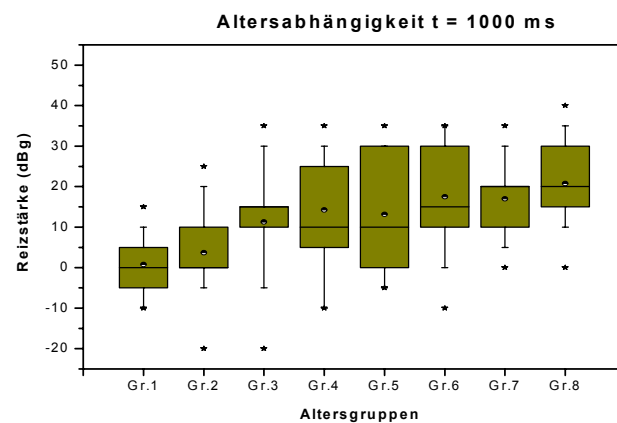
In der Box liegen 50 % der Messwerte. Der Medianwert ist als horizontale Linie dargestellt bzw. fällt mit der oberen oder unteren Begrenzungslinie der Box zusammen. Der Mittelwert ist als halbgefüllter Kreis in der Box dargestellt. Die Whisker umfassen das 95%-Areal. Die Werte 1% bzw. 99% sind als Sternchen dargestellt.



a)



b)



c)

Abb. 29 a- c: Altersabhängigkeit der Messwerte der rechten Zungenseiten ($n = 20$, für Gruppe 8 $n = 16$) der Altersgruppen zu verschiedenen Messzeiten.

Bei grafisch herausragenden Unterschieden konnten auch statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 2 und 3 nachgewiesen werden, ebenso beim Vergleich

weiter entfernter liegender Gruppen (s. Tabelle 12).

Tabelle 12: Wilcoxon-Test zum Gruppenvergleich der Messwerte der rechten Zungenseiten ($\alpha < 0,05$)

Vergleich der Gruppen	Signifikanz; Wert von p (2-seitig) bei t =10 ms	Signifikanz; Wert von p (2-seitig) bei t =100 ms	Signifikanz; Wert von p (2-seitig) bei t = 1000 ms
Gr.2 – Gr.1	0,767	0,108	0,208
Gr.3 – Gr.2	0,001	0,010	0,004
Gr.4 – Gr.3	0,659	0,142	0,183
Gr.5 – Gr.4	0,340	0,364	0,569
Gr.6 – Gr.5	0,645	0,238	0,624
Gr.7 – Gr.6	0,158	0,660	0,164
Gr.8 – Gr.7	0,028	0,072	0,114

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

Das elektrische Schmeckvermögen der Probanden in Gruppe 1 und 2 unterscheidet sich nur wenig. Die Schmeckschwellen sind bis zur Reizzeit von 100 ms weitgehend identisch. Danach sinken die Schwellenwerte in Gruppe 1 unter die Werte von Gruppe 2 ab. Im Vergleich der Gruppe 2 zur Gruppe 3 fällt ein sprunghafter Anstieg der Schwellenwerte auf. Diese Differenz ist auch statistisch signifikant ($p < 0,05$). Die Mittelwerte und Medianwerte der Gruppen 3 bis 6 differieren nur wenig. Die Schmeckschwelle steigt nur gering, aber stetig an. Von Gruppe 6 zu Gruppe 7 und von Gruppe 7 zu Gruppe 8 gibt es wieder deutlichere Schwellenanstiege, die statistisch aber nicht signifikant sind. In allen Gruppen, besonders aber in Gruppe 5, treten relativ große Streuungen der Schwellenwerte in den höheren Reizzeiten ab 100 ms auf.

5 Diskussion

5.1 Die Intensitäts-Empfindungs-Beziehung für elektrische Reize

Elektrische Ströme, die länger als 10 ms auf die Schmeckknospen einwirken, lösen eine sauer-metallische Empfindung unterhalb der sensiblen Schwelle aus. Das ist bekannt und auch in der neueren Literatur immer noch Gegenstand der Untersuchung (Nakamura, 2000; Murphy, 1995). Bereits Bekesy (1964), Helmbrecht (1968) und Thumfart et al. (1978) erzeugten mit kurzen Stromimpulsen variabler Zeit und Dauer die Empfindungen süß, sauer, salzig und bitter. Dabei stellte sich eine außerordentlich große interindividuelle Variabilität heraus, so dass diese Methode der „Impulsgustometrie“ keinen Eingang in die klinische Anwendung fand. Mit der „Kennliniengustometrie“ wird die Reizzeitabhängigkeit der Empfindungsschwelle dargestellt. Bei rechteckförmigen depolarisierenden Reizen hängt die Schwellenstromstärke zur Erreichung der Schwellendepolarisation nervaler Strukturen von der Dauer des Stromflusses ab. Auch ein beliebig langer Reiz muss eine Mindeststromstärke, die Rheobase (b) haben. Je kürzer die Reizdauer (t) ist, desto größere Schwellenstromstärken (I_s) werden benötigt. Es ergibt sich ein Zusammenhang nach Art einer Hyperbel

$$I_s = \text{const} / t + b$$

Durch die doppelt-logarithmische Darstellung erhält man näherungsweise eine Gerade. Die Kennlinie setzt sich aus drei Geraden zusammen. Beginnend bei sehr kurzen Reizzeiten von 0,1 ms bis zu Reizdauern von etwa 10 ms erlebt der Proband sensible trigeminale Empfindungen. Hier werden die freien Nervenendigungen im Zungenepithel gereizt, was sich in Form von Kribbeln oder stichartiger Empfindung bis hin zu einem Zucken äußert. Schwellennah spürt der Proband einen winzigen elektrischen Schlag. Erst bei der genannten Grenzzeit von 10 ms wird diese Empfindung ergänzt durch die sensorische metallisch-saure Empfindung. Ihr Charakteristikum ist die nicht so deutlich hervortretende Anfangs- und Endzeit. Bei Zeiten um 2000 ms tritt der Endpunkt deutlicher hervor, der Anfangspunkt kann nicht zeitlich exakt angegeben werden (Überwiegen der Anodenöffnungserregung?). Es ist evident, dass die zwei unterschiedlichen Empfindungsqualitäten auch zwei unterschiedliche Strom-Zeit-Charakteristiken aufweisen. Die sensible Komponente wird durch die direkte Reizung der freien Nervenendigungen erzeugt. Bei der sensorischen Komponente wird die Reizung des sensorischen Epithels der Schmeckzelle ohne den Umweg über die Wahrnehmung der Elektrolyseprodukte angenommen. Die Elektrolyseprodukte spielen wohl eine Rolle, was sich bei der Applikation von Reizserien bemerkbar macht. Hier tritt nach einer individuell verschieden langen Untersuchungsdauer von etwa drei bis fünf Minuten

(etwa dem Bereich von 50 bis 100 ms entsprechend) ein dauerhafter Metallgeschmack bzw. ein Kribbeln der gesamten Zungenspitze auf, so dass die Reizserie für mindestens ein bis zwei Minuten unterbrochen werden musste. Das ist auch der Grund, weshalb bei einer Reizzeitvariation immer mit kurzen Reizzeiten begonnen wird. Zur Erklärung des sauermetallischen Geschmackes bei elektrogustometrischer Reizung des Zungenepithels gibt es verschiedene Hypothesen. In der Arbeit von Herness (1985) werden vier Hypothesen aufgeführt. Die älteste davon geht von einer direkten Reizung der Schmeckzellen bzw. Nervenendigungen aus. Der Strom bewirkt eine Änderung des Membranpotentials im Sinne einer Hyper- bzw. Depolarisation. Die zweite Hypothese geht von der Wirkung der Elektrolyseprodukte des Speichels unter der Elektrode und deren chemischer Wirkung auf die Schmeckrezeptoren aus. Die dritte Hypothese beinhaltet die Annahme, dass der elektrische Geschmack nach dem gleichen Prinzip wie der Salzgeschmack vermittelt wird. Natriumionen induzieren phasengebundene Potentiale an den Membranen der Mikrovilli der Schmeckzellen, welche einen Stromfluss im Bereich der synaptischen Membran und so eine Aktivierung des afferenten Nerven bewirken. Die vierte Hypothese geht von einem laufenden Ionentransport über das dorsale Zungenepithel aus, welches durch die Flüssigkeitskonzentration auf der Zungenoberfläche modifiziert wird. Dieser Ionentransport soll eine zentrale Rolle bei der Vermittlung des Salzgeschmacks spielen. Ye et al. (1993) liefern eine Erklärung für den Zusammenhang von Salzgeschmack und elektrischem Geschmack aus den Befunden von Voltage- und Current-Clamp-Experimenten am Zungenepithel der Ratte. Das neurale Korrelat von Natriumchlorideinwirkungen in verschiedenen Konzentrationen leitet er elektrophysiologisch an Nervenfasern der Chorda tympani des gleichen rezeptiven Feldes ab. Dabei findet er, dass das komplette Chordatympani-Antwortprofil einschließlich des Zeitverlaufes der Adaptation nicht von der Kochsalzkonzentration allein bestimmt wird, sondern dass die komplette Reizenergie durch die elektrochemische Potentialdifferenz der Natriumionen an der apikalen Rezeptormembran gegeben ist. Auf dieser Erkenntnis beruht die Erklärung der Äquivalenz vom chemischen und elektrischen Geschmack für Natriumsalze. Ausreichend mobile Anionen, wie z.B. das Chloridion, erleichtern die elektroneutrale Diffusion des Natriumsalzes durch die tight junctions und führen zu einer Stimulation der Rezeptorzellen von der submucösen Seite her. Weil die submucösen Interzellularräume nahezu Isopotentialräume sind, ist dieser Effekt unabhängig vom Voltage clamp des Transmembranpotentials.

In dieser Arbeit wird eine konstante Elektrodengröße mit einer Anodenfläche von 20 mm² verwendet. Auf der Zunge existieren sog. rezeptive Felder. Das sind Areale, die von den gleichen Nervenfasern versorgt werden. Dabei finden sich auch Doppelinervationen von Schmeckknospen durch mehrere Nervenfasern. Je größer die gereizte Fläche ist, um so

mehr Fasern sind an der Reizleitung beteiligt. Das bedeutet, dass mit größer werdender Elektrodenfläche die erforderliche Stromdichte geringer wird. Ajdukovic (1984) fand, dass die Größe der Elektrodenfläche deshalb relativ unkritisch ist. Eine größere Fläche erbringt keine besseren Schwellenwerte. Schwellenveränderungen bei Verwendung einer konstanten Elektrodenfläche werden so durch eine Veränderung der Rezeptordichte erklärbar. Das ist eine mögliche Begründung der Schwellenverschiebung bei epithelialer Dysgeusie.

Neben der räumlichen Integration spielt die zeitliche Integration eine Rolle. Bei direkter Beeinflussung der Rezeptormembran spielen Diffusionszeiten von Schmeckstoffen keine Rolle, wohl aber die Zeit für die Reiztransformation und die zentrale Leitungs- und Verarbeitungsgeschwindigkeit. Dieser Aspekt scheint bei insulinpflichtigen Diabetikern die Ursache für die deutliche Schwellenerhöhung einmal direkt im Vergleich zu Nichtdiabetikern gleichen Alters zu sein sowie die progrediente Schwellenerhöhung im zeitlichen Verlauf zu erklären (Le Floch, 1992).

5.2 Material und Methoden

Für diese Arbeit wurden insgesamt 291 Probanden und Patienten untersucht. Zur Erstellung der Bezugswerte für gesunde Personen konnten 156 Probanden gewonnen werden. Pro Altersjahrzehnt wurden je 10 weibliche und 10 männliche Personen ausgewählt. Für die Altersgruppe 8 (über 70 Jahre) konnten 10 weibliche, aber nur 6 männliche Personen in die Auswertung einbezogen werden. Den Probanden wurden die Zielstellung der Untersuchungen und die Testabläufe erläutert. Nach Zustimmung zur Teilnahme an den Tests erfolgte die Schwellenbestimmung mit dem Elektrogustometer „Halle II“ und die chemogustometrische Untersuchung mit der Sondenmethode. Anschließend wurde die Computergustometrie durchgeführt. Die Dauer der Untersuchung am PC schwankte von 8 bis 27 Minuten. Besonders bei Kindern war eine wiederholte Motivierung bzw. Kontrolle der Reaktionen durch Blanks notwendig. Kinder konnten ab dem 6. Lebensjahr erfolgreich untersucht werden. Für jüngere Kinder war die Reizeinordnung nicht möglich. Die chemogustometrischen Untersuchungen mit Lösungen in vier Verdünnungsstufen für die Qualitäten süß, sauer, salzig und bitter wurden in die Arbeit mit einbezogen, um einen Vergleich der von den Probanden erreichten Werte zu den Normwerten von Roseburg und Fikentscher zu haben. Die Probanden wurden unabhängig von den erreichten Schwellenwerten der Prüfung mit dem Elektrogustometer „Halle II“ und der Prüfung am PC-Elektrogustometer unterzogen. Lag der Proband am „Halle II“ oberhalb des Messbereiches, konnte auch am PC-Elektrogustometer keine Kennlinie erstellt werden. Dieses Problem trat bei der Untersuchung der Patienten mit Malignomen relativ häufig schon bei der präoperativen Erstuntersuchung auf (n= 12 nicht auswertbar). Bei der Auswahl der gesunden

Probanden kam es nur in 4 Fällen vor. Die Patienten hatten neben chemisch unauffälligen Werten elektrogustometrisch weit über der Altersnorm liegende Schwellenwerte im sensiblen Bereich. Die Anamnese ergab keine Hinweise für die Ursache. Hier wurde jeweils ein Versuch der Kennlinienerstellung unternommen. Insgesamt waren 17 gesunde Probanden nicht für die Untersuchung am PC-Elektrogustometer geeignet. Neben Konzentrationsproblemen (n = 6) war einmal Stromangst und einmal das Unvermögen, die Zunge ruhig zu halten, der Grund für das Verwerfen der Ergebnisse. Bei einem Kind traten Seitendifferenzen auf, deren Ursache unklar blieb und bei vier Patienten wurden Schwellenwerte im sensiblen Bereich erhalten (8 Jahre, 34 Jahre, 55 Jahre, 76 Jahre alt), die auch in der Kontrolle pathologisch waren.

Bei Patienten mit peripheren Fazialispareesen waren die Messergebnisse von acht Personen aufgrund von beidseits im sensiblen Bereich verbleibenden Messwerten (n = 6) und mangelhafter Konzentration (n = 2) nicht auswertbar.

5.3 Altersabhängigkeit

Aus zahlreichen Arbeiten (Glanville, 1964; Berndt, 1966; Roseburg, Fikentscher, 1973; Rollin, 1975; Matsuda, 1994; Murphy, 1995; Stevens, 1995; Schiffman, 1997; Klimek, 2000) ist eine altersabhängige Veränderung des Schmeckvermögens bekannt. Im Gegensatz zum Riechvermögen konnte ein geschlechtsspezifischer Unterschied nicht eindeutig nachgewiesen werden. Wie alle Sinnesmodalitäten des Menschen sind die altersabhängigen Leistungseinschränkungen großen individuellen Schwankungen unterworfen.

Erkrankungen wie z. B. der Diabetes mellitus haben einen großen Einfluß auf das Schmeckvermögen. Untersuchungen zur Schmeckfähigkeit ergaben eine deutliche Schwellenerhöhung bei insulinpflichtigen Diabetikern im Vergleich zu gleichaltrigen Nichtdiabetikern. Besonders die elektrogustometrischen Schwellenwerte zeigten große Differenzen (Le Floch, 1992). In unserer Arbeit haben wir zum Ausschluss krankhafter Veränderungen durch Stoffwechselerkrankungen eine sorgfältige Anamnese erhoben. Ein definitiver Ausschluss durch Laboruntersuchungen wurde nicht durchgeführt.

Die erwartete Altersabhängigkeit konnte in der Arbeit nachgewiesen werden. Die interindividuelle Streuung innerhalb der Altersgruppe war ausgeprägter, als eigene Voruntersuchungen vermuten ließen. Eine Erklärung könnte in der Schwankung der Papillenzahl liegen, die in den histologischen Untersuchungen jüngerer Patienten gefunden wurde (Klimek, 2000). Die Papillenzahl soll mit der Schmeckempfindlichkeit korrelieren. Die altersbedingte Reduktion des Schmeckvermögens wurde lange Zeit auf eine Abnahme der Gesamtzahl oder der Dichte von Schmeckknospen zurückgeführt (Mistretta, 1984,

Bruchmüller, 1976). Diese Abnahme der Papillenzahl konnte in anderen histologischen Untersuchungen nicht nachgewiesen werden (Miller, 1988). Bei den älteren Probanden zeigte sich, dass das biologische Alter einen größeren Einfluss auf die Schwellenwerte und die Kurvengestalt hatte als das chronologische Alter. So wurden in Einzelfällen in Gruppe 7 Schwellenwerte erreicht, die den Ergebnissen in Gruppe 4 oder 3 entsprachen. Auch die Dynamik der Schmeckempfindung entsprach der jüngerer Probanden. Zur Erklärung der nichtlinearen Altersveränderungen können Ergebnisse morphologischer Studien von Verdu et al. (2000) und Smith (1988) herangezogen werden. Untersuchungen an peripheren Nerven zeigten eine Abnahme von myelinisierten und unmyelinisierten Nerven im Alter. Bei myelinisierten Fasern kommt es zur Demyelinisation und Auftreibungen in den Myelinscheiden, welche durch die verminderte Expression von Major-Myelinproteinen verursacht werden. Die Nervenleitgeschwindigkeit und der endoneurinale Blutfluss nehmen ab, Schäden werden langsamer repariert. Im ZNS treten drei charakteristische Altersveränderungen in Erscheinung: Defizite in der Regulation des Kalziumspiegels der Nervenzelle, erhöhte Leckage für synaptische Transmitter und Veränderungen in der neuronalen Verzweigung. Alle diese Veränderungen verlaufen nicht linear-progressiv und individuell verschieden in ihrer Ausprägung.

Die von uns gefundenen elektrogustometrischen Schmeckschwellen bei 500 ms liegen in etwa im Bereich der von Roseburg und Fikentscher (1977) ermittelten Werte. Andere Autoren geben deutlich niedrigere Schwellenwerte an (Murphy, 1995). In seinem Probandenkollektiv erreichten die jüngeren Teilnehmer im Alter von 19 – 27 Jahren ($n = 15$) eine elektrische Schwelle von $-5,7$ dBg. In eigenen Voruntersuchungen (Marian, 1997) hatten die Probanden in der Gruppe 1 (6 – 10 J.) einen Medianwert der rechten Zungenseite von -5 dBg (links $-2,5$ dBg) bei einer Reizzeit von 500 ms erreicht. Nach Komplettierung der Gruppe auf 20 Probanden und Ausschluss von Untersuchungen mit Messwertlücken konnte eine Schwelle von $0,8$ dBg nachgewiesen werden. Die Anzahl der Probanden hat bei der Kleinheit der einbezogenen Gruppen einen entscheidenden Einfluss. In der älteren Patientengruppe ($n = 17$, 64 – 85 Jahre) wurde in der Arbeit von Murphy (1995) eine Schwelle von $2,1$ dBg bei einer Reizzeit von 500 ms erreicht. Stillman et al. (2000) fanden bei einem Patientenkollektiv von 97 Probanden (17 – 63 Jahre) eine elektrische Schwelle von $3,06 \mu\text{A}$ ($0,2$ dBg) bei 500 ms, bei 750 ms Reizzeit lag die Schwelle bei $3,82 \mu\text{A}$ ($2,1$ dBg). In der Arbeit von Rollin (1973) wird als elektrische Geschmacksschwelle nur allgemein der Wert $9 \mu\text{A}$ ($s = 10$) für den Bereich „vordere Zunge“ angegeben. Bei Tomita et al. (1972) sind $8 \mu\text{A}$ ($s = 5$) aufgeführt.

Die maximale Seitendifferenz tritt in Altersgruppe 4 mit $4,8$ dBg auf. Die Differenzen von 4 bis 6 dBg werden in der Literatur als kontrollbedürftig angegeben, eine pathologische

Seitendifferenz findet sich erst bei Werten größer als 6 dBg (Fikentscher, 1977, Gudziol, 1980). Im Seitenvergleich zeigt sich innerhalb der Altersgruppen eine Tendenz zu höheren Schwellen bei der Untersuchung der linken Seite. Vermutlich ist das Nachlassen der Konzentration die Ursache für diese Tendenz, die jedoch statistisch nicht signifikant ist. Auch in unseren Untersuchungen an je 10 Patienten mit Testbeginn an der rechten Zungenseite versus 10 Patienten mit Beginn links konnte keine eindeutige Tendenz zeigen. Erhebungen bzw. Untersuchungen zur Händigkeit der Probanden wurden nicht durchgeführt. In der Literatur konnten im Gegensatz zum Riechvermögen ebenfalls keine statistisch signifikanten Seitenunterschiede der Schmeckschwelle in Bezug auf die Händigkeit gefunden werden (Mc Mahon, 2001). In anderen Arbeiten wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Händigkeit und Schmeckschwelle festgestellt (z.B. Wolinski, 1996). Untersuchungen zur corticalen Antwort nach elektrogustometrischer Reizung zeigten keine Beziehung zwischen der stimulierten Zungenseite und der aktivierten Hemisphäre (Barry, 2001).

Die Tabelle 13 zeigt eine Auswahl von Schwellenwerten aus der Literatur. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind als Mittelwerte der rechten Zungenseiten der 20 Probanden pro Altersjahrzehnt aufgeführt. Die Mittelwerte wurden gewählt, um einen Vergleich zu den anderen Autoren zu ermöglichen. Desweiteren besteht zwischen Mittelwert und Medianwert z.T. nur eine minimale Differenz. Angaben der anderen Autoren in μA wurden zum besseren Vergleich in dBg umgerechnet.

Tabelle 13: Elektrogustometrische Schwellen

Altersgruppe	Marian		Fikentscher	Lobb et al.	Saito et al.	Berndt et al.
	Rechte Seite(dBg)	Linke Seite(dBg)	1980 dBg	2000 Rechte Seite(dBg)	2001 Rechte Seite(dBg)	al. 1966 dBg
1 (6- 10 J.)	0,8	1,0	2 – 4		0,5	Alter 5-20J. 21,1
2 (11- 20 J.)	4,5	6,0	4 – 7		0,5	
3 (21- 30 J.)	13,8	13,5	7 – 12			Alter 21-40 J.: 19,7
4 (31- 40 J.)	15,5	20,3	12 – 15	-4,0		
5 (41- 50 J.)	14,8	16,8	15 – 20	7,1		Alter 41-60 J.: 25,6
6 (51- 60 J.)	17,8	17,8	20 – 23		2,5	
7 (61- 70 J.)	19,5	21,7	23 – 28		12,5	Alter > 60J. 32,0
8(über 70 J.)	21,6	25,0	28 – 32			

Es wurden von einigen Autoren nur sehr kleine Patientenzahlen untersucht. So finden sich in den Arbeiten von Lobb und Saito nur Werte von Einzelpersonen. Rollin (1973) führte die Schwierigkeit der Erstellung von Normwerten bezogen auf das Lebensalter als Begründung für die zögerliche Veröffentlichung von „Normwerten“ an.

5.4 Test-Retest-Ergebnisse

Die Test-Retest-Untersuchungen wurden mit 12 Probanden mit einer Altersspanne von 19 bis 56 Jahren durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten im Abstand von zwei Tagen. Die Test-Retest-Untersuchungen zeigten die bereits von Fikentscher (1977) erhaltenen Schwankungen auf. Anhand des Kurvenparameters S_{mx} konnte jedoch eine relative Stabilität auch über Jahre an einzelnen Testpersonen nachgewiesen werden. Hier liegt ein Parameter vor, der einen Vergleich zu Voruntersuchungen und eine Einordnung zum Lebensalter im Zusammenhang mit der Koordinate S_{my} als Mittelpunkt der Geraden im Übergangsbereich erlaubt. Die in der Literatur beschriebene Schwellenabsenkung durch wiederholte Testungen (Lobb, 2000) trat in unserem Patientengut nicht auf.

Interessant ist, dass nicht allein die Schwelle bei Reizzeiten ab 500 ms mit zunehmendem Alter ansteigt, sondern dass die Kurvengestalt sich wandelt. Der Dynamikbereich wird mit fortschreitendem Alter kleiner, d.h. die Differenz zwischen sensibler Empfindung und sensorischer Schwelle bei langen Reizzeiten wird kleiner. Weiterhin verschiebt sich der Eintritt in den sensiblen Messbereich mit zunehmendem Alter zu längeren Reizzeiten, der Reiz muss länger am Rezeptor wirken, um eine Antwort auszulösen. Unklar ist, ob diese zeitliche Verschiebung durch das Nachlassen der Ansprechgeschwindigkeit des Rezeptors, der Nervenleitgeschwindigkeit oder zentralen Wahrnehmung zu erklären ist. In der Literatur werden erhöhte Schwellen bei gleichaltrigen Diabetikern gemessen, was die Vermutung einer nervalen Ursache zulässt (Le Floch, 1990 und 1992). Immunhistochemische Untersuchungen von Alzheimer-Patienten zeigten eine statistisch signifikante Abnahme der Nervenfasern innerhalb der Schmeckknospen gegenüber gesunden Kontrollpatienten (Yamagishi, 1995). Die sauer-metallische, elektrische Geschmacksempfindung ist wohl überwiegend an die Funktion der Sauerrezeptoren gebunden. So steigt die elektrische Schwelle bei Störung der „sauer“-Empfindung, während sie bei „süß“-Störung durch Gymnemasäure unbeeinflusst bleibt (Rollin, 1975).

5.5 Patienten mit peripheren Fazialisparesen

Der Seitenunterschied der Schmeckschwelle konnte sehr gut dargestellt werden, eine Auswertung mit dem Kennlinienmodell war jedoch bei höhergradigen Störungen ohne den typischen Kurvenverlauf mit Übergangsbereich nicht möglich, da hier keine Parameter mit dem Excel-Makro zu berechnen waren. Das ist eine Einschränkung der Anwendbarkeit der Methode. Bei der Paarbildung zwischen den Patienten mit Fazialisparese und gleichaltrigen, gleichgeschlechtigen gesunden Probanden war nicht in allen Fällen eine Differenz der Messwerte der Pareseseite zur Probandenseite festzustellen. Diese Diskrepanz ist mit der biologischen Variabilität innerhalb der Altersgruppe zu erklären. Die Compliance der Patienten nach Entlassung war sehr unterschiedlich. Patienten mit größerem Anfahrtsweg kamen nur selten zur dritten Kontrolle. Die hier aufgeführten Daten sind als eine Art „Pilotstudie“ zur Anwendbarkeit der PC-Elektrogustometrie anzusehen. Statistische Aussagen aus dem vorliegenden Material sind nicht sinnvoll.

5.6 Patienten mit Malignomen

Die Messwerte der Malignompatienten lagen bei 80% der untersuchten Fälle oberhalb der sensorischen Schwelle, so dass auch hier eine rechnerische Auswertung mit dem Excel-Makro nicht möglich war. Eine Erklärung für die hohen Schwellenwerte könnten einmal der Tumor im HNO-Gebiet an sich sowie eine Begleitentzündung bzw. Nervenläsion sein. Desweiteren ist die auffällige Hyperkeratose der Zungenoberfläche bei Alkohol- und Nikotinabusus als epitheliale Dysgeusie einzuordnen. Eine Polyneuropathie bei Alkoholikern ist eine weitere nervale Ursache. Ca. 20% der Patienten hatten einen Handtremor oder Probleme, die Elektrode während der gesamten Untersuchungszeit auf dem entsprechenden Zungenareal zu platzieren. Hier wurde die Elektrode durch eine MTA gehalten. Unter der Strahlentherapie kam es ab 20 Gy bei allen Patienten zu einer Mucositis, in Einzelfällen schon ab 10 Gy. Von diesem Zeitpunkt an waren nur noch bei einer Patientin Werte im Messbereich zu erhalten. Eine Erholung der Schmeckfunktion war nach 3 – 6 Monaten festzustellen. In der Literatur wird ein Zeitraum von 2 Wochen bis 6 Monaten angegeben (Rollin, 1975).

Klinisch bedeutsam ist der Aspekt der Schmeckstörung bei Karzinompatienten bezüglich des Gewichtsverlustes. Die Störung der Chemosensorik wird von den Patienten als Einschränkung der Lebensqualität erlebt, was in verschiedenen Studien erwähnt wird (z. B. Seifert, 1998). Interessant ist, dass nicht nur bei den Patienten mit Malignomen im HNO-Bereich eine deutliche Erhöhung der Schmeckschwellen gegenüber gesunden Vergleichspersonen auftritt, sondern auch bei Patienten mit Karzinomen der Lunge, des Ovars und der Brust (Ovesen, 1991).

6 Schlussfolgerungen

Die Untersuchung mit dem PC-Elektrogustometer ist jederzeit durchführbar mit dem Kriterium der einstündigen Nahrungs- und Nikotinkarenz. Der zeitliche Aufwand von durchschnittlich 14 Minuten ist akzeptabel. Die Untersuchungseinheit kann an jeden handelsüblichen PC angeschlossen werden. Die Kurvenform in Anlehnung an das Tonschwellenaudiogramm ist anschaulich und bei wiederholter Messung gut vergleichbar. Der Parameter Smx bleibt bei wiederholten Untersuchungen auch über Jahre (bis 5 Jahre in der vorliegenden Arbeit) relativ stabil. Zusammen mit der Koordinate Smy ist so ein Vergleich zu Voruntersuchungen möglich sowie ein Vergleich in Bezug zum Lebensalter.

Der Seitenunterschied bei Patienten mit Fazialisparese lässt sich sehr gut darstellen. Ein Vergleich bei Kontrolluntersuchungen zur Aufzeichnung der Erholungstendenz ist grafisch anschaulich möglich. Die Wiederkehr des Schmeckvermögens geht der Restitution der Muskelbewegung voraus (Celestino et al., 1983). Eine (vorsichtige) Einschätzung der Prognose der Lähmung soll somit möglich sein.

Eine eingeschränkte Anwendbarkeit besteht bei Patienten mit Hyperkeratose der Zunge, Sicca-Syndromen und Tremor der Hand bzw. Zunge sowie bei Kindern unter 6 Jahren. Eine Auswertung der Kennlinien mit dem Excel-Makro ist bei höherem Schmeckverlust ohne die typische Dreiteilung in den oberen Sättigungsbereich, den Übergangsbereich und den unteren Sättigungsbereich nur eingeschränkt möglich. Hier können nur die Messwerte, nicht die Kurvenparameter, zum Vergleich mit Bezugswerten herangezogen werden. Für Malignompatienten erscheint die Methode bis auf wenige Ausnahmen ungeeignet. Die Ergebnisse der Untersuchung der Malignompatienten und der Fazialispatienten lässt eine Tendenz erkennen, eine statistische Auswertung ist anhand der Kleinheit des Patientenkollektivs nicht sinnvoll.

Elektriker als Berufsgruppe sind für die PC-Elektrogustometrie aufgrund ihrer „Unempfindlichkeit“ für minimale Ströme ungeeignet.

Die klinische Anwendung außerhalb des HNO-Gebietes z.B. zum Screening bei Patienten mit Diabetes mellitus zur Früherkennung einer Polyneuropathie wäre eine interessante, nichtinvasive Bereicherung der Diagnostik. Denkbar ist auch der Einsatz bei neurologischen Erkrankungen mit Beteiligung der Schmeckbahn.

Der Einsatz der Elektrogustometrie sollte gemeinsam mit der Chemogustometrie wieder breitere Anwendung finden, da mit Hilfe beider Methoden eine bessere Beurteilung des Schmeckvermögens möglich ist als mit einer Methode allein.

7 Zusammenfassung

Störungen des Schmecksinnes sind häufig Begleiterscheinung von Krankheiten, Nebenwirkungen von Medikamenten oder Folgen von therapeutischen Maßnahmen. Störungen des Geschmacks und Geruchs haben eine deutliche Einschränkung der Lebensqualität zur Folge. So leiden z. B. rund zwei Millionen Amerikaner an Störungen des chemosensorischen Systems (Spielman, 1998). Die Schmeckprüfung ermöglicht in Kombination mit der Riechprüfung eine Verifizierung und Quantifizierung der Störung.

Die Elektrogustometrie als Untersuchungsform mit inadäquaten elektrischen Reizen ist neben der chemischen Prüfung im klinischen Bereich präsent. Anerkannt ist neben der absoluten Schwellenbestimmung besonders die Erfassung der Seitendifferenz der Schwellen des elektrischen Schmeckvermögens. Einige Autoren sehen hierin die einzige Indikation. Für Berndt (1966) genügten die mittels Elektrogustometrie erhaltenen Schwellenwerte zur Einschätzung der Funktion des Schmeckorgans, da bei einer Schädigung der Schmeckrezeptoren oder ihrer sensorischen Fasern praktisch alle Geschmacksqualitäten betroffen sind. Von Yaginuma et al. (1996) wird die Elektrogustometrie zur präoperativen Untersuchung vor Ohroperationen zur Vorhersage der Beschaffenheit des posterior-superioren Bereichs des Mesotympanons genutzt.

In dieser Arbeit wurde die Ermittlung der sog. elektrischen Schmeckkennlinien von gesunden Vergleichspersonen in Abhängigkeit zum kalendarischen Alter dargestellt und mit Ergebnissen von Patienten mit peripheren Fazialispareesen und Malignomen des Kopf-Hals-Bereiches verglichen. Die Kennlinien liefern mehr Informationen über das Sinnesorgan als der bisher übliche einzelne Messwert bei 500 ms. Die Kennlinienapproximation mit einem Excel-Makro („Drei-Geraden-Modell“) zeigt Kurvenparameter auf, die neben der Bestimmung der sensorischen Schwelle auch Informationen über die Ansprechgeschwindigkeit der Schmeckrezeptoren liefern.

Zur Erstellung der Vergleichswerte wurden je 10 männliche und 10 weibliche Probanden pro Dezennium im Altersbereich von 6 Jahren bis 87 Jahren untersucht. Die älteste Gruppe über 70 Lebensjahre umfasst neben den 10 weiblichen nur 6 männliche Probanden, da durch Nebenerkrankungen und Medikamenteneinnahme die Anzahl der geeigneten Personen stark eingeschränkt ist.

Die Probanden wurden nach gesundheitlichen Kriterien, ihrem Willen und ihrer Fähigkeit zur konzentrierten Mitarbeit ausgewählt. Die Probanden durften eine Stunde vor dem Untersuchungsbeginn nicht essen, trinken, rauchen oder Kaugummi kauen und Zähne putzen.

Die Untersuchungen erfolgten zur gleichen Tageszeit unter konstanten Raumbedingungen. Die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse wurde durch den Test-Retest an 12 Probanden und die Wiederholung der Untersuchung im jährlichen Abstand an 6 Probanden nachgewiesen.

Die erhaltenen Messwerte und die berechneten Kurvenparameter wurden jeweils zwischen den Altersgruppen verglichen, die Messwerte wurden zusätzlich innerhalb der Altersgruppen auf geschlechtsspezifische Unterschiede und Seitenunterschiede geprüft. Zur Veranschaulichung des Datenmaterials wurden die Messwerte deskriptiv-statistisch als Box-Whisker-Plots dargestellt. Hier zeigt sich der erwartete Schwellenanstieg mit zunehmendem Lebensalter, allerdings nicht kontinuierlich, sondern in Stufen. Zwischen Gruppe 1 und 2 bestehen keine Unterschiede. Nur zwischen Gruppe 2 (11 – 20 Jahre) und Gruppe 3 (21 – 30 Jahre) kann ein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. In unserem Probandengut steigt hier die Schmeckschwelle deutlich an. Ab Gruppe 3 erhöhen sich die Mittelwerte der Schwellen weiter, aber geringfügiger in ihrem Ausmaß zur jeweils benachbarten Gruppe. Von Gruppe 7 zu Gruppe 8 kommt es wieder zu einem deutlicheren Schwellenanstieg. Diese Verläufe können sowohl anhand der Messwertvergleiche als auch im Vergleich der berechneten Kurvenparameter nachgewiesen werden. Die Kurvenparameter S_{my} , (A_x, A_y) als Koordinaten des Übergangspunktes bei langen Reizzeiten, Δy und der $\tan \alpha$ der Geraden des Übergangsbereiches zeigen eindrucksvoll den Schwellenanstieg und die Abnahme des Dynamikbereiches der Schmeckempfindung. Der statistische Vergleich innerhalb der Altersgruppe mit dem Wilcoxon-Test konnte keine signifikante Differenz zwischen rechter und linker Zungenseite nachweisen ($p > 0,05$). Die statistische Untersuchung zum geschlechtsspezifischen Schwellenverlauf mit dem Mann-Whitney-Test zeigte in fünf der acht Altersgruppen keinen signifikanten Unterschied ($p > 0,05$), in den übrigen drei Gruppen gab es statistische Unterschiede ($p < 0,05$).

Die PC-Elektrogustometrie ist in einem zeitlichen Rahmen von ca. 14 Minuten im klinischen Alltag einsetzbar. Die Untersuchungseinheit kann an jeden handelsüblichen PC angeschlossen werden. Hinsichtlich der Akzeptanz der Methode gab es keine Einschränkungen. Aufgrund der Anforderungen der Methode an die Probanden ist das Einsatzgebiet beschränkt. Kinder unter 6 Jahren waren mit der Testung überfordert. Bei Malignompatienten ist bis auf wenige Ausnahmen keine Schwellenmessung möglich. Zur Berechnung der Kurvenparameter muss die Kennlinie einen charakteristischen Verlauf mit mindestens acht Messwerten und ohne Wiederanstieg der Werte bei langen Reizzeiten haben.

Zur Verlaufskontrolle bei Patienten mit peripheren Fazialispareesen ist die Methode gut geeignet. Die Vorteile der Elektrogustometrie sind die Möglichkeiten der quantitativen Kontrolle der Stimulusintensität, der konstante Testbereich, die relativ kurze Testzeit und die Aufdeckung von Seitenunterschieden und damit geringen, vom Patienten nicht bemerkten Störungen. Nachteilig ist das o.g. eingeschränkte Einsatzfeld bei Kleinkindern und Malignompatienten sowie bei hochgradigen Schmeckstörungen. Die Reizqualität ist für die Patienten schwerer einzuordnen als die der Lösungen bei der Chemogustometrie. Die Erweiterung des Einsatzgebietes der Elektrogustometrie über das Fachgebiet der HNO-Heilkunde hinaus ist nach den in der Literatur angegebenen Ergebnissen bei Patienten mit diabetischer Polyneuropathie als sinnvoll anzusehen. Die Anwendbarkeit in der Diagnostik neurologischer Erkrankungen mit Beteiligung der Schmeckbahn wäre in einer gesonderten Arbeit zu untersuchen.

8 Literaturverzeichnis

1. Ahne G, Erras A, Hummel T, Kobal G: Assessment of gustatory function by means of tasting tablets. *Laryngoscope* 110 (2000) 1396-1401
2. Ajdukovic D: The relationship between electrode area and sensory qualities in electrical human tongue stimulation. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 98 (1984) 152-157
3. Barlow LA, Chien CB, Northcutt RG: Embryonic taste buds develop in the absence of innervation. *Development* 122 (1996) 1103-1111
4. Barry MA, Gatenby JC, Zeiger JD, Gore JC: Hemispheric dominance of cortical activity evoked by focal electrogustatory stimuli. *Chem Senses* 26 (2001) 471-482
5. Bekesy G: Sweetness produced electrically on the tongue and its relation to taste. *J Appl Physiol* 19 (1964) 1105-1113
6. Bergasa NV: Hypothesis: Taste disorders in patients with liver disease may be mediated in the brain: Potential mechanism for a central phenomenon. *Am J Gastroenterol* 93 (1998) 1209-1210
7. Berndt H, Gerhardt H J, Wagner H: Zur klinischen Elektrogustometrie – Die Abhängigkeit der Geschmacksschwelle vom Alter. *HNO* 14 (1966) 340-343
8. Bonkowski V, Arnold W: Pathogenetische Aspekte bei der idiopathischen Fazialisparese. *HNO* 44 (1996) 477-487
9. Bruchmüller W, Fikentscher R, Roseburg B: Histologische Untersuchung zur Altersdegeneration der Geschmacksknospen in den Wallpapillen des Menschen. *Wiss Z Univ Halle* (1976) 184-188
10. Bromley SM: Smell and taste disorders: a primary care approach. *Am Fam Physician* 61 (2000) 427-436
11. Celestino D, Ralli G, Gagliardi M, Magliulo G: Studio della variabilità della soglia elettrogustativa nei soggetti sani. *Acta Otolaryngol Ital* 3 (1983) 175-182
12. Chaturvedi VN, Marathe MS und NG: Electrogustometry in oral submucous fibrosis. A study in 50 cases. *Indian J Dent Res* 3 (1992) 90-93
13. Chou HC, Chien CL, Huang HL, Lu KS: Effects of zinc deficiency on the vallate papillae and taste buds in rats. *J Formos Med Assoc (China)* 100 (2001) 326-335

14. Coats AC: Effects of age, sex and smoking on electrical taste thresholds. *Ann Otol Laryngol* 83 (1974) 365-369
15. Comeau TB, Epstein JB, Migas C: Taste and smell dysfunction in patients receiving chemotherapy: a review of current knowledge. *Support Care Cancer* DOI 10.1007/s005200100279 Article in HTML Published online: 27 July 2001 Springer Verlag
16. Coyas A , Varonos D: Taste sensivity in chronic throat infections. *Eye Ear Nose Throat Monthly* 49 (1970) 10-12
17. Deems DA, Doty RL, Settle G, Moore–Gillon V et al.: Smell and taste disorders, a study of 750 patients from the university of Pennsylvania Smell and Taste Center. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 117 (1991) 519-528
18. Fikentscher R, Roseburg B, Hanson J: Die Bewertung einer quantitativen Geschmackprüfung mit adäquaten Reizen. *Mscr Ohrenhk (Wien)* 107 (1973) 208-217
19. Fikentscher R, Spinar H, Bruchmüller W: Zur geschlechtsspezifischen Altersabhängigkeit des Geschmacksvermögens. In: Kaiser-Meinhardt I, Wendler J (Hrsg.): *Geriatrische Aspekte der HNO-Heilkunde*. Thieme Verlag, Leipzig, 1976
20. Fikentscher R, Kielwagen S, Laukner I, Roseburg B: Kurzzeitige Schwankungen der Geruchs- und Geschmacksempfindlichkeit des Menschen. *Wiss Z Univ. Halle* (1977) 93-98
21. Fikentscher R: Klinische Gustologie. In: Roseburg B, Fikentscher R (Hrsg.): *Klinische Olfaktologie und Gustologie* .Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1977, S. 79-141
22. Fruhstorfer H: Chemische Sinne. In: Klinke R, Silbernagl S (Hrsg): *Lehrbuch der Physiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart,New York, 1996, S. 611–617
23. Ganchrow JR: Taste cell function. Structural and biochemical implications. *Physiol Behav* 69 (2000) 29-40
24. Glanville E V , Kaplan A R , Fischer R: Age, sex and taste sensivity. *J Geront* 19 (1964) 474-478
25. Grant R, Ferguson MM, Strang R, Turner JW, Bone I: Evoked taste thresholds in a normal population and the application of electrogustometry to trigeminal nerve disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatrie* 50 (1987) 12-21

26. Gudziol H: Hirnnervendiagnostik mit Hilfe der Elektrogustometrie. *Z Ärzt Fortbild* 74 (1980) 1049-1050
27. Gudziol H: Funktionsdiagnostik des N. petrosus major mit Hilfe der Elektrogustometrie des weichen Gaumens und des Schirmer-Testes. *Laryngo-rhinotologie* 61 (1982) 184-185
28. Gudziol H, Fikentscher R: Verlaufsuntersuchungen an Patienten mit einem posttraumatischen Anosmie-Ageusie-Syndrom. *HNO Praxis* 11 (1986) 45-50
29. Haberland EJ, Fikentscher R, Roseburg B: Empfehlungen zur Standardisierung von Elektrogustometern. *HNO Praxis* 4 (1979) 119-122
30. Haberland EJ: A new technique of electrogustometry using variable duration of single pulses. *Chem Senses* 22 (1997) 606
31. Haberland E J, Seeber H, Gudziol H: Der Schmecksinn. *mta* 14 (1999) 344-350
32. Hatt H: Geschmack und Geruch. In: Schmidt RF, Thews G (Hrsg): *Physiologie des Menschen*, 26. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1995, S.316-321
33. Helmbrecht J: Psychophysik des elektrischen Geschmacks: Qualitäts- und Intensitätsbeziehungen. *Arch klin exp Ohr Nas Kehlk Heilk* 192 (1968) 314–324
34. Henkin RI, Martin BM, Agarwal PR: Decreased parotid saliva gustin/ carbonic anhydrase VI secretion: an enzyme disorder manifested by gustatory and olfactory dysfunction. *Am J Med Sci* 318 (1999) 380-391
35. Herberhold C, Westhofen M: Zur Schadenstopik des Anosmie-Ageusie-Syndroms. *Laryng Rhinol* 59 (1980) 570-574
36. Herberhold C: Geruchs- und Geschmacksstörungen. In: H. Ganz, W. Schätzle (Hrsg.): *HNO Praxis Heute* 13, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1993, S.67-79
37. Herness MS: Neurophysiological and biophysical evidence on the mechanism of electric taste. *J Gen Physiol.* 86 (1985) 59-87
38. Hoffman HJ, Ishii EK, MacTurk RH: Age-related changes in the prevalence of smell/ taste problems among the United States adult population. Results of the 1994 disability supplement to the National Health Interview Survey (NHIS). *Ann N Y Acad Sci* 855 (1998) 716-722
39. Hummel T , Erras A , Kobal G: A test for the screening of taste function. *Rhinology* 35 (1997) 146-148

-
40. Hummel T, Mohammadian P, Kobal G: Handedness is a determining factor in lateralized olfactory discrimination. *Chem Senses* 23 (1998) 541-544
 41. Hüttenbrink KB: Riech- und Schmeckstörungen – Bewährtes und Neues zu Diagnostik und Therapie. *Laryngo-rhino-otologie* 75 (1997) 506-514
 42. Jäger U: Eine neue Methodik für klinische Geschmacksprüfungen unter Berücksichtigung psychophysischer Gesetze. *Med. Diss., Hamburg, 1997,*
 43. Jungehülsing M, Guntinas–Lichius O, Stennert E: Rehabilitation der anhaltenden Fazialislähmung Teil 1. *HNO* 49 (2001) 418-426
 44. Kaplan AR, Glanville EV, Fischer R: Cumulative effect of age and smoking on taste sensitivity in males and females. *J Geront* 20 (1965) 334-337
 45. Kawaguchi H, Murata K: Electric gustatory threshold in diabetics and its clinical significance. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 98 (1995) 1291-1296
 46. Kitagoh H, Tomita H: Healing process of taste receptor disturbance. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 98 (1995) 267-280
 47. Klimek L, Moll B, Kobal G: Riech- und Schmeckvermögen im Alter. *Dt Ärzteblatt* 97 (2000) 911-918
 48. Klinke R, Silbernagl S: *Lehrbuch der Physiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1997
 49. Krarup B: Electrogustometry. A method for clinical “ taste examinations”. *Acta Otolaryng. (Stockh.)* 49 (1958) 294-305
 50. Krimm RF, Hill DL: Early dietary sodium restriction disrupts the peripheral anatomical development of the gustatory system. *J Neurobiol* 39 (1999) 218-226
 51. Kuga M, Ikeda M, Suzuki: Gustatory changes associated with the menstrual cycle. *Physiol Behav* 66 (1999) 317-322
 52. Levy LM, Henkin IR, Lin Cs, Finley A, Schellinger D: Taste memory induces brain activation as revealed by functional MRI. *J Comput Assist Tomogr* 23 (1999) 499-505
 53. Le Floch JP, Lelievre G, Verroust J, Philippon C, Peynegre R, Perlemuter L: Factors related to the electric taste threshold in type 1 diabetic patients. *Diabet Med* 7 (1990) 526-531

-
54. Le Floch JP, Lelievre G, Labroue M, Peynegre R, Perlemuter L: Early detection of diabetic patients at risk of developing degenerative complications using electric gustometry: a five- year follow-up study. *EJM* 1 (1992) 208-214
 55. Lelievre G, Le Floch JP, Perlemuter L, Peynegre R: Taste in healthy subjects. Influence of alcohol and tobacco consumption. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 106 (1989) 541-546
 56. Lobb B, Elliffe D M, Stillman J A: Reliability of electrogustometry for the estimation of taste threshold. *Clin Otolaryngol* 25 (2000) 531-534
 57. Marian H, Haberland EJ: Altersabhängigkeit elektrogustometrischer Kennlinien. *Nowiny Lekarskie (Medical News)* 66 (Suppl) (1997) 188-192
 58. McMahon D, Shikata H, Breslin P: Are human taste thresholds similar on the right and left side of the tongue? *Chem Senses* 26 (2001) 875-883
 59. Marinone MG, Merlini G: Reduced taste perception in AL amyloidosis. A frequently unnoticed sensory impairment. *Haematologica* 81 (1996) 110-115
 60. Markison S, St John SJ, Spector AC: Glossopharyngeal nerve transection does not compromise the specificity of taste-guided sodium appetite in rats. *Am J Physiol* 269 (1995) 215-221
 61. Matsuda T, Doty RL: Regional taste sensitivity to NaCl: Relationship to subject age, tongue locus and area of stimulation. *Chem Senses* (1995) 283-290
 62. Meyer D, Hartmann K, Kuhn M: Medikamentös verursachte Geschmacksstörungen. *Schweizerische Rundschau für Medizin (PRAXIS)* 85 (1996) 1468-1472
 63. Miller J J: Human taste buds density across adult age groups. *J Gerontol* 43 (1988) B26-B30
 64. Mistretta CM: Aging effects on anatomy and neurophysiology of taste and smell. *Gerodontology* 3 (1984) 131-136
 65. Mitteilung der Gesellschaft: Arbeitsgemeinschaft „Klinische Olfaktologie und Gustologie“ *HNO-Praxis* (1980) 62-67
 66. Montavon P, Hellekant G, Farbman A: Immunohistochemical, electrophysiological and electron microscopical study of rat fungiform taste buds after regeneration of Chorda tympani through the non- gustatory lingual nerve. *J Comp Neurol* 367 (1996) 491-502

-
67. Murphy C, Qinonez C, Nordin S: Reliability and validity of electrogustometry and its application to young and elderly persons. *Chem Senses* 20 (1995) 499-503
 68. Nagai T et al.: Neuromodulation of transduction and signal processing in the end organs of taste. *Chem Senses* 21 (1996) 353-365
 69. Nakamura H, Azuma H, Kawamoto M, Ito A, Isono M, Murata K: Reliability of electrogustatory threshold-electrogustometry using CNV. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 103 (2000) 1161-1168
 70. Nakazato M, Endo S, Yoshimura I, Tomita H: Influence of aging on electrogustometry thresholds. *Acta Otolaryngol Suppl* 546 (2002) 16-26
 71. Onoda K, Ikeda M: Gustatory disturbance due to cerebrovascular disorders. *Laryngoscope* 109 (1999) 123-128
 72. Ovesen L, Sorensen M, Hannibal J, Allingstrup L: Electric taste detection thresholds and chemical smell detection thresholds in patients with cancer. *Cancer* 68 (1991) 2260-2265
 73. Rijntjes M et al.: Cortical reorganisation in patients with facial palsy. *Ann Neurol* 41 (1997) 621-630
 74. Rollin H: Elektrische Geschmacksschwellen der Zunge und des weichen Gaumens II. Einfluss von Lebensalter, Geschlecht und Rauchgewohnheiten. *Arch Klin Exp Ohr Nas Kehlk Heilk* 204 (1973) 81-88
 75. Rollin H: Funktionsprüfungen und Störungen des Geschmacksinnes. *Arch Oto Rhino Laryng* 210 (1975) 165-218
 76. Rollin H: Die Geschmackstörung als Nebenwirkung einer medikamentösen Behandlung. *Laryng Rhinol* 55 (1976) 873-878
 77. Roseburg B , Fikentscher R: *Klinische Olfaktologie und Gustologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1977
 78. Rosler KM et al.: Electrophysiological characteristics of lesions in facial palsies of different etiologies. A study using electrical and magnetic stimulation techniques. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 97 (1995) 355-368
 79. Saito et al.: Morphological and functional study of regenerated Chorda tympani nerves in humans. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 109 (2000) 703-709

-
80. Saito T et al.: Intraoperative identifikation of regenerated Chorda tympani nerve and its relationship to recovered taste function. *ORL* 63 (2000) 359-365
 81. Schiffman S: Taste and smell losses in normal aging and disease. *JAMA* (1997) 1357-1362
 82. Seiden AM: Taste and Smell Disorders. Thieme New York Stuttgart, 1997, S.128 ff
 83. Seifert E, Bier H, Ganzer U: Die Beurteilung der Lebensqualität von Patienten mit inkurablen Kopf-Hals-Tumoren. *Laryngo-rhino-otologie* 68 (1989) 285-289
 84. Shikama Y, Kato T, Nagaoka U et al.: Localization of the gustatory pathway in the human midbrain. *Neurosci Lett (Ireland)* 218 (1996) 198-200
 85. Small DM, Zatorre RJ, Jones-Gotman M: Changes in taste intensity perception following anterior lobe removal in humans. *Chem Senses* 26 (2001) 425-432
 86. Smith DO: Cellular and molecular correlates of aging in the nervous system. *Exp Gerontol* 23 (1988) 399-412
 87. Spielman AI: Chemosensory function and dysfunction. *Crit Rev Oral Biol Med* 9 (1998) 267-291
 88. Städtler A: Digital steuerbares Elektrogustometer. Diplomarbeit, 1994, Fachhochschule Mittweida
 89. Stevens JC , Cruz LA , Hoffmann JM: Taste sensitivity and aging: high incidence of decline revealed by repeated threshold measures. *Chem Senses* 20 (1995) 451-459
 90. Stillman JA, Morton RP, Goldsmith D: Automated electrogustometry: A new paradigm for the estimation of taste detection thresholds. *Clin Otolaryngol* 25 (2000) 120-125
 91. Stone LM, Tan SS, Tam PPL, Finger TE: Analysis of cell lineage relationships in taste buds. *J Neurosci* 22 (2002) 4522-4529
 92. Suchy BH, Gebhard A, Paulus D: Bildanalysesystem zur Erkennung einer Fazialisparese. *HNO* 49 (2001) 814-817
 93. Thumfart W, Plattig KH, Laumer R: Klinische Erfahrungen mit der Impulsgustometrie, einer neuen elektrischen Geschmacksprüfung im vergleichenden klinischen Einsatz. *Laryng Rhinol* 57 (1978) 134-142
 94. Tomita H, Okuda Y, Tomiyama H, Kida A: Electrogustometry in facial palsy. *Arch Otolaryngol* 95 (1972) 383-390

-
95. Tomita H, Ikeda M, Okuda Y: Basis and practice of clinical taste examinations. *Auris Nasus Larynx* 13 (1986) S1-S15
 96. Verdu E, Ceballos D, Vilches JJ, Navarro X: Influence of aging on peripheral nerve function and regeneration. *J Peripher Nerv Syst* 5 (2000) 191-208
 97. Weise P: Der Einfluß des Alkohols auf das Schmeckvermögen des Menschen. Dissertation. Martin-Luther-Universität Halle, 1986
 98. Wernecke KD: Angewandte Statistik für die Praxis. Addison-Wesley (Deutschland) GmbH 1995
 99. Wilmes E, Landthaler M: Nebenwirkungen von Medikamenten auf Speicheldrüsen und Mundschleimhaut. *Laryng-rhino-otologie* 65 (1986) 470-476
 100. Winkler S et al: Depressed taste and smell in geriatric patients. *J Am Dent Assoc* 130 (1999) 1759-1765
 101. Winkler U: Rhinolaryngologische Funktionsdiagnostik bei irritativer Schadstoffexposition. *Z Ges Hygiene* 36 (1990) 160-165
 102. Witt M, Reutter K: Innervation of developing taste buds. An immunohistochemical study. *Histochem Cell Biol* 109 (1998) 281-291
 103. Wolf SR: Die idiopathische Fazialisparese. *HNO* 46 (1998) 786-796
 104. Wolinski E: Elektrogustometrie und ihre Beziehung zur Lateralität des Menschen. Medizinische Dissertation, Tübingen, 1996
 105. Yaginuma Y, Kobayashi T, Sai Y, Takasaka T: Predictive value of electrogustometry in the preoperative diagnosis of severity of middle ear pathology. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 99 (1996) 1635-1640
 106. Yamagishi M, Takami S, v. Getchell T: Innervation in human taste buds and its decrease in Alzheimer`s disease. *Acta Otolaryngol (Stockholm)* 115 (1995) 678-684
 107. Ye Q, Heck GL, DeSimone JA: Voltage dependence of the rat chorda tympani response to Na⁺ salts: implication for the functional organization of taste receptor cells. *J Neurophysiol* 70 (1993) 167-178
 108. Zuniga JR, Chen N, Miller IJ: Effects of chorda-lingual nerve injury and repair on human taste. *Chem Senses* 19 (1994) 657-665

9 Anhang

Messwerte Gruppe1 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
B-880831	9,4	re			50	50	50	40	40	35	30	20	20	15	15	15
D-871007	10	re		50	50	50	45	45	40	25	20	15	10	0	0	0
E-870602	9,5	re	50	50	40	35	35	25	25	25	20	5	5	5	0	0
G-910426	7,9	re				45	35	40	40	25	30	20	5	5	5	0
W-890301	7,6	re	50	50	35	25	25	25	20	15	10	10	10	5	10	
M-861209	10,2	re		50	50	40	30	30	25	15	15	15	5	5	5	
Q-860926	9,9	re	50	50	35	35	35	25	25	20	15	20	15	10	10	10
S-851214	10,7	re	50	50	50	40	40	35	30	30	25	20	15	10	5	
S-861007	9,1	re	45	40	30	30	25	20	15	10	0	-5	-5	-10	-10	
S-890307	7,5	re	45	45	30	35	35	35	35	15	10	10	5	5	-10	
B-900710	10,4	re	45	40	40	40	30	30	20	20	15	15	10	10	10	
G-880430	8,4	re		45	45	30	30	15	10	5	-5	-10	-20	-20		
H-871107	9,11	re	45	50	40	40	35	30	30	30	10	5	5	5	5	5
L-890325	10,11	re	50	45	40	35	35	25	15	15	15	10	10	0	-5	-5
M-890203	9	re	45	45	40	35	30	30	30	25	25	15	5	-5	-5	-5
M-891027	7,5	re			50	35	35	35	30	30	10	0	-5	-5	0	
M-951009	5,5	re			50	50	50	40	15	15	5	-5	-10	-10	-5	
S-860826	9,1	re		35	40	30	30	30	30	25	15	0	-5	-10	-10	-10
S-871227	7,9	re		50	50	35	25	25	20	20	10	-5	-10	-5	-5	
S-901115	10,4	re	45	35	25	20	20	10	10	10	10	10	5	0	0	0
B-880831	9,4	li			50	45	45	35	35	35	35	30	25	25	20	20
D-871007	10	li		50	50	50	50	45	45	35	35	15	15	0	0	
E-870602	9,5	li	45	45	40	40	35	30	25	25	20	10	0	-5	-5	-5
G-910426	7,9	li		50	50	40	40	40	40	35	20	15	15	10	10	
W-890301	7,6	li	50	50	45	40	30	30	25	20	20	15	10	10	15	
M-861209	10,2	li	45	45	30	25	25	25	15	0	-5	-5	-10	-10	-10	
Q-860926	9,9	li	50	50	40	40	35	35	25	25	20	20	15	15	15	10
S-851214	10,7	li	50	50	45	45	40	35	30	20	10	10	0	-5	0	
S-861007	9,1	li	45	45	25	25	15	15	10	5	0	0	-5	-10	-10	
S-890307	7,5	li	50	45	45	50	45	40	30	25	25	15	10	5		
B-900710	10,4	li	50	35	35	25	25	20	20	20	20	15	15	15	15	
G-880430	8,4	li			40	35	25	20	5	0	0	-5	-10	-10	-15	
H-871107	9,11	li	50	45	35	25	5	15	10	5	-5	-5	5	0	-5	-20
L-890325	10,11	li	50	50	40	25	30	20	15	15	15	15	10	10	5	5
M-890203	9	li	50	50	45	45	45	35	25	20	10	10	5	0	0	
M-891027	7,5	li	50	45	40	35	35	35	35	25	10	0	-5	-5	-10	
M-951009	5,5	li		50	50	40	40	40	30	20	10	5	-5	-10	-10	
S-860826	9,1	li	45	45	35	25	25	25	20	10	5	-5	-5	-10	-10	-10
S-871227	7,9	li		45	40	40	30	25	25	15	5	0	0	-5	-5	
S-901115	10,4	li	50	50	30	25	10	10	10	10	10	10	0	0	-5	-5
		Median	50	47,5	40	35	35	30	25	20	12,5	10	5	0	0	0
		Mittelwert	48,00	46,32	40,92	36,50	32,63	29,25	24,50	19,38	13,63	8,38	4,00	0,88	0,26	0,63
		s	2,50	4,66	7,61	8,64	10,13	9,44	10,05	9,42	10,25	9,70	9,75	9,40	9,08	10,14

Messwerte Gruppe 2 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
A-780606	17,3	re	50	45	40	40	40	30	20	15	0	0	5	-5	-5	0
B-820427	14,2	re	40	40	35	35	30	20	15	10	10	10	10	5	5	0
G-790425	16,5	re		45	45	45	45	45	40	35	30	30	25	25	25	
K-791225	20,7	re	50	50	50	50	40	30	20	5	0	0	0	0	0	5
P-800514	15,11	re				50	50	45	35	30	25	20	15	15	10	10
P-860120	11,1	re		45	35	35	20	10	15	5	0	5	-5	-5	-5	
R-810905	14,8	re	45	45	40	40	40	30	20	20	10	10	5	0	0	5
S-831028	11,1	re			45	35	35	30	30	25	20	15	15	15	20	15
Z-751130	20,9	re			50	45	40	35	25	15	15	10	10	10	0	
V-751014	20,7	re		45	40	40	40	35	30	20	10	15	10	5	5	
B-770313	18,5	re	45	40	40	35	35	30	25	20	15	10	10	0		
F-751203	19,9	re	30	30	30	25	25	25	25	15	5	0	0	0	-5	
H-760202	19,7	re	50	45	40	25	25	25	5	5	0	0	0	0	0	
K-770712	19,8	re	45	45	40	35	35	30	30	25	20	10	10	10	10	5
K-840212	11,9	re			45	45	40	35	30	25	30	30	20	20	15	
M-761104	18,1	re	35	25	15	5	0	-5	-5	-10	-5	-5	0	0	-5	
R-761101	18,9	re			50	50	50	35	30	30	20	25	20	0	10	10
S-760618	19,2	re		40	40	35	35	20	15	15	15	10	10	0	0	0
S-810821	14,1	re	50	45	35	30	25	15	5	0	-5	-5	-10	-10	-20	
W-771222	20,8	re	45	45	40	40	40	35	35	30	15	10	5	10	10	
A-780606	17,3	li	50	50	50	35	35	30	30	20	20	10	5	0	-5	
B-820427	14,2	li	45	45	40	40	40	40	30	15	5	5	5	0	0	10
G-790425	16,5	li	45	45	45	40	35	30	25	25	25	20	20	5		
K-791225	20,7	li	50	45	45	45	45	40	25	25	15	15	15	20	15	
P-800514	15,11	li	50	50	35	35	35	30	30	20	20	20	20	15	10	5
P-860120	11,1	li	50	50	45	35	20	10	10	10	5	5	5	0	0	
R-810905	14,8	li	50	45	35	35	30	30	15	15	10	10	5	5	-5	0
S-831028	11,1	li		50	50	45	35	30	30	30	25	20	20	15	10	
Z-751130	20,9	li			50	40	45	35	30	25	15	15	5	5	5	
V-751014	20,7	li	50	40	35	35	35	30	25	25	10	15	10	10	10	
B-770313	18,5	li	50	50	45	45	35	35	20	20	0	5	5	-10	-5	
F-751203	19,9	li	40	40	35	30	30	25	20	20	10	15	10	5	-5	
H-760202	19,7	li	50	45	45	40	25	25	25	25	15	5	5	5	5	
K-770712	19,8	li	50	50	45	40	35	35	30	20	20	20	10	5	5	5
K-840212	11,9	li	50	50	45	45	40	40	35	30	25	25	30	30	25	
M-761104	18,1	li	35	35	35	20	20	20	15	0	-5	-5	-5	-10	-10	-10
R-761101	18,9	li	50	50	45	35	35	20	15	15	15	15	5	5	5	
S-760618	19,2	li		50	50	50	50	45	35	35	35	25	20	25	20	
S-810821	14,1	li	35	35	35	20	5	5	0	-15	-10	-15	-10	-15	-15	-15
W-771227	20,8	li	45	45	40	40	40	40	35	35	30	15	10	5	10	
		Median	50	45	40	40	35	30	25	20	15	10	10	5	5	5
		Mittelwert	45,71	44,12	41,15	37,25	34,00	29,25	23,50	18,50	13,25	11,13	8,75	5,25	3,82	3,00
		s	5,89	5,96	7,02	9,13	10,69	10,89	10,63	11,67	11,47	10,09	8,97	10,00	10,16	7,75

Messwerte Gruppe 3 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
B-700324	26,11	re			50	50	50	40	35	35	35	40	35	35	35	
F-700910	24,1	re		50	50	50	50	40	40	40	35	35	25	25	15	15
F-711209	29,3	re	50	45	40	40	45	40	35	35	30	20	15	10	10	15
K-660124	29,8	re			50	50	45	45	45	40	40	35	35	30	30	
L-711111	25	re	50	40	35	35	25	30	20	15	10	5	0	0	0	
L-720919	28,6	re			50	50	45	35	35	30	25	20	15	15	15	
M-790104	22,2	re			50	50	45	40	35	35	30	20	20	20	20	
R-670119	29,3	re			45	45	45	40	45	45	35	30	25	30	25	25
S-670915	27,1	re	45	45	40	35	30	25	25	25	25	20	25	25	10	5
S-701002	25,6	re					50	45	45	40	40	35	35	20	20	20
M-650809	30,1	re	45	45	45	40	40	35	25	25	25	20	20	15	15	15
H-670622	29,5	re	50	45	40	35	25	20	15	-5	-5	-15	-20	-20	-20	
J-650408	29,7	re	45	40	40	35	35	30	30	25	15	15	15	20	15	15
K-660404	29,8	re		45	45	40	40	30	15	10	10	5	5	0	-5	-5
K-710406	24,5	re	45	40	40	30	30	25	20	15	5	-5	-10	-5	-5	-5
L-700407	26,2	re	45	45	50	45	40	35	25	30	25	25	15	10	10	
M-690713	25,1	re			45	45	35	50	45	40	35	35	15	10	10	10
N-680630	27,11	re		50	50	45	35	25	30	30	20	20	15	15	15	15
W-691014	28,3	re		45	40	30	20	20	20	20	15	10	5	0	0	
W-730306	22,5	re			50	50	40	40	40	35	35	30	25	15	10	5
B-700324	26,11	li			50	50	50	45	45	45	40	40	35	35	30	30
F-700910	24,1	li			50	45	45	40	40	35	40	35	35	30	25	25
F-711209	29,3	li	45	40	35	35	35	35	30	25	20	20	20	20	20	25
K-660124	29,8	li			50	50	50	45	30	30	20	20	15	15	20	20
L-711111	25	li			50	50	35	30	20	20	15	10	0	-5	-10	
L-720919	28,6	li				40	40	35	35	30	25	20	20	15	15	
M-790104	22,2	li			50	45	45	35	35	30	30	25	20	20	20	
R-670119	29,3	li			50	50	40	35	35	25	25	35	35	25	25	
S-670915	27,1	li	50	40	40	35	35	35	35	30	35	35	35	35	35	35
S-701002	25,6	li			50	40	35	35	35	30	30	30	20	15	20	15
M-650809	30,1	li		50	50	45	40	30	35	35	25	15	25	20	15	15
H-670622	29,5	li	45	45	45	40	30	30	25	-5	-5	-10	-10	-15	-10	
J-650408	30,5	li	50	50	45	40	35	30	30	20	10	15	20	15	15	10
K-660404	29,7	li	50	45	40	35	30	30	20	10	5	5	-5	-10	-10	-10
K-710406	24,5	li	45	40	40	30	30	25	20	15	5	-5	-10	-5	-5	
L-700407	26,2	li		45	40	40	45	40	40	35	30	25	20	15	15	15
M-690713	25,1	li		45	50	50	50	50	45	40	35	35	25	20	20	20
N-680630	27,11	li	45	50	50	45	35	35	25	20	20	15	15	5	5	5
W-691014		li	45	45	40	35	20	20	20	20	10	10	10	0	5	0
W-730306		li		50	45	50	45	45	40	40	35	20	20	20	20	15
		<i>Median</i>	45	45	45	45	40	35	35	30	25	20	20	15	15	15
		Mittelwert	46,88	45,00	45,39	42,31	42,31	34,88	31,63	27,38	23,38	20,00	16,63	13,63	13,63	12,96
		s	2,50	3,61	4,98	6,67	8,34	7,88	9,16	11,87	12,42	13,73	13,98	13,59	12,96	10,94

Messwerte Gruppe 4 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
B-621129	32,11	re		50	50	40	40	30	25	25	20	15	15	15	10	10
D-600328	36	re				45	45	45	40	40	35	30	30	30	30	30
D-610324	39,1	re		50	50	45	35	35	30	25	20	20	20	15	10	15
G-590306	36,6	re	35	40	25	20	20	15	0	0	0	0	-5	-5	-10	
K-560611	39,1	re	45	45	40	40	40	40	30	15	15	10	10	10	10	15
K-580609	37,2	re				50	50	45	45	45	35	35	35	35	35	
K-590510	37,4	re	50	45	45	45	45	40	30	30	25	20	20	20	30	
K-650722	31,4	re	45	45	45	40	35	35	35	30	25	25	20	20	20	
M-670510	34,1	re				50	45	40	30	25	25	10	5	5	5	5
P-640127	33	re			45	40	45	45	40	35	30	35	30	30	30	
A-551122	39,9	re					50	45	50	45	35	35	35	30	30	
A-590419	36,5	re	50	40	40	40	40	30	30	30	25	15	0	5	5	5
M-650808	31,7	re		50	50	45	40	40	35	35	30	25	25	20	20	20
H-560221	39,11	re		50	45	40	35	35	35	30	30	30	25	25	25	
H-561202	39,8	re			50	50	45	45	30	30	25	25	20	15	15	15
K-640409	31,4	re	45	40	40	35	20	15	15	5	-5	-5	-5	-5	-10	-5
K-651108	31,3	re	50	50	45	45	40	40	35	30	25	20	20	15	10	10
S-621013	33,9	re		50	50	35	35	25	20	15	15	15	10	0	5	5
W-571005	40,4	re			45	35	35	40	40	40	40	35	30	10	5	5
W-580823	37	re	50	45	45	45	40	35	30	30	25	25	20	15	10	10
B-621129	32,11	li	50	50	50	50	50	45	45	40	40	35	35	35	30	30
D-600328	36	li					50	45	45	45	35	30	30	25	25	25
D-610324	39,1	li		50	35	35	35	30	30	35	30	25	15	15	15	10
G-590306	36,6	li	35	35	35	35	35	25	20	20	10	10	5	0	0	0
K-560611	39,1	li	45	35	30	30	30	25	25	25	20	15	10	10	5	0
K-580609	37,2	li		50	50	50	50	45	45	45	40	45	45	40	40	40
K-590510	37,4	li	50	50	50	45	45	45	40	40	35	35	30	30	30	
K-650722	31,4	li		50	50	45	35	35	30	30	30	25	25	25	20	
M-670510	34,1	li		50	45	45	45	40	35	35	30	25	10	10	5	5
P-640127	33	li			45	45	45	45	35	35	30	30	35	35	30	
A-551122	39,9	li		45	45	45	45	45	45	45	40	40	40	35	35	35
A-590419	36,5	li		50	50	40	35	30	25	25	20	15	10	10	10	
M-650808	31,7	li				40	35	35	35	35	35	30	30	30	25	25
H-560221	39,11	li			50	45	45	35	35	30	25	20	20	20	20	
H-561202	39,8	li	45	40	35	35	25	25	25	25	25	25	20	20	20	15
K-640409	31,4	li	50	45	40	30	30	25	15	5	5	0	0	-10	-10	-10
K-651106	31,3	li	50	50	45	40	40	30	30	30	30	30	25	20	20	25
S-621013	33,9	li		50	40	40	35	30	30	15	15	15	10	10	10	10
W-571005	40,4	li	40	35	40	40	35	35	35	35	30	25	20	20	15	
W-580823	37	li	50	40	40	40	35	30	30	25	15	20	20	20	5	0
		Median	50	50	45	40	40	35	30	30	25	25	20	20	15	10
		Mittelwert	46,18	45,69	43,68	41,05	39,00	35,50	32,00	29,63	25,38	23,38	20,13	17,88	15,88	15,88
		s	5,16	5,30	6,31	6,38	7,61	8,38	9,66	11,06	10,58	10,88	12,12	12,35	12,35	12,42

Messwerte Gruppe 5 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
B-490220	46,4	re	50	50	50	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	
G-481015	47,11	re					50	50	50	45	45	45	40	30	30	30
H-460914	49	re			45	45	40	15	10	5	-5	0	-5	-5	-5	-5
H-510928	43,11	re			45	35	35	25	20	15	15	10	10	5	5	
K-450726	50,2	re			50	50	50	40	40	45	40	35	35	30	30	
R-480901	47,8	re	50	50	50	45	45	45	40	40	35	35	30	25	25	
R-490823	45,8	re				45	45	40	40	30	30	30	25	25	25	
R-511007	45	re		45	45	40	45	45	40	35	35	25	25	20	20	
S-550531	42,8	re					50	45	45	40	35	35	35	30	30	30
L-450314	50,3	re	50	50	50	45	40	30	30	25	20	20	20	5	-5	-5
G-530405	43,6	re		50	50	50	45	35	35	30	25	25	20	10	10	10
G-551022	42,5	re	50	45	45	35	35	15	20	10	10	0	-10	-5	-5	
J-580814	47,9	re			50	50	50	40	40	35	20	20	30	30	30	30
K-531031	44,5	re			45	40	35	35	30	30	30	30	30	20	15	
L-511119	43,11	re	40	40	35	35	35	25	25	20	20	20	5	0	0	-10
N-520616	44	re	45	40	40	35	30	30	25	25	25	20	10	5	5	
O-441117	50,8	re	45	35	35	35	30	25	15	15	10	5	0	0	-5	-10
S-540321	42,3	re		50	40	35	35	30	30	25	20	20	15	10	10	
W-450304	41,4	re	45	45	40	35	35	25	25	20	15	15	10	10	0	
Z-490714	47,2	re	50	50	50	45	35	40	35	30	20	15	10	10		
B-490220	46,4	li	50	50	45	45	35	35	40	35	35	30	30	30	30	
G-481015	47,11	li					50	50	50	45	45	40	40	35	35	35
H-460914	49	li	40	40	40	40	40	35	30	25	30	20	5	-5		
H-510928	43,11	li		50	50	50	50	40	40	30	30	25	20	25	25	
K-450726	50,2	li	50	50	40	35	35	35	35	30	25	25	30	30		
R-480901	47,8	li			50	50	50	45	45	40	40	35	35	30	20	
R-490823	45,8	li				50	45	45	40	25	20	15	15	20	20	
R-511007	45	li			50	50	45	45	40	25	30	20	20	20	20	
S-550531	42,8	li		50	50	50	50	45	45	40	40	40	35	35	35	
L-450314	50,3	li	45	45	40	40	35	30	30	20	10	15	20	10	10	10
G-530405	43,6	li	45	50	50	50	45	45	35	35	25	30	20	15	10	10
G-551022	42,5	li	45	35	35	25	20	25	20	0	-5	-10	-5	-10	-10	
J-480814	47,9	li			45	45	45	45	35	35	25	25	15	15	15	15
K-531031	44,5	li		50	50	45	45	40	40	30	30	30	30	30	20	
L-511119	43,11	li	40	45	35	35	35	35	30	25	15	5	0	-5	0	-5
N-520616	44	li		45	40	40	40	35	35	30	25	25	20	10	10	10
O-441117	50,8	li	45	40	40	35	35	25	25	20	20	15	10	5	0	0
S-540321	42,3	li	45	45	45	40	40	30	30	25	15	10	5	5	5	
W-450304	41,4	li	50	45	35	35	25	25	25	25	20	15	15	15	10	
Z-490714	47,2	li		50	50	50	50	45	35	30	30	25	15	15	15	
Median			45	45	45	45	40	35	35	30	25	25	20	15	12,5	10
Mittelwert			46,32	45,93	44,43	42,03	40,63	35,75	33,50	28,25	24,63	22,25	19,25	15,75	13,55	9,67
s			3,67	4,81	5,53	6,61	7,61	9,10	9,21	10,35	11,68	11,68	12,89	12,74	13,40	15,64

Messwerte Gruppe 6 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
B-440305	51,11	re				50	50	50	45	45	40	40	40	30	30	30
B-440422	52,9	re	50	45	35	35	35	20	20	20	15	10	5	5	5	
D-401022	60,6	re			50	50	45	45	35	35	35	30	30	15	15	
D-440314	51,4	re	50	45	40	40	40	40	35	35	30	25	10	15	15	10
F-410130	60,5	re			45	45	40	40	40	35	35	35	40	40	35	35
K-370921	59,7	re						45	45	40	40	40	35	35	35	35
K-381108	56,9	re			50	50	50	50	45	45	45	45	40	35	35	
M-430130	53,5	re	50	40	40	35	35	35	35	20	15	15	15	10	10	10
O-431203	51,9	re			50	50	45	40	35	35	30	25	20	20	20	20
S-371218	57,8	re					50	45	40	30	20	20	15	15	10	
D-390831	56,7	re	40	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	25	30	25
D-430605	53,3	re	50	40	40	40	35	30	30	25	10	10	10	5	5	
G-390427	56,5	re	45	35	40	35	15	30	25	20	15	10	10	5	5	5
H-410322	56,11	re			45	50	45	45	45	45	40	35	30	30	30	
K-390705	56,1	re	50	45	45	45	40	35	20	10	5	5	0	-5	-10	-10
L-440805	51,8	re			50	40	35	25	25	30	20	20	15	15	15	15
M-430421	52,3	re	45	50	45	45	40	35	35	30	35	35	30	30	30	30
P-440621	52,7	re			50	40	40	40	25	25	20	5	0	0	0	-5
R-370809	58,8	re		45	45	45	35	35	20	20	20	15	10	10	10	10
S-380929	52,11	re	50	50	45	40	35	35	35	35	30	30	20	20	25	20
B-440305	51,11	li				50	50	45	45	45	40	40	35	30	30	
B-440422	52,9	li	50	40	40	35	35	30	20	25	20	20	20	10	10	
D-401022	60,6	li			50	50	45	35	30	30	30	30	25	15	10	
D-440314	51,4	li	45	45	40	40	40	30	30	30	20	5	5	5	0	5
F-410141	60,5	li		50	50	50	50	45	45	45	40	35	30	30	30	30
K-370921	59,7	li						50	50	50	40	35	35	30	25	25
K-381108	56,9	li				50	50	45	45	40	40	40	45	40	35	35
M-430421	53,5	li	50	50	45	40	45	40	40	40	35	30	35	35	30	30
O-431203	51,9	li					50	40	40	35	35	20	20	15	15	15
S-371218	57,8	li						50	50	45	30	45	25	25	15	
D-390831	56,7	li		50	45	45	45	40	40	40	40	40	35	35	30	35
D-430605	53,3	li	50	45	40	35	35	25	15	10	10	5	5	0	0	
G-390427	56,5	li	45	35	35	35	30	25	15	10	10	10	15	10	10	10
H-410322	56,11	li			50	50	45	45	40	40	40	40	35	30	30	25
K-390705	56,1	li			50	50	35	35	15	10	5	5	0	-5	-5	-10
L-440805	51,8	li	50	50	40	40	40	30	30	25	20	10	20	10	10	
M-430130	52,3	li		50	50	45	40	40	40	40	40	40	25	20	20	20
P-440621	52,7	li		50	50	45	35	25	25	15	15	15	10	10	10	10
R-370809	58,8	li			50	45	45	40	35	30	15	5	5	0	0	
S-380929	52,11	li						40	30	30	20	10	10	10	10	15
Median			50	45	45	45	40	40	35	32,5	30	25	20	15	30	20
Mittelwert			48,00	45,25	45,00	43,53	40,69	37,88	33,88	31,38	27,00	24,13	21,13	17,75	16,63	17,59
s			3,16	4,99	4,83	5,58	7,29	7,84	10,03	11,15	11,76	13,58	13,03	12,86	12,63	13,40

Messwerte Gruppe 7 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
B-261203	69,5	re				50	50	45	45	40	40	40	35	30	20	
B-390101	62,2	re		50	50	45	40	40	40	30	25	25	25	25	25	0
D-330609	63,1	re				50	50	40	40	30	30	30	25	20	20	
F-310503	64,4	re		50	50	50	45	45	40	45	40	45	35	25	25	
K-300502	65,7	re						50	40	35	40	30	30	20	20	
K-310624	64,3	re			50	50	45	45	35	25	25	25	25	20	15	15
K-321115	64,11	re		50	50	45	45	35	30	25	25	25	25	20	20	
L-360128	65,2	re	50	45	30	25	25	15	10	10	0	0	0	0	0	0
P-320803	63,1	re	40	40	40	35	35	30	30	25	20	10	5	10	10	15
S-300731	70,8	re			50	50	35	35	30	30	25	20	25	15	10	5
B-310808	64	re			50	50	45	40	40	35	35	35	20	20	20	20
E-310602	65,2	re	50	50	50	45	45	30	30	20	20	10	10	10	5	
G-351021	61,5	re			45	45	45	40	40	30	35	25	20	20	20	
H-301015	64,9	re		50	50	50	45	45	40	40	30	20	15	15	10	10
J-320107	64,5	re					50	50	50	45	45	40	30	25	20	
K-291201	67,1	re				50	50	45	45	45	40	40	40	35	35	35
K-330906	64,1	re	50	50	50	45	45	45	40	40	30	35	30	30	30	
L-360110	65,3	re			50	50	40	40	40	25	20	15	15	10	5	
L-360922	64,5	re			50	50	45	45	45	40	35	35	30	30	25	
R-320902	68,5	re		50	50	50	40	30	30	25	25	20	15	10	5	
B-261203	69,5	li					50	50	45	45	40	40	35	35	35	
B-390101	62,2	li		50	50	45	45	40	40	30	25	25	20	20	20	0
D-330609	63,1	li				50	40	40	35	35	30	25	25	20	20	
F-310503	64,4	li		50	50	50	40	45	40	40	40	35	35	25	25	
K-300502	65,7	li						50	50	50	45	45	45	35	35	40
K-310624	64,3	li		50	50	50	35	35	35	30	30	25	25	25	25	25
K-321115	64,11	li					45	40	40	35	35	30	25	25	10	
L-360128	65,2	li	50	40	30	25	20	15	10	5	5	0	-5	-5	-5	
P-320803	63,1	li			50	50	50	50	45	45	40	40	40	35	35	35
S-300731	70,8	li		50	45	45	40	35	30	30	35	30	30	20	15	
B-310808	64	li					45	40	40	40	40	35	35	30	20	25
E-310602	65,2	li			50	45	45	35	35	25	25	20	20	5	0	
G-351021	61,5	li					50	50	40	40	40	40	40	25	20	20
H-301015	64,9	li		45	40	40	30	30	30	30	30	30	15	15	15	5
J-320107	64,5	li						50	50	45	45	45	40	35	35	
K-291201	67,1	li	50	45	40	40	40	40	40	40	40	35	30	30	30	
K-330906	64,1	li				50	45	45	40	35	30	25	25	20	20	20
L-360110	65,3	li		50	45	45	40	40	35	30	10	10	10	-5	-5	
L-360922	64,5	li					50	50	50	50	40	40	35	30	25	
R-320902	68,5	li		50	50	50	40	30	30	25	25	20	15	10	5	
Median			50	50	50	50	45	40	40	35	30	30	25	20	20	17,5
Mittelwert			48,33	48,06	46,73	45,81	42,43	40,00	37,50	33,88	31,00	28,00	25,00	20,63	18,00	16,88
s			4,08	3,49	5,99	6,72	6,93	8,62	8,77	9,97	10,45	11,65	11,32	10,57	11,02	13,02

Messwerte Gruppe 8 Gesamt

Datei	Alter(J)	Seite	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
K-250408	76	re			50	50	45	45	45	40	30	30	30	25	25	
M-250702	74,8	re						50	50	45	45	40	40	35	35	
M-300627	71,3	re					50	50	35	30	20	20	20	15	15	20
R-291021	71,6	re			50	50	50	40	35	25	25	25	25	5	10	
S-291102	71,6	re						50	50	50	50	45	45	40	30	
T-300621	71,3	re					50	50	40	40	40	40	30	25	25	
A-220601	73,3	re				50	45	40	40	40	40	30	25	20	15	0
B-080812	87	re	50	50	45	45	45	35	35	30	30	30	30	25	15	15
G-200312	76,6	re						45	45	45	45	30	25	25	30	30
G-200313	75,7	re		45	45	45	45	40	40	35	40	35	30	25		
K-251022	75,7	re				50	50	50	45	45	40	35	35	30	30	
K-270523	71,4	re	50	50	50	50	50	45	45	45	45	25	20	15	15	
O-190725	77,11	re			50	50	50	45	45	45	45	40	40	20	20	20
P-230728	72,4	re		50	50	45	45	40	40	35	25	25	15	15		
S-211219	73,8	re	50	40	40	35	35	30	30	30	25	25	25	20	20	
W-231210	72,4	re			40	40	40	30	25	25	15	10	5	5	0	0
K-250408	76	li				50	50	50	45	45	40	40	30	25	25	
M-250702	74,8	li						50	50	50	50	45	45	40	40	
M-300627	71,3	li						50	35	35	35	30	25	20	20	20
R-291021	71,6	li		50	50	45	45	45	40	20	15	10	10	10	10	
S-291102	71,6	li						50	50	50	45	40	35	35	35	35
T-300621	71,3	li						50	50	45	45	40	35	30	30	
A-220601	73,3	li					50	50	45	45	45	35	35	30	25	
B-080812	87	li				50	50	45	40	45	35	35	30	30	30	
G-200312	76,6	li					50	40	40	40	40	35	30	25	25	
G-200313	75,7	li				45	45	45	45	40	40	35	35	30	25	25
K-251022	75,7	li			50	50	50	45	45	40	35	30	35	35	35	35
K-270523	71,4	li			50	40	40	30	35	35	30	15	15	10	10	
O-190725	77,11	li			45	45	45	45	40	40	40	35	25	20	20	20
P-230728	72,4	li					50	50	45	45	40	40	35	35	25	25
S-211219	73,8	li		50	50	50	40	40	40	25	25	15	15	15	15	
W-231210	72,4	li			45	45	35	30	25	30	30	25	25	5	5	5
		Median	50	50	50	47,5	45	45	42,5	40	40	32,5	30	25	25	20
		Mittelwert	50,00	47,86	47,33	46,50	46,00	43,33	41,41	38,75	36,56	31,25	28,59	23,28	21,77	18,85
		s	0,00	3,93	3,72	4,32	4,79	6,74	6,87	8,13	9,28	9,33	9,35	9,97	9,53	11,21

9.2 Statistische Untersuchungen

9.2.1 Vergleich innerhalb der Altersgruppen: Rechte – linke Zungenseite ($\alpha = 0,05$)

Wilcoxon Test : Gruppe 1

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1 ms	0,102	20 ms	0,385
0,2 ms	0,589	50 ms	0,546
0,5 ms	0,541	100 ms	0,706
1 ms	0,790	200 ms	0,749
2 ms	0,324	500 ms	0,830
5 ms	0,790	1000 ms	0,623
10 ms	0,327	2000 ms	0,680

Wilcoxon-Test: Gruppe 2

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1 ms	0,332	20 ms	0,349
0,2 ms	0,120	50 ms	0,456
0,5 ms	0,046	100 ms	0,339
1 ms	0,790	200 ms	0,289
2 ms	0,622	500 ms	0,591
5 ms	0,371	1000 ms	0,376
10 ms	0,528	2000 ms	1,000

Wilcoxon-Test: Gruppe 3

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1	0,013	20	0,349
0,2	0,000	50	0,456
0,5	0,000	100	0,339
1	0,000	200	0,289
2	0,000	500	0,591
5	0,000	1000	0,376
10	0,157	2000	1,000

Wilcoxon-Test: Gruppe 4

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1	0,317	20	0,085
0,2	0,792	50	0,080
0,5	0,416	100	0,145
1	0,724	200	0,077
2	0,821	500	0,002
5	0,661	1000	0,032
10	0,578	2000	1,000

Wilcoxon-Test: Gruppe 5

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1	0,564	20	0,914
0,2	0,739	50	0,958
0,5	0,248	100	0,719
1	0,586	200	0,974
2	0,915	500	0,203
5	0,013	1000	0,413
10	0,036	2000	0,414

Wilcoxon-Test: Gruppe 6

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1	0,317	20	0,655
0,2	0,257	50	0,948
0,5	0,248	100	0,908
1	0,102	200	0,594
2	0,046	500	0,771
5	0,913	1000	0,278
10	0,858	2000	0,877

Wilcoxon-Test: Gruppe 7

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1	0,157	20	0,044
0,2	0,577	50	0,018
0,5	0,595	100	0,127
1	0,441	200	0,068
2	0,546	500	0,264
5	0,431	1000	0,409
10	0,431	2000	0,197

Wilcoxon-Test: Gruppe 8

Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)	Messwert bei Reizzeit	Signifikanz; p (2-seitig)
0,1		20	0,499
0,2		50	0,326
0,5	0,414	100	0,413
1	0,914	200	0,695
2	1,000	500	0,039
5	0,232	1000	0,048
10	0,454	2000	0,157

9.2.2 Vergleiche innerhalb der Altersgruppe: Geschlechtsunterschiede

Mann-Whitney-Test: Gruppe 1 (Signifikanz, wenn $p < 0,05$)

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,894	20	0,720
0,2	0,085	50	0,007
0,5	1,000	100	0,004
1	0,028	200	0,011
2	0,046	500	0,028
5	0,026	1000	0,043
10	0,011	2000	0,028

Mann-Whitney-Test: Gruppe 2

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,174	20	0,904
0,2	0,237	50	1,000
0,5	0,322	100	0,512
1	0,149	200	0,445
2	0,142	500	0,231
5	0,547	1000	0,583
10	0,547	2000	0,286

Mann-Whitney-Test: Gruppe 3

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,130	20	0,026
0,2	0,629	50	1,000
0,5	0,039	100	0,020
1	0,012	200	1,000
2	0,005	500	0,000
5	0,024	1000	0,000
10	0,024	2000	0,001

Mann-Whitney-Test: Gruppe 4

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,277	20	0,327
0,2	0,652	50	0,495
0,5	0,905	100	0,583
1	0,201	200	0,779
2	0,076	500	0,277
5	0,091	1000	0,221
10	0,478	2000	0,486

Mann-Whitney-Test: Gruppe 5 (Signifikanz bei $p < 0,05$)

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,119	20	0,026
0,2	0,078	50	0,003
0,5	0,048	100	0,005
1	0,026	200	0,001
2	0,005	500	0,003
5	0,014	1000	0,003
10	0,001	2000	0,255

Mann-Whitney-Test: Gruppe 6

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,256	20	0,008
0,2	0,644	50	0,017
0,5	0,765	100	0,020
1	0,242	200	0,013
2	0,003	500	0,013
5	0,006	1000	0,038
10	0,003	2000	0,058

Mann-Whitney-Test: Gruppe 7

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	0,317	20	0,573
0,2	0,652	50	0,742
0,5	0,801	100	0,880
1	0,895	200	0,529
2	0,289	500	0,880
5	0,699	1000	0,591
10	0,298	2000	0,393

Mann-Whitney-Test: Gruppe 8 (bei 0,1 ms kein Messwert der männlichen Probanden)

Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)	Messwerte bei Reizzeit	Signifikanz (2-seitig)
0,1	kein Wert	20	0,425
0,2	0,533	50	0,501
0,5	0,138	100	0,082
1	0,234	200	0,235
2	0,191	500	0,238
5	0,010	1000	0,162
10	0,035	2000	0,135

9.3 Test-Retest: Kurvenparameter von n = 12 Probanden (re = rechts, li = links)

Proband Nr.	1		2		3		4	
Parameter re	Gud 1	Gud 2	Hab1	Hab2	Bal1	Bal2	Lan1	Lan2
Ax	2,31	2,42	2,64	2,42	3,05	2,43	2,44	4,15
Bx	0,21	0,21	0,23	-0,37	0,60	0,70	-0,57	-2,04
Δx	2,12	2,12	2,40	2,79	2,45	1,72	3,01	6,20
Ay	0	6,67	16,67	10,00	18,33	20	21,67	20,00
By	46,67	43,33	48,33	46,67	43,33	46,67	43,33	43,33
Δy	46,67	36,67	31,67	36,37	25,00	26,67	21,67	23,33
Smx	1,27	1,32	1,44	1,02	1,83	1,56	0,93	1,05
Smy	23,33	25,00	32,50	28,33	30,83	33,33	32,5	31,67
$\tan \alpha$	-22,03	16,56	-13,67	-13,13	-10,20	-15,48	-7,19	-3,77
Parameter li								
Ax	2,40	2,42	1,77	2,19	3,03	2,95	2,42	2,16
Bx	0,84	0,21	-0,30	0,29	-0,90	0,65	0,03	-0,53
Δx	1,55	2,21	2,07	1,90	3,94	2,30	2,39	2,68
Ay	-3,33	6,67	10,00	10,00	18,33	5,00	13,33	13,33
By	33,33	43,33	46,67	46,67	46,67	46,67	46,67	45,00
Δy	36,67	36,67	36,67	36,67	28,33	41,67	33,33	31,67
Smx	1,62	1,32	0,74	1,24	1,07	1,80	1,23	0,81
Smy	15,00	25,00	28,33	28,33	32,50	25,83	30,00	29,17
$\tan \alpha$	-23,59	-16,56	-17,74	-19,34	-7,19	-18,97	-13,97	-11,80

Proband Nr.	5		6		7		8	
Parameter re	Ost 1	Ost2	Bos1	Bos2	Bre1	Bre2	Ras1	Ras2
Ax	2,44	2,44	1,54	2,53	2,29	3,51	2,26	2,93
Bx	0,09	0,15	-0,44	-0,02	-0,18	-0,67	-0,56	0,44
Δx	2,35	2,29	1,97	2,55	2,48	4,18	2,82	2,45
Ay	1,67	10,00	5,00	0	-5,00	0	10,00	8,33
By	43,33	38,33	40,00	35,00	41,67	41,67	43,33	50,00
Δy	41,67	28,33	35,00	35,00	46,67	41,67	33,33	41,67
Smx	1,26	1,30	0,55	1,26	1,05	1,42	0,85	1,68
Smy	22,5	24,18	22,50	17,50	18,33	20,83	26,67	29,12
$\tan \alpha$	-17,72	-12,35	-17,72	-13,70	-18,83	-9,96	-11,82	-16,74
Parameter li								
Ax	2,34	2,41	2,61	1,43	2,80	2,57	3,03	3,15
By	0,13	0,35	-0,39	-0,30	0	-0,57	1,24	0,51
Δx	2,20	2,06	3,00	1,73	2,81	3,13	1,79	2,64
Ay	6,67	10,00	0	-1,67	-1,67	0	15,00	8,33
Ay	41,67	41,67	45,00	43,33	46,67	46,67	43,33	48,33
Δy	35,00	31,67	45,00	45,00	48,33	46,67	28,33	40,00
Smx	1,24	1,38	1,11	0,56	1,40	1,00	2,13	1,83
Smy	24,17	25,83	22,50	20,83	22,50	23,33	29,17	28,33
$\tan \alpha$	-15,85	-15,40	-14,98	-26,05	-17,19	-14,89	-15,85	-15,14

Proband Nr.	9		10		11		12	
Parameter re	Haa1	Haa2	Mar1	Mar2	Goe1	Goe2	Nau1	Nau2
Ax	2,77	2,77	2,16	1,80	2,26	2,32	3,26	2,68
Bx	0,38	0,37	-0,92	-0,37	-0,18	-0,26	-0,54	0,42
Δx	2,39	2,40	3,08	2,17	2,44	2,58	3,80	2,70
Ay	10,00	6,67	15,00	18,33	16,67	1,67	1,67	5,00
By	48,33	45,00	43,33	43,33	48,33	48,33	46,67	38,33
Δv	38,33	38,33	28,33	25,00	31,67	46,67	45,00	33,33
Smx	1,57	1,57	0,62	0,72	1,04	1,03	1,36	1,77
Smy	29,17	25,83	29,17	30,83	32,50	25,00	24,16	21,67
$\tan \alpha$	-16,06	-15,98	-9,20	-11,55	-12,97	-18,07	-11,82	-12,35
Parameter li								
Ax	2,07	2,90	3,20	2,67	1,60	2,90	2,94	2,64
Bx	0,20	0,76	-0,20	-0,57	0,18	0,30	-0,70	-0,40
Δx	1,88	2,14	3,40	3,24	1,14	2,60	3,63	3,04
Ax	11,67	21,67	18,33	20,00	25,00	10,00	5,00	-5,00
Ay	33,33	45,00	46,67	43,33	45,00	48,33	46,67	41,67
Δv	21,67	23,33	28,33	23,33	20,00	38,33	41,67	46,67
Smx	1,14	1,83	1,50	1,05	0,89	1,60	1,12	1,12
Smy	22,50	33,33	32,50	31,67	35,00	29,17	25,83	18,33
$\tan \alpha$	-11,55	-10,80	-8,33	-7,19	-14,13	-14,73	-11,46	-15,31

9.4 Anamnese- und Auswertungsbögen

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Medizinische Fakultät

Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenkrankheiten,
 Gesichts- und Halschirurgie



ELEKTROGUSTOMETRIE

Tel.: 557 1785

Patient:

Name

Vorname

geb.

Straße

PLZ, Ort

Krankenkasse

(Aufkleber)

N Fac TM

1. Störung der Geschmackes ja nein seit wann:
 früher schon aufgetreten ja nein wann:

2. Unfälle mit Kopfverletzung ja nein

3. chronische Erkrankungen

z. B.: Diab. mellitus ja nein
 Speicheldrüsenerkrankungen ja nein
 Sjögren-Syndrom ja nein
 Magenerkrankungen ja nein
 (Gastritis, Geschwüre)

4. berufliche Exposition gegenüber:

5. Operationen: am Ohr ja nein wann:
 an d. Zunge/Rachen ja nein wann:

6. Medikamente:

7. Nikotin ja nein

8. Alkohol regelmäßig ja nein

TM - Patient: Operation ja nein wann:

Art der Operation:

Bestrahlung ja nein Beginn:

Dosis aktuell:

Chemotherapie: ja nein seit wann:

10 Thesen

1. Mit Hilfe der Elektrogustometrie wird die Empfindlichkeit des Schmeckorgans - in der Regel von bestimmten Arealen der Zungenoberfläche - für elektrischen Gleichstrom gemessen. Dazu dient ein Elektrogustometer. Für Vergleichsuntersuchungen verwendeten wir das Klinische Elektrogustometer „Halle II“, welches mit einer konstanten Reizzeit von 500 Millisekunden arbeitet.
2. In dieser Arbeit setzten wir für die Hauptuntersuchungen ein PC-Elektrogustometer ein, welches in der Universitäts-HNO-Klinik Halle entwickelt wurde. Das externe Gerät wird über ein Menü vom PC gesteuert und die Messergebnisse werden als Datei gespeichert. Der Messbereich umfasst Reizstärken von 50 dBg bis – 20 dBg bei einer Reizzeitbreite von 0,1 ms bis 2000 ms. Die Reizschwelle wurde in 5 dBg-Schritten für jede Reizzeit adaptiv in absteigender Sequenz ermittelt.
3. Der durch die elektrische Reizung der Zungenoberfläche erzeugte Geschmack stellt eine Mischempfindung dar, welche mit sauer-metallisch beschrieben werden kann. Messort ist der seitliche Zungenrand im Versorgungsbereich der Chorda tympani ca. 1,5 cm von der Zungenspitze entfernt.
4. Die Messwerte werden in einem doppelt-logarithmischen Diagramm dargestellt. Hier ergibt sich eine bestimmte Gestalt der zeitabhängigen Schwelle, die als elektrogustometrische Kennlinie bezeichnet wird.
5. Zur Erstellung der Bezugswerte werden Kennlinien von 156 gesunden Probanden aufgenommen, welche in 8 Altersgruppen eingeteilt wurden. Pro Altersjahrzehnt untersuchen wir je 10 weibliche und männliche Personen (Ausnahme Gruppe 8 mit 16 Probanden). Die untere Altersgrenze liegt bei 6 Jahren, der älteste Teilnehmer ist 87 Jahre alt.
6. Zusätzlich werden 53 Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese sowie 65 Patienten mit Malignomen im Kopf-Hals-Bereich zur Frage der Anwendbarkeit der Methode untersucht.
7. Die Kennlinie kann in drei Abschnitte unterteilt werden. Am Beginn der Untersuchung zeigt sich ein oberer Sättigungsbereich, welcher dem sensiblen, trigeminalen Bereich entspricht. Danach folgt mit zunehmender Impulsdauer der Übergang in den sensorischen Bereich (Übergangsbereich), in dem die Kurve kontinuierlich zu geringeren Schwellenwerten abfällt, um dann in den dritten Abschnitt, den unteren Sättigungsbereich, überzugehen. Hier erfolgt keine weitere Schwellenabsenkung.

8. Die Auswertung der erhaltenen Daten wird in zwei Blöcke unterteilt: den Vergleich der Schwellenmesswerte und den Vergleich der berechneten Kurvenparameter. Die Vergleiche erfolgen jeweils zwischen den Altersgruppen und innerhalb der Gruppen zur Feststellung von geschlechtsspezifischen und Unterschieden der Zungenseiten. Die grafische Darstellung erfolgt mit Box-Whisker-Diagrammen.
9. Die drei Kennlinienabschnitte werden durch drei Geraden approximiert. Die Lage und Steilheit des Übergangsbereiches, welche sich aus den Schnittpunkten der Geraden ergeben, liefern die Parameter des sog. „Drei-Geraden-Modells“.
10. Der Vergleich der Messwerte zeigt die erwartete Altersabhängigkeit des Anstiegs der Schwellenwerte mit zunehmendem Alter.
11. Der Vergleich der berechneten Kurvenparameter kann neben der Altersabhängigkeit eine Veränderung der Dynamik des elektrischen Schmeckvermögens nachweisen. Als Dynamik des elektrischen Schmeckvermögens wird der Unterschied zwischen der Schwelle bei langen Reizzeiten und der sensiblen Schwelle bezeichnet.
12. Die Mittelpunktskoordinate S_{mx} zeigt eine relative Konstanz bei Untersuchungen in langen zeitlichen Abständen (bis 5 Jahren) trotz Schwankung der Messwerte für die rechte und linke Zungenseite. Zusammen mit der Koordinate S_{my} kann so ein Vergleich der Schmeckempfindung in Bezug zum Alter und in Bezug zu Voruntersuchungen erfolgen.
13. Innerhalb der Altersgruppen kann keine geschlechtsspezifische Differenz der Werte bzw. keine signifikante Differenz der rechten zur linken Zungenseite nachgewiesen werden. Der Vergleich zwischen den Gruppen kann die Tendenz der Erhöhung der Schwellen mit dem Alter nachweisen, eine statistische Signifikanz ist aber zwischen benachbarten Gruppen nicht durchgängig aufzuzeigen.
14. Die Prüfung der Test-Retest-Reliability zeigt keine statistisch signifikante Differenz der Ergebnisse.
15. Die Untersuchung mit dem Elektrogustometer ist für den Untersucher und den Probanden einfach zu handhaben. Die Untersuchungszeit von durchschnittlich 14 Minuten kann problemlos in den klinischen Routineablauf integriert werden.
16. Eine quantitative Aussage ist für die graduelle Einteilung der Schmeckstörung und für die Verlaufsbeobachtung eines Krankheitsgeschehens von Bedeutung. Über die Anwendung im HNO-Gebiet hinaus ist ein Einsatz der Methode als Screening in der Dispensairebetreuung von Patienten mit Diabetes mellitus denkbar bzw. zur Untersuchung neurologischer Erkrankungen mit Beteiligung der Schmeckbahn.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Heike Marian, geb. Peuschel
 Geburtsdatum: 09.08.1965
 Geburtsort: Halle/ Saale
 Staatsangehörigkeit: Bundesrepublik Deutschland
 Wohnort: Kärntner Str.9, 06120 Halle
 Familienstand: verheiratet, 2 Kinder

Ausbildung

1972 – 1980 Polytechnische Oberschule Lettin
 1980 – 1984 Latina „August Herrmenn Francke“ in Halle, Abitur
 1984 – 1985 Klinisches Vorpraktikum in der Klinik für Innere Medizin des Stadtkrankenhauses Halle–Dölau
 1985 – 1991 Studium der Humanmedizin an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 1991 – 1993 ÄiP an der Klinik Universitätsklinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
 1993 – 2000 Assistenzärztin an der gleichen Klinik, Facharztanerkennung 09/ 00
 01/ 2001 – 12/ 2001 Weiterbildung zur Zusatzbezeichnung Allergologie in der Praxis Dr. med. Wilhelm und Dipl.- Med. Kettmann/ FÄ für HNO in Halle
 01/ 2002 – 12/2002 Fachärztin in der HNO-Abteilung des Klinikum Mansfelder Land, Haus Hettstedt

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbst und nur unter Hinzuziehung der im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verfasst habe.

Halle, den 15.12.2002

Heike Marian

Hinweis auf Publikationen

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden 1997 in der nachfolgend genannten Zeitschrift veröffentlicht.

Marian H, Haberland EJ: Altersabhängigkeit elektrogustometrischer Kennlinien. Nowiny Lekarskie (Medical News) (1997) 66 (Suppl.II) 188-192

Halle, den 15.12.2002

Heike Marian

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich weder zum vorliegenden Thema, noch zu einem anderen Thema einen Promotionsversuch unternommen habe.

Halle, 15.12.2002

Heike Marian

Danksagung

Herrn PD Dr. rer. nat. habil. E.-J. Haberland (Universitätsklinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) möchte ich herzlich danken für die freundliche Überlassung des Themas sowie für seine engagierte fachliche und persönliche Beratung und Betreuung .

Herrn Prof. Dr. med. habil. A. Berghaus, Direktor der Universitätsklinik und Poliklinik für Hals- Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie der MLU Halle-Wittenberg, danke ich für die Ermöglichung der Durchführung der Gesamtheit der Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit.

Frau Ostoiki und Frau Langer, Medizinisch-Technische Assistentinnen der Universitäts-HNO-Klinik der MLU Halle-Wittenberg, danke ich für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Patientenuntersuchung.