

## Intensität und Qualität in der Geruchswahrnehmung\*

INGEBORG WENDER

Psychologisches Institut der Universität des Saarlandes  
(Direktor: Prof. Dr. E. E. BOESCH)

Eingegangen am 13. August 1968

### *Quality and Intensity in Olfactory Perception*

*Summary.* In an experiment on olfaction 23 subjects judged 16 odors (four chemicals each in four concentrations) with respect to intensity and with respect to similarity for each pair of stimuli. Systematic interindividual variation can be found neither in the intensity nor in the similarity data. Multidimensional scaling according to Kruskal's procedure reveals a configuration in 5 dimensions, the exponent of the optimal Minkowski-metric (out of 25 alternative solutions) is  $r = 2.5$ . This scaling is based on the medians of similarity judgments. One of the dimensions corresponds to a subjective scale of intensity, with a zero-point lying outside of the configuration. The quality of the stimuli depends on their concentrations. The perceived quality-changes differ in amount and directions for each of the chemicals.

*Zusammenfassung.* Vier unterschiedliche Geruchsstoffe in je 4 Konzentrationen wurden von 23 Versuchspersonen nach Intensität beurteilt und paarweise auf ihre relative Ähnlichkeit hin verglichen. Eine Systematik der Versuchspersonenvarianz konnte weder in den Intensitäts- noch in den Ähnlichkeitsurteilen mit dem Tucker-Messick-Verfahren nachgewiesen werden. Mit den Medianwerten der Ähnlichkeitsurteile wurde das Skalierungsverfahren von KRUSKAL durchgeführt. Unter 25 Lösungen wurde diejenige mit einem Exponenten (Minkowski-Metrik) von  $r = 2,5$  und 5 Dimensionen als optimal ausgewählt und zur Grundlage der Interpretation genommen. Als wichtigstes Ergebnis erhielten wir eine unabhängige Intensitätsdimension mit Ursprung außerhalb der Reizkonfiguration, die eine hohe Übereinstimmung zur Intensitätsskalierung aufwies. Weiter konnte ein Qualitätswechsel jeweils innerhalb eines Stoffes zwischen den Konzentrationen festgestellt werden. Dieser Qualitätswechsel ist bei den einzelnen Stoffen unterschiedlich stark ausgeprägt.

### A. Einführung

#### *I. Intensität und Qualität als Dimensionen der Wahrnehmung*

In den verbreiteten Standardwerken der Allgemeinen Psychologie (z. B. ROHRACHER, 1957; STEVENS, 1961; METZGER, 1966) sind als wichtigste Beurteilungskategorien der Wahrnehmung von physikalisch-chemischen Reizen „Intensität“ bzw. „Stärke“ und „Qualität“ angegeben. Diesen psychischen Aspekten der Wahrnehmung werden meistens vereinfachend recht gut definierte physikalische oder chemische Eigen-

---

\* Von der Philosophischen Fakultät der Universität des Saarlandes auf Antrag von Prof. Dr. K. EYFERTH angenommene Dissertation.

schaften der Reize als Äquivalente zugeordnet. Bei der Untersuchung dieser Zusammenhänge ist zumeist eine Dimension konstant gehalten worden, während die Variation der anderen analysiert wurde. Dies war zum Teil durch die Eigenart der verfügbaren Methoden für die Datenverarbeitung bestimmt. Eine wesentliche Beschränkung bestand darin, daß nur solche psycho-physischen Verfahren existierten, bei denen die von den Versuchspersonen zu beurteilenden Reize sich nur hinsichtlich einer Eigenschaft voneinander unterscheiden durften.

Seit den fünfziger Jahren gibt es Skalierungsverfahren, die es möglich machen, daß die Reize auch nach mehr als einer Dimension variieren. Als Beispiel einer Untersuchung, in der sowohl Intensität als auch Qualität mit Hilfe multidimensionaler Skalierungsverfahren beurteilt wurden, sei das Experiment von INDOW u. KANAZAWA (1960) erwähnt. Die Autoren ließen ihre Versuchspersonen Farben beurteilen, die sich hinsichtlich ihres Farbtons und hinsichtlich ihrer Helligkeit voneinander unterschieden. INDOW u. KANAZAWA konnten zeigen, daß die Helligkeit (Intensität) eine zu den Farbtönen (Qualitäten) orthogonale Dimension darstellt.

Es herrscht bislang noch keine eindeutige Auffassung darüber, welche Rolle die Intensität der Reize in solchen Modellen einnehmen soll. Nicht alle Autoren sind der gleichen Meinung wie INDOW u. KANAZAWA, nach denen die Intensität einer zu den anderen orthogonalen Dimension — mithin einem unabhängigen Beurteilungsmerkmal — entspricht. Insbesondere hat EKMAN ein Modell entwickelt, in dem die Intensität auf eine andere Art repräsentiert ist: Jeder der Reize wird in einem mehrdimensionalen Vektorraum mit bestimmter Richtung und bestimmter Länge dargestellt. Nach EKMAN'S Vorschlag soll dabei die Länge eines Vektors der Intensität des zugehörigen Reizes entsprechen, während die Winkel zwischen den Vektoren die Ähnlichkeit zwischen den Qualitäten der Reize widerspiegeln. Das bedeutet: Intensität stellt keine unabhängige Dimension dar, sondern ist als das Ausmaß von Qualität aufzufassen. Mit dem Ekman'schen Verfahren sind u.a. Farben, Gerüche, Gefühle und Bezeichnungen von Persönlichkeitseigenschaften untersucht worden (EKMAN et al., 1963). In allen diesen Experimenten wurde jedoch nur die Qualität variiert und die Intensität konstant gehalten. EKMAN et al. weisen aber ausdrücklich darauf hin, daß es das Ziel weiterer Forschung sein müsse, Reize zu untersuchen, die sich hinsichtlich beider Aspekte unterscheiden (EKMAN et al., 1963, S. 11).

## *II. Intensität und Qualität als Dimensionen der Geruchswahrnehmung*

In der Geruchsforschung ist es ebenfalls üblich, von Intensitäts- und Qualitätsvariation zu sprechen. Anders als in den übrigen Sinnes-

gebieten ist es hier noch nicht gelungen, die physikalischen und chemischen Eigenschaften genau anzugeben, die einer bestimmten Wahrnehmung zugrunde liegen.

Es gibt eine Vielzahl von Merkmalen, von denen man annimmt, daß sie den Geruch eines Stoffes bestimmen. Keines dieser Merkmale reicht aber allein aus, um die Geruchsqualität und Geruchsstärke eines Stoffes vorherzusagen. Neuere Ansätze versuchen, mit Hilfe von speziell definierten Kombinationsregeln die physikalischen, chemischen oder biochemischen Eigenschaften eines Stoffes zusammenzufassen, um den Geruch eines Stoffes zu bestimmen (vgl. DAVIES u. TAYLOR, 1959; AMOORE, 1964). Diese Modelle bedürfen aber noch der Verifizierung.

Wenn in Untersuchungen Gerüche unterschiedlicher Qualität verwendet werden sollen, so nimmt man dafür im allgemeinen unterschiedliche chemische Stoffe, stützt sich also auf Unterschiede in der Molekularstruktur, um Unterschiede in den Geruchsqualitäten zu erzeugen. Diese Zuordnung ist aber nicht eindeutig. Es können ähnlich gebaute Stoffe völlig unterschiedliche Qualitäten aufweisen und sehr unterschiedlich gebaute Stoffe ähnlich riechen.

Ebenso wie bei den Geruchsqualitäten ist es auch bei der Intensität noch nicht zufriedenstellend gelungen, die verursachenden physikalisch-chemischen Merkmale zu finden. Im folgenden bezeichnen die Begriffe „Geruchsstoff“, „Duftstoff“ und „Stoff“ immer eine chemisch eindeutig identifizierbare Substanz, unabhängig davon, welche Konzentration vorliegt. Der Ausdruck „Reiz“ dagegen bezieht sich auf die der Versuchsperson im Experiment dargebotene Menge eines bestimmten Stoffes in einer bestimmten Konzentration. In diesem Sinne können 2 Konzentrationsstufen eines Stoffes zwei unterschiedliche Reize darstellen. Ferner soll der Begriff „Intensität“ immer so verwendet werden, daß er ein psychisches Phänomen beschreibt. Bezieht man sich auf einen chemischen Stoff, so wird Intensität meistens als das psychische Korrelat zu der physikalischen Variablen „Konzentration“ verstanden. Dabei kann die Konzentration als die Anzahl der Moleküle eines riechenden Stoffes in einem bestimmten Volumen Atemluft definiert werden. Unterschiedlich starke Konzentrationen eines Stoffes riechen im allgemeinen verschieden stark, führen somit zu unterschiedlichen Intensitätswahrnehmungen. Die Intensität ist aber nicht nur von der Konzentration, sondern darüber hinaus noch von anderen Merkmalen der Reize abhängig. Das ergibt sich aus der Beobachtung, daß verschiedene Stoffe gleicher Konzentration durchaus unterschiedlich intensiv riechen können. Auch hier ist es bis heute noch nicht gelungen, die verursachenden Variablen zu identifizieren.

Wie in anderen Wahrnehmungsgebieten findet sich in den Geruchsuntersuchungen die Trennung von Intensität und Qualität, d.h. ein

Aspekt wird zumeist bei Konstanthaltung des anderen untersucht. So ist in dem bekannten Klassifikationssystem für Gerüche von HENNING (1927), dem sogenannten Geruchsprisma, die Intensität nicht berücksichtigt.

Diese Zweigleisigkeit ist bis heute in den Untersuchungen bestehen geblieben. Auf der einen Seite gibt es eine große Anzahl von Experimenten und Diskussionen, die die Intensität von Gerüchen zum Thema haben; auf der anderen Seite liegen mehrere Arbeiten vor, die sich um ein Klassifizierungssystem von Gerüchen bemühen. Zwischen beiden Themenbereichen gibt es kaum Verbindungen.

Im folgenden wollen wir zunächst einen Überblick über die neueren Arbeiten auf dem Gebiet der Intensitätswahrnehmung geben. Danach werden neuere Untersuchungen referiert, die sich mit der Qualität des Geruchs beschäftigen. Dann wird auf Auffälligkeiten in einigen Arbeiten hingewiesen, die es nahelegen, Intensität nicht getrennt von Qualität zu untersuchen. Anschließend soll versucht werden, Vorschläge zu entwickeln, wie sich die Intensität in das Qualitätssystem von Gerüchen einfügen lassen könnte.

### III. Untersuchungen der Intensität von Gerüchen

#### 1. Vorschläge zur Intensitätsmessung

a) *Intensität nach ZWAARDEMAKER.* ZWAARDEMAKER (1930) versuchte als erster, die Intensität eines Stoffes mit Hilfe der Absolutschwelle zu bestimmen. Er verwendete einen speziell zu diesem Zweck konstruierten Apparat, ein sogenanntes Olfaktometer. Dieses bestand im wesentlichen aus zwei ineinander geschobenen, leicht beweglichen Zylindern. Die Innenfläche des äußeren Zylinders war mit der Lösung eines Duftstoffes imprägniert. Je kürzer die herausgeschobene innere Zylinderlänge war, die einen eben merklichen Geruch verursachte, desto intensiver war der Duft des Riechstoffes. Als Bezeichnung für dieses Maß schlug ZWAARDEMAKER den Ausdruck „Olfaktie“ vor.

Dieses Prinzip, mit Messung der Absolutschwelle die Intensität zu erfassen, wie es von ZWAARDEMAKER eingeführt wurde, wird selbst noch in neueren Untersuchungen verwendet. PRINCE and INCE (1958) sahen ebenfalls die Absolutschwelle als ein Maß der Intensität eines Stoffes an. Sie überprüften den Einfluß verschiedener experimenteller Bedingungen auf die Intensitätswahrnehmung, wie Darbietungsfolge, Tageszeit, individuelle Variation und die Wechselwirkungen dieser Variablen.

b) *Intensität nach MONCRIEFF.* MONCRIEFF (1957) versuchte ebenfalls eine Definition mit Hilfe der Absolutschwelle, glaubte aber, daß dies allein nicht ausreichte und nahm deshalb die Adaptationswirkung des unverdünnten Stoffes hinzu.

Er definierte:  $\log_e I = \log_e tc - \log_e t$ .

$I$  = Geruchsintensität,  $tc$  = Schwellenkonzentration nach vorherigem Riechen von Konzentration  $c$ ,  $t$  = Schwellenkonzentration.

c) *Intensität nach KRUGER.* Den Autoren, welche die Intensität mittels der Absolutschwelle bestimmen wollten, gelang es nicht, das Phänomen vollständig zu erfassen. ENGEN (1961) wies aufgrund von Intensitätsskalierungen nach, daß Absolutschwelle nicht die Intensitätseinstufungen oberhalb der Schwelle vorhersagen lassen. Auch SCHUTZ (1960) konnte zeigen, daß subjektive Intensitätseinstufungen oberhalb der Absolutschwelle und die Absolutschwelle bei 30 Stoffen keinen Zusammenhang aufweisen; ihre Korrelation betrug  $r = 0,02$ .

Die Fragwürdigkeit des Zwaardemakerschen Ansatzes, die Intensität mit der Absolutschwelle erfassen zu wollen, zeigt sich auch in einer Arbeit von JONES (1954). Er unterzog die Absolutschwelle von 20 Stoffen einer Faktorenanalyse und fand 4 Faktoren. Das weist darauf hin, daß die Absolutschwelle nicht nur von der Intensität, sondern noch von anderen Eigenschaften der Reize abhängt. Nimmt man das nicht an, so müßte man akzeptieren, daß die Intensität ein mehrdimensionales Konzept ist. KRUGER et al. (1955) hatten schon den Vorschlag gemacht, Intensität beim Geruch analog zur Intensität in der optischen oder akustischen Wahrnehmung zu betrachten (wie Helligkeit und Lautstärke), d.h. als eine unabhängige Wahrnehmungsdimension, die von schwach nach stark variiert. Die auf anderen Wahrnehmungsgebieten bewährten Skalierungsverfahren sollten auf den Geruch übertragen werden. KRUGER sucht somit die Intensität durch eine Beurteilung der Geruchsstärke zu erfassen. Als physikalisches Korrelat zur Intensität variierten KRUGER et al. die Konzentration des Duftstoffes in Atemluft.

## 2. Die Verwendung psychologischer Skalierungsverfahren zur Bestimmung der Intensität

Es sind mehrere Arbeiten vorgelegt worden, in denen die Intensität durch eine Beurteilung der Geruchsstärke oberhalb der Absolutschwelle bestimmt wurde. Die erste Intensitätsskala, von der in der Literatur berichtet wird, und die sich auf Urteile von Versuchspersonen bezüglich der Geruchsstärke stützt, stellten ALLISON and KATZ (1919) in Form einer Rating-Skala auf. Auch Schutz (1960) benutzte in der oben erwähnten Arbeit eine Intensitätsskala mit 5 Stufen.

Beim Rating-Verfahren treten erfahrungsgemäß leicht Fehler auf, wie z.B. die „Zentrale Tendenz“, „liniency error“ oder „Kontrast-Fehler“, um nur einige zu nennen (vgl. z.B. GUILFORD, 1954, S. 278 ff.). Auf der anderen Seite bietet das Verfahren den Vorteil, daß es sehr leicht und schnell zu handhaben ist. Gerade beim Geruch ist es notwendig, auf die Ökonomie der experimentellen Bedingungen zu achten, da komplizierte Reizdarbietungsapparaturen die Versuchsdauer erhöhen und

Adaptations- und Ermüdungserscheinungen längere Versuchssitzungen verbieten.

OUGH and BAKER (1964) konnten in einer Untersuchung mit unterschiedlichen Konzentrationen des Stoffes 2-Heptanon nachweisen, daß ein Intensitäts-Rating ähnliche Resultate erbrachte wie ein Paarvergleich nach Stärke des Geruchs. Man darf annehmen, daß Urteilsfehler der oben geschilderten Art beim Paarvergleich nicht auftreten und die Aufgabe für die Versuchsperson relativ leicht ist. Der zeitliche Aufwand ist jedoch erheblich größer als beim Rating. Da die Resultate einander gut entsprachen, liegt es nahe, das Ratingverfahren zu benutzen. Unterschiede zwischen den Versuchspersonen, die durch den unterschiedlichen Gebrauch der Intensitäts-Ratingskala hervorgerufen waren, konnten durch lineare Transformationen behoben werden. Daß die Versuchspersonen die Intensität einheitlich beurteilten, zeigen die hohen Korrelationen zwischen den Versuchspersonen, die zwischen 0,93 und 1,00 lagen. Die Faktorenanalyse erbrachte auch dementsprechend nur einen Faktor.

BECK et al. (1954), KRUGER et al. (1955) sowie APPELL (1964) konstruierten Intensitätsskalen nach der Konstanzmethode, indem sie bestimmte Konzentrationen eines Stoffes als Standards benutzten. Diesen Standards mußten dann andere chemische Stoffe unterschiedlicher Konzentrationen zugeordnet werden. Dieses Verfahren der Konstanzmethode hat neben der Schwierigkeit, einen chemischen Stoff als geeigneten Standard zu finden, den Nachteil der komplizierten Versuchsanordnung. Während die Reproduzierbarkeit bei einem Individuum jeweils gut war, traten sowohl in der Arbeit von BECK als auch in der von KRUGER zwischen den Versuchspersonen große Unterschiede auf. Wieweit diese Unterschiede durch Transformationen zu beheben sind, wurde nicht festgestellt.

ENGEN (1961) untersuchte die Anwendung von vier direkten Skalierungsmethoden auf den Geruch: Fraktionierungsmethode, „Magnitude Estimation“ mit vorgeschriebenem Modul, „Magnitude Estimation“ ohne vorgeschriebenen Modul und „Equation of Magnitudes“ (= Konstanzmethode). Es stellte sich heraus, daß das Fraktionierungsverfahren beim Geruch keine brauchbaren Ergebnisse brachte, während beide „Magnitude Estimations“ zuverlässige Resultate zeigten. Die Konstanzmethode erzielte ähnliche Werte wie „Magnitude Estimation“. JONES (1958) und REESE and STEVENS (1960) hatten ebenfalls „Magnitude Estimation“ erfolgreich angewendet.

### 3. Die Unterscheidung von Intensitätsgraden

ENGEN (1961) bietet eine Erklärung für das schlechte Abschneiden der Fraktionierungsmethode: Aufgrund der psycho-physischen Funktion

beim Geruch — negativ beschleunigte Exponentialfunktion mit einem Exponenten von 0,6 oder kleiner, wie sie in einigen Experimenten gefunden wurde — müsse man eine geringe Ausdehnung des subjektiven Intensitätskontinuums annehmen. Die Aufgabe, einen Geruch aus einer Serie zu finden, der die Hälfte der Stärke eines Standards aufweist, sei deshalb für die Versuchspersonen zu schwer gewesen.

In bezug auf die Differenzierungsfähigkeit für Intensitätsgrade herrscht noch einige Unsicherheit. Dies wird deutlich, wenn man die unterschiedliche Anzahl von Stufen bei den Ratingskalen oder Konstanzmethoden betrachtet. BECK et al. konstruierten ihre Skala mit 15 unterschiedlichen Stufen, KRUGER et al. reduzierten ihre auf 9, APPEL benutzte 6, SCHUTZ 5, um nur einige zu nennen. ENGEN and PFAFFMANN (1959) legten ein für diese Frage wichtiges Experiment vor. Ihre Versuchspersonen mußten lernen, mehrere unterschiedliche Intensitäten eines Stoffes zu unterscheiden und sie in einem neuen Durchgang zu identifizieren. Ungeübten Versuchspersonen gelang es nur, 3 Abstufungen richtig zu identifizieren, trainierte Personen ordneten 4 Intensitätsstufen richtig ein. SWAINE (1960) fand dagegen 26 Jnd-Einheiten (i. e. eben merkliche Unterschiede) zwischen Schwellenwerten und hohen Konzentrationen von mehreren Geruchsstoffen. Dies stimmt mit den Folgerungen von HAINER et al. (1954) überein, die in ihrer Informationstheorie des Geruchs annehmen, daß eine Versuchsperson 30 unterschiedliche Stufen der Intensität differenzieren kann. Der drastische Unterschied zu dem Experiment von ENGEN and PFAFFMANN mag dadurch zu erklären sein, daß völlig verschiedene Urteile von den Versuchspersonen verlangt wurden. Beim Experiment von SWAINE handelte es sich um die Feststellung eines Unterschieds in der Wahrnehmung von Geruchsreizen, beim Experiment von ENGEN and PFAFFMANN um die Reproduktion von kurz vorher Gelerntem. HAINER et al. folgern aus ihrer Informationstheorie des Geruchs, daß Lernen und Speichern von Geruchsintensitäten den Versuchspersonen schwerfallen dürfte, da die Stärke eines Geruchs von der Anzahl der 1900 Glomeruli und 24 Neuronen abhängt, die reagieren; d. h. Intensität wird bestimmt durch den Anteil der Fasern, die aktiviert werden.

Ein weiterer Beleg dafür, daß das Unterscheidungsvermögen für Geruchsintensitäten nicht sehr groß ist, ergibt sich aus den hohen Unterschiedsschwellen. Die berichteten Weber-Konstanten schwanken in einem Bereich von 0,17—1,00. Dazu einige Ergebnisse: GAMBLE (1898) fand Werte zwischen 0,30 und 0,35, HERMANIDES (1909, zit. nach v. SKRAMLIK, 1926, S. 305) solche zwischen 0,25 und 0,62, ZIGLER and HOLWAY (1935) Werte zwischen 0,17 und 1,00 und STONE (1964) gibt Weber-Konstanten zwischen 0,23 und 0,53 an. Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen mögen zum Teil zu Lasten der unpräzisen Darbietungs-

apparaturen gehen, zum Teil aber auch auf die verschiedenen verwendeten Duftstoffe zurückzuführen sein. Die Weber-Konstanten für Geruchsintensitäten liegen jedenfalls deutlich über denen anderer Wahrnehmungsgebiete (vgl. HOFSTÄTTER, 1957, S. 238).

Die vorliegenden Daten legen nahe, in Skalierungsexperimenten die Versuchspersonen nicht zu überfordern, sondern eher von einem begrenzten Unterscheidungsvermögen auszugehen.

#### *IV. Untersuchungen der Qualität von Gerüchen*

##### *I. Neuere Klassifikationsversuche*

Die neueren Untersuchungen zur Qualitätsdifferenzierung von Geruchsreizen bedienten sich zum großen Teil faktorenanalytischer Ansätze unter Verwendung von Eigenschaftslisten und Polaritätsprofilen oder Ähnlichkeitsskalierungen. Sie sahen keine Variation hinsichtlich der Konzentration eines Geruchsstoffes vor, sie verwendeten fast ausschließlich 100%ige Stoffe. Die ersten Faktorenanalysen mit Geruchsreizen, über die berichtet wird, sind die von MARGARET D. EYSENCK (1944) und HSÜ (1946). EYSENCK ließ die Reize nach der Bevorzugung rangordnen. Sie erhielt einen „general factor“, den sie im Sinne von HORNBOSTELS „Helligkeit“ interpretierte (vgl. HORNBOSTEL, 1931). HSÜ skalierte die Gerüche auf einer „angenehm/unangenehm“-Skala. Er extrahierte 6 Faktoren. JONES (1954, 1957) unterzog Absolutschwelle von 20 Stoffen einer Faktorenanalyse und erhielt 4 Faktoren. Die Ergebnisse konnten aber in keine der bestehenden Klassifizierungssysteme eingearbeitet werden. Diese Untersuchungen hatten die Eigenart, daß sie nur bestimmte Aspekte der Qualitätsstruktur berücksichtigten.

PILGRIM u. SCHUTZ bemühten sich, eine Standardbatterie von Gerüchen aufzustellen, um mit deren Hilfe andere Geruchsreize klassifizieren zu können (PILGRIM and SCHUTZ, 1957; SCHUTZ, 1960; SCHUTZ et al., 1962; SCHUTZ, 1964). Ihre Beurteilungsskala bestand aus 29 Adjektiven, die die ganze Breite der Geruchsqualitäten erfassen sollten. Sie ließen 30 Gerüche beurteilen. Die Faktorenanalyse (SCHUTZ, 1964) ergab 9 Faktoren. Die Reize mit den höchsten Ladungen wählten sie als Standards. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Standardbatterie bewährt. Sie wurde noch nicht durch andere Arbeiten verifiziert. Die Fruchtbarkeit solcher faktorenanalytischen Untersuchungen ist begrenzt. Das Resultat einer Faktorenanalyse hängt in zu großem Ausmaß von der Stichprobe der Reize ab. Beim Geruch besteht hier die besondere Schwierigkeit, daß das Universum aller Geruchsstoffe unbekannt ist. Es ist fraglich, ob die bisher vorgeschlagenen Interpretationen der Faktoren genügend gesichert sind. Sie sollen deshalb hier nicht aufgeführt werden.

Es gibt einige Experimente mit multidimensionalen Skalierungen: WRIGHT et al. (1964) extrahierten von 50 Stoffen, die sie nach Ähnlichkeit skalieren ließen, 8 Faktoren. WOSKOW (1964) fand bei seiner multidimensionalen Skalierung von 25 Stoffen drei nach seiner Ansicht bedeutende Faktoren. YOSHIDA (1964 a, b, c, d) hat Experimente vorgelegt, in denen er eine Klassifikation der Gerüche versuchte, einmal aufgrund multidimensionaler Skalierung, zum andern mit Hilfe eines abgewandelten Polaritätsprofils. Zu den Klassifikationssystemen von HENNING, ZWAARDEMAKER und CROCKER-HENDERSON (1927) konnten sie keine Übereinstimmung finden, mit Ausnahme einer groben Annäherung an CROCKER-HENDERSON. Weiter ergab sich bei der multidimensionalen Skalierung eine etwas höhere Faktorenzahl als beim Polaritätsprofil. Ein ähnliches Ergebnis erzielte EYFERTH (1966), der ebenfalls multidimensionale Skalierung mit einem für Geruchsbeurteilungen entwickelten Polaritätsprofil verglich. Auch er fand mit der multidimensionalen Skalierung mehr Faktoren als mit dem Polaritätsprofil. Bei der Skalierung, einem komparativen Verfahren, haben die Versuchspersonen offensichtlich mehr Beurteilungsgesichtspunkte berücksichtigt als bei dem Verfahren, das sich in stärkerem Maße sprachlicher Mittel bedient. Die in dem Polaritätsprofil verwendeten Adjektive haben nicht sämtliche Eigenschaften der Reize zu erfassen vermocht, sie reichten nicht aus, den Geruchsraum adäquat zu beschreiben. Schon HENNING (1916, S. 341 ff.) und STECHE (1932) vermuten, daß es mit Hilfe der Sprache nicht möglich sei, sämtliche Geruchsqualitäten genau zu charakterisieren.

Beide Autoren, YOSHIDA (1964 b) wie EYFERTH (1966), fanden übereinstimmend einen „Intensitätsfaktor“. Ob sich auf diesem Faktor auch unterschiedliche Konzentrationen eines Stoffes anordnen lassen, wurde noch nicht festgestellt.

## 2. Veränderungen der Qualität in Abhängigkeit von der Konzentration

Es gibt eine Reihe von Hinweisen, die es nahelegen, in einem Experiment verschiedene Stoffe jeweils in mehreren Konzentrationsstufen zu verwenden.

a) Schon bei v. SKRAMLIK (1926, S. 253) findet man den Satz: „Mit zunehmender Intensität des Reizes kommt es nämlich nicht bloß zu einer Verstärkung der Empfindung, sondern auch zu einer qualitativen Änderung.“ Entsprechendes schreiben ZWAARDEMAKER (1930, S. 490 und 521) und HENNING (1927, S. 732). Bei v. SKRAMLIK und bei HENNING sind Tabellen mit einer Anzahl von Geruchsstoffen, die nach ihrer Erfahrung bei ansteigenden Konzentrationen einen Wechsel in der Qualität zeigen, aufgeführt.

b) In Arbeiten über die psycho-physische Beziehung zwischen Intensität und Konzentration traten bei einigen Stoffen Unregelmäßigkeiten auf. (BECK, 1954; ENGEN, 1961, 1964.) Diese Abweichungen von der Exponentialfunktion wurden als Veränderung der Geruchsqualität interpretiert.

c) STUIVER (1958) postuliert, daß bei genügend hoher Konzentration irgendeines Geruchsstoffes nicht nur der eigentliche Geruchsnerve an der Wahrnehmung beteiligt ist, sondern daß auch der Trigeminus innerviert wird, was zu Schmerz, Kälte- oder Wärmeempfindung führt und somit eine Qualitätsveränderung nach sich zieht.

d) EYFERTH (1965) spricht in diesem Zusammenhang von einem Umkip-Phänomen. Damit ist gemeint, daß sich bei einer bestimmten Intensität der Qualitätseindruck eines Stoffes fast schlagartig wandelt. Er interpretiert so die negativen Zuverlässigkeiten, die er bei einer Beurteilung von Gerüchen mit einem für den Geruch entwickelten Polari-  
tätsprofil gefunden hat.

e) Eine Faktorenanalyse, die mit einem Stoff (Zibet) in 5 unterschiedlichen Konzentrationen durchgeführt wurde (EYFERTH, 1965), ergab zwei Faktoren, einen Faktor in guter Übereinstimmung zur Konzentration, einen zweiten, der zur Konzentration eine U-förmige Beziehung zeigte. Seine Interpretation bereitete Schwierigkeiten. EYFERTH schlug vor, ihn mit „Würzigkeit“ zu bezeichnen. Auf Befragen vermuteten die Versuchspersonen, daß ihnen mehr als ein Stoff dargeboten worden sei. ENGEN and LINDSTRÖM (1962) fanden ebenfalls in Ähnlichkeitsskalierungen einen Faktor, der zur Konzentration eine U-förmige Beziehung aufwies. Sie konnten ihn nicht interpretieren.

Es ist in diesem Zusammenhang interessant, daß diese nichtlineare Beziehung zwischen Qualitätseindruck und Konzentration nicht nur auf dem Gebiet der Geruchswahrnehmung, sondern auch beim Geschmack auftritt. HELLAUER (1966) prüfte den Süßgeschmack von Zyklamats im Paarvergleich mit Zucker. Es zeigte sich eine U-förmige Abhängigkeit der „Süße“ des Zyklamats von der Konzentration im Lösungsmittel. Wieweit hier ein hedonischer Aspekt der Beurteilung vorliegt, ist noch nicht genauer untersucht worden. KENNETH (1927) wies darauf hin, daß eine Beziehung zwischen der angenehm/unangenehm-Beurteilung und der Konzentration bestehe (vgl. auch v. SKRAMLIK, 1926, S. 123; EYFERTH, 1966, S. 266). YOSHIDA (1964c) und WOSKOW (1964) fanden übereinstimmend, daß die Bewertungsdimension „angenehm/unangenehm“ bei 100%igen Stoffen und naiven Versuchspersonen der bedeutendste Beurteilungsaspekt von Gerüchen sei. Die enge Verflechtung von Gefühl und Geruch ist häufig erwähnt worden (vgl. HENNING, 1916, Kap. 15).

### V. Darstellung der Intensität im Ähnlichkeitsraum

Versucht man die Intensität in die Klassifikationsmodelle, die mit Hilfe von Faktorenanalysen gewonnen wurden, einzuarbeiten, d.h. eine Darstellung der Intensität im subjektiven Raum zu finden, so bieten sich zwei Möglichkeiten an:

a) Einmal ist es durchaus denkbar, daß die Intensität des Geruchs sich analog zur Intensität bei der Farbwahrnehmung (vgl. INDOW and KANAZAWA, 1960) als eine zu den Qualitäten senkrecht stehende, somit unabhängige Dimension repräsentiert.

b) Zum ändern könnte das Ekmansche Modell Anwendung finden, in dem Intensität als das Ausmaß von Qualität betrachtet wird. BIENFANG (1946) entwickelte für den Geruch eine ähnliche Vorstellung, führte dazu aber keine Experimente durch. Er ordnete die Gerüche in einer Kugel an, wobei der Radius wie bei EKMANN die Stärke bzw. die Intensität eines Geruchseindrucks darstellt; die verschiedenen Qualitäten sind auf dem Äquator angeordnet, und es wird eine weitere Dimension „Klarheit“ mit den Polen „scharf, penetrant/weich, dumpf“ eingeführt.

### VI. Fragestellung des Experiments

Die in diesem Bericht dargestellte Untersuchung soll zu folgenden Fragen Stellung nehmen:

1. Ist die Intensität in einem Klassifikationsmodell von Gerüchen zu berücksichtigen, wenn das Modell aus den Urteilen von Versuchspersonen mittels einer multidimensionalen Skalierung gewonnen wird und die Beurteilungsobjekte unterschiedliche Konzentrationen verschiedener Stoffe sind?

Sollte diese Frage positiv beantwortet werden, so sind die beiden nächsten zu beantworten.

2. Wie ist die Repräsentation der Intensität in dem aus der Skalierung resultierenden Ähnlichkeitsraum? Auf diese Frage gibt es 2 Antworten:

a) Die Intensität entspricht einem unabhängigen Faktor im Ähnlichkeitsraum und ist als ein unabhängiges Beurteilungsmerkmal zu betrachten.

b) Die Intensität wird im Ähnlichkeitsraum durch die Länge der Vektoren repräsentiert, wobei der Ursprung im Zentrum der Konfiguration liegt. In diesem Fall ist Intensität kein von den anderen unabhängiges Merkmal der Reize, sondern stellt das Ausmaß von Qualität dar.

3. Verändert sich mit zunehmender Konzentration eines Stoffes dessen Qualitätseindruck?

## B. Untersuchungsplan

Das folgende Schema gibt einen Überblick über das Experiment (vgl. Abb. 1). Es soll nun der Untersuchungsplan kurz erläutert werden. Zur Erleichterung der Übersicht beziehen sich die voranstehenden Ziffern auf Abb. 1.

(1) Die Reize bestehen aus 4 verschiedenen Stoffen in 4 unterschiedlichen Konzentrationen: Diese Reize werden von den Versuchspersonen

(2) nach Intensität,

(3) nach Ähnlichkeit beurteilt.

(4) Sowohl bei der Intensitäts- als auch bei der Ähnlichkeitsbeurteilung soll versucht werden, eine systematische Gruppierung der Versuchspersonen zu finden. Falls eine Gruppierung gelingt, müßten die späteren Verrechnungen getrennt für jede Gruppe durchgeführt werden.

(5) Aus den Intensitätsbeurteilungen wird eine Intensitätsskala erstellt. Die Intensitätsskala wird zur Konzentration in Beziehung gesetzt und eine Vorhersage auf das Ähnlichkeitsurteil angestrebt.

(6) Die Ähnlichkeitsbeurteilung wird in einen metrischen Ähnlichkeitsraum transformiert.

(7) Sodann wird die Frage gestellt, ob Intensität überhaupt im Ähnlichkeitsurteil eine Darstellung findet. Es gibt 2 Antwortmöglichkeiten:

(7a) Nein: Die unterschiedlichen Intensitäten eines Stoffes liegen im Ähnlichkeitsraum auf einer Stelle, wobei eine gewisse Fehlerstreuung zu berücksichtigen ist. Unsere Arbeit wäre beendet.

(7b) Ja: Die unterschiedlichen Intensitäten eines Stoffes liegen im Ähnlichkeitsraum nicht auf einer Stelle. Jetzt schließen sich 2 Probleme an (8 und 9):

(8) Art der Darstellung im Ähnlichkeitsraum mit folgenden Alternativen:

(8a) Es existiert ein Intensitätsfaktor, der eine wenigstens monotone Beziehung zur Intensitätsskala besitzt mit einem Ursprung oder nicht riechenden Pol außerhalb des Zentrums der Reizkonfiguration.

(8b) Intensität entspricht der Vektorlänge im Ähnlichkeitsraum mit Ursprung im Zentrum der Reizkonfiguration.

(9) Frage nach den Qualitätsveränderungen in Abhängigkeit von der Konzentration eines Stoffes.

(9a) Die unterschiedlichen Intensitäten eines Stoffes liegen auf einer im Ähnlichkeitsraum eingebetteten Geraden; das bedeutet, daß alle Konzentrationsstufen eines Stoffes die gleichen Qualitäten in gleichem Verhältnis besitzen.

(9b) Die unterschiedlichen Intensitäten eines Stoffes lassen sich nicht auf einer Geraden anordnen. In diesem Fall hat sich von einer Konzen-

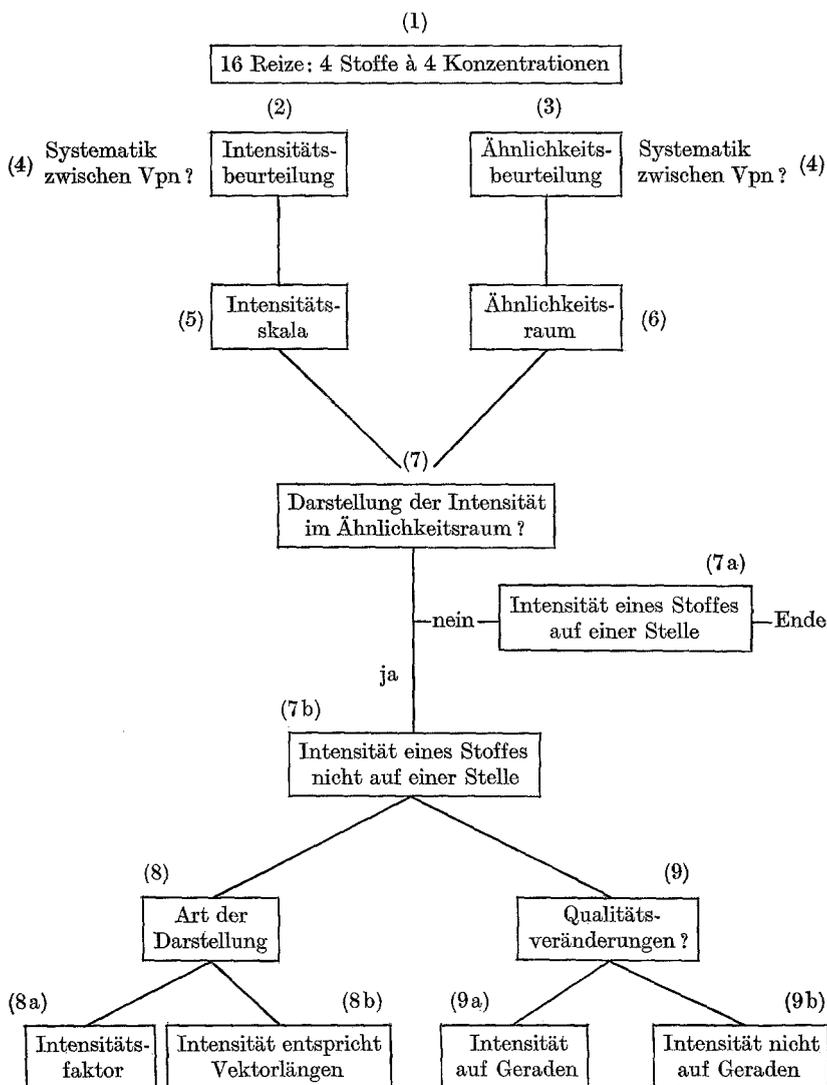


Abb. 1. Untersuchungsplan

trationsstufe zur nächsten das Verhältnis der ihr zugeschriebenen Qualitäten verändert. Es können auch ganz neue Qualitäten hinzukommen.

### C. Durchführung des Experiments

#### I. Stoffauswahl

Vier Riechstoffe wurden in je 4 Konzentrationen gewählt. Die Zahl von 4 Riechstoffen und 4 Konzentrationen wurde aus ökonomischen Er-

wägungen festgesetzt; die Kapazität der Versuchspersonen sollte nicht überfordert werden (vgl. S. 250). Eine geringere Zahl als die 4mal 4 Reize wäre wegen eventuell auftretender Interpretationsschwierigkeiten unzweckmäßig. Die Konzentrationen wurden logarithmisch abgestuft, da man annehmen kann, daß das Webersche Gesetz für das Intensitätskontinuum in Annäherung Geltung hat. Die Abstufung der Konzentrationen wird in Prozentanteilen reizgesättigter Luft in normaler Zimmerluft angegeben. Verwendet wurden: 1,4% ; 5,8% ; 14,1% ; 100,0%.

Die Auswahl der 4 Riechstoffe geschah aufgrund folgender Kriterien:

- a) Brauchbarkeit hinsichtlich ihrer chemischen Merkmale für Replikationen,
- b) in der Literatur als reine Riechstoffe ohne Nebenwirkungen wie Schmerz, Kälte u. ä. beschrieben,
- c) nach vorliegenden Qualitätsuntersuchungen als nicht zu ähnlich klassifiziert.

Die 4 Riechstoffe sind<sup>1</sup>:

1. Salizylsäureamylester (im folgenden SA): Ein dumpfer, süßer, tropischer Geruch.
2. Salizylsäuremethylester (im folgenden SM): Ebenfalls ein dumpfer, süßer Geruch, aber mit einer charakteristischen brenzlichen Komponente.
3. Geraniol (im folgenden GE): Ein frischer, rosenartiger Geruch.
4. Linalool (im folgenden LI): Moosartig, ein wenig wie Mailöckchen.

## II. Intensitätsskalierung

Zur Intensitätsskalierung benutzten wir ein Ratingverfahren mit einer Skala gleich erscheinender Intervalle von 0 = „riecht fast gar nicht“ bis 9 = „riecht sehr intensiv“. Die Berechtigung für dieses Vorgehen wurde oben diskutiert.

## III. Entwicklung einer Beurteilungsskala für Geruchsähnlichkeiten

Frühere Versuche von EYFERTH (1966) hatten gezeigt, daß verbale, die Reize beschreibende Verfahren Unterschiede zwischen Geruchsreizen nicht so gut zu erfassen vermögen wie komparative Verfahren, in denen die Qualität des Geruchs durch seine Ähnlichkeit zu anderen Gerüchen definiert wird. Für die hier geplante Untersuchung kamen daher nur komparative Verfahren in Frage. Der Tripelvergleich dürfte eines der

<sup>1</sup> Die Firma „drom“, München, hatte die Freundlichkeit, die Riechstoffe unentgeltlich zur Verfügung zu stellen. Besonders danken möchten wir Herrn Dr. STEINER, der uns als Chemiker mit seiner großen Erfahrung bei der Auswahl der Geruchsstoffe wertvolle Unterstützung zuteil werden ließ.

zuverlässigsten Verfahren der Ähnlichkeitsskalierung sein, weil man in ihm sehr viele Urteile von den Versuchspersonen fordert, was analog zu einer Testverlängerung als Zuverlässigkeitsgewinn interpretiert werden kann. Da bei diesem Verfahren alle möglichen Dreierkombinationen aus den zu beurteilenden Reizen gebildet werden müssen, ist die Anwendbarkeit der Methode durch die außerordentlich große Zahl von Vergleichen beschränkt. Dies fällt bei olfaktorischen Untersuchungen um so mehr ins Gewicht, als Adaptation und Ermüdungswirkungen eine größere Zahl von Beurteilungen pro Sitzung verbieten. Deshalb wurde für diese Untersuchung eine Skala entworfen, die in mehreren Abstufungen den Grad der Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit je zweier Reize direkt zu bestimmen erlaubt.

Bei Gerüchen muß insbesondere damit gerechnet werden, daß die Versuchspersonen dazu tendieren, ihre Urteile am Unähnlichkeitspol zu häufen, so daß schiefe Verteilungen resultieren. Um eine stabile Skala zu erhalten, sollten die Skalenpunkte nicht nur durch Ziffern bezeichnet, sondern darüber hinaus verbal verankert sein.

Nach mehreren Vorversuchen wurden aus einer größeren Zahl von vorformulierten Ähnlichkeitsurteilen 10 für die endgültige Skala ausgewählt. Diese Skala wurde überprüft:

a) Wir ließen auf dieser Skala die Ähnlichkeit von 7 Geruchsstoffen im Vergleich zu 2 Ankerreizen einstufen. Das ergab für jeden der beiden Ankerreize ein Ähnlichkeitskontinuum.

b) Mit den gleichen Reizen wurde ein Tripelvergleich durchgeführt. Aus den 7 Vergleichsreizen wurden alle  $\binom{7}{2} = 21$  möglichen Paare gebildet. Jedes Paar wurde durch den Ankerreiz zu einem Tripel vervollständigt. Zu jedem der Tripel mußten die Versuchspersonen angeben, welcher der beiden Vergleichsreize dem Ankerreiz ähnlicher sei. Diese Prozedur wurde mit beiden Ankern durchgeführt, so daß jede Versuchsperson 42 Urteile abzugeben hatte. Die Urteile wurden nach THURSTONEs Fall 5 zu Skalenwerten verrechnet.

An beiden Versuchen nahmen 40 Versuchspersonen teil. Für jeden der beiden Ankerreize erhielten wir eine Rating- und eine Paarvergleichsskala, auf der die 7 Vergleichsreize entsprechend ihrer Ähnlichkeit zum Ankerreiz lokalisiert waren. Beide Vergleichsverfahren wurden daraufhin geprüft, ob sie gleichartige Resultate erbringen, d. h. ob beide Messungen linear aufeinander bezogen sind. Ist das der Fall, so kann der Paarvergleich gegenüber dem Tripelvergleich als gleichwertig betrachtet werden.

Unser Ergebnis war nicht ganz eindeutig. Es ergab sich bei einem Ankerreiz eine sehr gute Übereinstimmung; die Linearität der Regression der paarvergleichenden Urteile auf die Tripelvergleichswerte ist sehr

deutlich. Bei dem zweiten Ankerreiz liegt keine eindeutige Linearität vor. Die Prüfung der Regressionsfunktion auf Linearität ergab folgendes Resultat:

	Citral	$F_{(5; 287)} = 1,189$
	Eugenol	$F_{(5; 287)} = 2,270$
Kritische $F$ -Werte	0,05	$F_{(5; 287)} = 2,240$
	0,01	$F_{(5; 287)} = 3,080$

Eine signifikante Abweichung von  $H_0$  (Linearität trifft zu) konnte bei Citral nicht nachgewiesen werden, wohl aber bei Eugenol eine Abweichung auf dem 5 %-Niveau.

Bei Zusammenlegung der Quadratsummen von Citral und Eugenol erhielten wir folgende Werte:

	$F_{(10; 574)} = 1,75$
Kritische $F$ -Werte	0,05 $F_{(10; 574)} = 1,84$
	0,01 $F_{(10; 574)} = 2,34$

Hierbei ist keine signifikante Abweichung von der Linearität nachzuweisen.

Die Ergebnisse des Tripelvergleichs von Eugenol zeigten große interindividuelle Unterschiede, dagegen kaum Unterschiede in den gemittelten Skalenwerten, so daß man das Ergebnis bei Eugenol kaum als Kriterium für die Qualität der Neun-Punkte-Skala anerkennen kann. Eugenol hatte offenbar eine so unausgeprägte Qualität, daß der Vergleich dieses Reizes mit den anderen die Versuchspersonen überforderte; Citral erleichterte den Versuchspersonen dagegen eine Assoziationsbildung. Der Stoff erinnerte die Versuchspersonen sehr an den Geruch von Zitronen.

Die Ähnlichkeitsskalierung auf der Neun-Punkte-Skala war für ein Reizpaar wiederholt worden, und zwar in der gleichen Sitzung nur mit umgekehrter Darbietungsfolge (also zuerst  $A-B$ ; später dann  $B-A$ ). Die Korrelation beträgt  $r_{tt} = 0,46$ . In dieses von Null zwar hoch signifikant abweichende, aber dennoch nicht voll befriedigende Resultat geht wieder der zweite Ankerreiz Eugenol, der die schlechteren Ergebnisse bei dem Skalenvergleich zeigte, mit ein. Es ist anzunehmen, daß die Zuverlässigkeit bei geeigneten Geruchsstoffen, d.h. bei Geruchsstoffen, die eine Assoziationsbildung erleichtern, höher liegt. Die Zuverlässigkeit von Geruchsurteilen ist darüber hinaus noch sehr stark abhängig von dem Riechvermögen der einzelnen Versuchspersonen. YOSHIDA (1964c) fand in den Arbeiten mit multidimensionalen Skalierungen von Geruchsstoffen bei ungeübten Versuchspersonen Zuverlässigkeiten, die in dem Bereich von  $r_{tt} = 0,2$  bis  $r_{tt} = 0,6$  streuen. Durch Training der Versuchspersonen erhöht sich die Zuverlässigkeit. Die große interindividuelle Variation in den Urteilen über Geruchsreize zeigt sich

nicht nur in den unterschiedlichen Zuverlässigkeiten der einzelnen Versuchspersonen, sondern spiegelt sich ebenfalls in den Häufigkeitsverteilungen der vorliegenden Daten wider (vgl. die Ergebnisse von BECK et al., 1954, und KRUGER et al., 1955).

TUCKER and MESSICK (1963) entwickelten ein Verfahren zur Aufteilung der Versuchspersonen entsprechend ihrer Ähnlichkeitsurteile in verschiedene Gruppen; mit jeder dieser Gruppen wird dann getrennt die multidimensionale Skalierung durchgeführt. Dieses Verfahren wurde von mehreren Autoren auf Urteilsprozesse verschiedener Bereiche erfolgreich angewendet (vgl. HELM and TUCKER, 1962; JACKSON and MESSICK, 1963; AHRENS, 1967). Wir beschlossen, in der Hauptuntersuchung mit Hilfe dieses Verfahrens nach einer Systematik in der Versuchspersonenvarianz zu forschen.

Die Ähnlichkeitsskala wurde dann mit einigen Abwandlungen übernommen.

#### *IV. Begründung für die Verwendung des Skalierungsverfahrens*

Unsere Ausgangsdaten bestehen aus Zahlen, die wir als Maß für die Unähnlichkeit je zweier Reize betrachten, aus diesem Maß soll eine Schätzung für die Distanz zwischen den beiden zugehörigen Punkten gefunden werden. Die Diskussion, ob die Unähnlichkeitsurteile komparative oder absolute Distanzen sind, interessiert hier nicht, da bei dem verwendeten Verfahren nur eine Ordinalskala der Unähnlichkeitsurteile verlangt wird. Es ist somit nicht notwendig, eine additive Konstante zu schätzen. Zur Analyse der Distanzen entschlossen wir uns für das iterative Verfahren von KRUSKAL (1964a, b):

a) weil es trotz geringer Anforderung an die Skalenqualität der Daten als Ergebnis einen metrischen Raum liefert und

b) weil es die Möglichkeit bietet, die Distanzen nicht nur nach der euklidischen Metrik zu berechnen, sondern innerhalb der Minkowski-Metriken zu variieren. Dies geht aus folgender Definition der Distanz  $d_r(i, j)$  hervor:

$$d_r(i, j) = \left( \sum_{s=1}^t |x_{i_s} - x_{j_s}|^r \right)^{1/r}.$$

Dieser Ausdruck gibt die Distanz zwischen den Punkten  $i$  und  $j$  wieder, gemessen im subjektiven Ähnlichkeitsraum.  $x_{i_s}$  und  $x_{j_s}$  sind die Koordinaten der Punkte  $i$  und  $j$  auf der Achse  $s$ . Sind  $t$  Dimensionen gegeben, so läuft  $s$  von 1 bis  $t$ . Der Exponent  $r$  charakterisiert die Metrik des Raumes; bei  $r=2$  liegt ein euklidischer Raum vor, bei  $r=1$  handelt es sich um die sog. „City-Block-Metric“. Bisher sind nur diese beiden Werte von  $r$  in anschaulich faßbaren Raummodellen verwandt worden.

Diese sind jedoch Sonderformen,  $r$  kann von 1 bis  $\infty$  variieren. Eine Rotation der Raumachsen ist nur bei  $r = 2$  statthaft, in allen anderen Fällen verändern sich bei Rotation die Distanzen. Das Kruskalsche Verfahren arbeitet iterativ. Für jeden Durchgang gibt man einen festen Exponenten und eine feste Zahl von Dimensionen vor. Es wird diejenige Punktekonfiguration gesucht, bei welcher die errechneten Distanzen zur Rangfolge der empirischen Unähnlichkeitswerte in optimal monotoner Beziehung stehen. Man berechnet einen Koeffizienten, den sog. „Stress“, der anzeigt, wie gut die errechnete Lösung mit den empirischen Daten übereinstimmt.

$$\text{Stress} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i < j} (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_{i < j} d_{ij}^2}}.$$

Hierbei ist  $d_{ij}$  wie auf S. 260 definiert,  $\hat{d}_{ij}$  = die Distanzen, für die  $S$  minimal wird, unter der Bedingung, daß die  $\hat{d}_{ij}$  die gleiche Rangordnung aufweisen wie die empirischen Unähnlichkeitswerte. (Vgl. KRUSKAL, 1964a, S. 9).

Global interpretiert, gibt  $S$  an, wieviel Prozent der empirischen Unähnlichkeitsurteile durch die geometrische Repräsentation nicht erfaßt werden. Das heißt, je kleiner  $S$  ist, desto besser ist die Lösung. Man führt die Rechnung wiederholt mit unterschiedlichen Zahlen von Dimensionen und anderen Exponenten durch und akzeptiert die Lösung als die beste, bei welcher  $S$  am kleinsten, die Übereinstimmung zu den empirischen Daten also am besten ist.

#### V. Das Olfaktometer

Die wichtigste Voraussetzung zur Durchführung einer Geruchsuntersuchung ist die Apparatur. Die Arbeiten über Qualitätsunterscheidungen von Gerüchen sind fast ausschließlich mit recht primitiven Methoden durchgeführt worden, und zwar mit einfachen „sniff-bottles“, das sind Riechfläschchen, in denen der Riechstoff in kleinen Mengen abgefüllt oder auf geeignetes Material wie Filterpapier getropft ist. Sie erlauben keine saubere Abstufung der Konzentrationen. Schwellen, Weberbrüche, Adaptation u.ä. wurden zum Teil mit sehr komplizierten Geruchsdarbietungsanlagen bestimmt, die aber in der Regel nur die Möglichkeit der Variation von Konzentrationen eines einzigen Stoffes bieten. Für die vorliegende Fragestellung mußte also ein Olfaktometer gefunden werden, das sowohl die qualitative wie auch die quantitative Variation von Geruchsstoffen in möglichst schneller Aufeinanderfolge ermöglicht. Nach Plänen von EYFERTH wurde ein entsprechendes Olfaktometer gebaut. Hier sollen seine Funktionsprinzipien nur kurz angedeutet werden: In einen Glaszylinder (Volumen: 1200 cm<sup>3</sup>) kann durch

Senken eines Kolbens entweder aus dem Versuchsraum Zimmerluft oder aus einer von sechs angeschlossenen Flaschen reizgesättigte Luft abgesaugt werden. Wird aus einer der Geruchsflaschen ausschließlich reizgesättigte Luft übertragen, so befindet sich im Zylinder nach unserer Definition eine 100%ige Konzentration des Geruchsreizes. Durch Ansaugen unterschiedlicher Anteile von reizgesättigter Luft und von Zimmerluft kann im Zylinder jede beliebige Reizkonzentration hergestellt werden. Ist die gewünschte Konzentration vorhanden, so öffnet der Versuchsleiter den Zylinder für die Versuchsperson, welche sich ein in zwei sog. Geruchsoliven endendes, gegabeltes Glasrohr in die Nasenöffnungen steckt. Durch dieses Rohr kann die Versuchsperson den Zylinderinhalt inhalieren, wobei der Kolben im Zylinder gemäß dem abgesaugten Volumen aufrückt. Hierdurch ist für den gesamten Prozeß des Einatmens eine gleichmäßige Konzentration des Reizes in der Atemluft gewährleistet. Durch Gegengewichte wird ein leichtes Bewegen des Kolbens ermöglicht.

#### *VI. Experimentalanordnung*

Die Stichprobe der Versuchspersonen bestand aus 23 männlichen Studenten im Alter von 20—25 Jahren. Weibliche Versuchspersonen wurden ausgeschlossen:

a) Wegen des Olfaktometers, das vielleicht den weiblichen Studentinnen größere Schwierigkeiten gemacht hätte;

b) weil sich die einzelnen Sitzungen über Wochen verteilten. KÖSTER (1965) stellte bei weiblichen Versuchspersonen eine größere Instabilität bei der Geruchsbeurteilung über die Zeit hin fest als bei männlichen.

Pro Versuchsperson wurde eine getrennte Reihenfolge der 120 Paare von 16 Reizen nach Zufall gebildet. Die Stellung des ersten Reizes pro Paar wurde ebenfalls nach Zufall festgelegt. Die 120 Paare wurden auf 8 Sitzungen verteilt. Pro Sitzung wurden 15 Paare gegeben, pro Paar stand 1 min Darbietungszeit zur Verfügung, d.h. pro Geruch 30 sec. Diese Spanne war notwendig wegen der Reinigung des Apparates zwischen den Reizdarbietungen. Anschließend an jeden Paarvergleich wurde 1 min Pause eingelegt, um Adaptationswirkungen zu vermeiden. Eine Zusatzuntersuchung<sup>2</sup> mit den gleichen Geruchsstoffen zeigte, daß eine Zwischenzeit von 15 sec zwischen je 2 Geruchsstoffen eines Paares besser gewesen wäre. Bei dieser Untersuchung wurde den Versuchspersonen zunächst ein Geruchsstoff dargeboten; nach einer festgesetzten Zeit von 15, 30, 60 oder 120 sec mußten die Versuchspersonen aus 2 Geruchsstoffen den zuvor gebotenen wiedererkennen. Mit dieser veränderten Aufgabenstellung sollte ein möglichst objektives Maß für das Erinnerungs-

<sup>2</sup> Die Untersuchung wurde im Rahmen einer Diplomvorprüfungsarbeit am Psychologischen Institut der Universität des Saarlandes von Fräulein stud. phil. C. FREITAG durchgeführt.

vermögen erhoben werden. Bei einer Zwischenzeit von 15 sec wurden signifikant weniger Verwechslungen als bei 30 sec registriert. Aus technischen Gründen mußte auf die optimale Zeit verzichtet werden.

Die Versuchspersonen hatten während der Sitzung einen Schreibblock mit der Ähnlichkeitsskala neben sich, auf dem sie das passendste Urteil ankreuzen mußten. Zu Anfang der ersten Sitzung wurde der Versuchsperson in Probeversuchen die Vertrautheit mit der Apparatur und mit den verwendeten Gerüchen vermittelt. In der letzten Sitzung führten wir im Anschluß an die Ähnlichkeitsskalierung die Intensitätsskalierung der 16 Reize durch. Die Versuchspersonen hatten am Tag maximal 2 Sitzungen mit mindestens 2 Std Abstand. Im Rahmen des Möglichen wurden die situativen Bedingungen, insbesondere Belüftung, Raumtemperatur usw. konstant gehalten, was durch eine anhaltende Schlechtwetterperiode begünstigt wurde. Um genügende Motivation zur Mitarbeit bei den Versuchspersonen zu gewährleisten, wurden sie bezahlt.

## D. Darstellung der Ergebnisse<sup>3</sup>

### I. Intensitätsurteile

Um über die Dimensionalität der Intensitätsurteile eine Aussage machen zu können, führten wir eine Principal-Axes-Analyse durch. Nur wenn diese Analyse genau einen Faktor erbringt, ist es statthaft, von dem Begriff Intensität im Sinne eines eindimensionalen Merkmals zu sprechen. Die Literatur enthält bisher zwei widersprüchliche Berichte, und zwar gewannen OUGH and BAKER (1964) einen Intensitätsfaktor, während in der Arbeit von EYFERTH (1965) 2 Dimensionen extrahiert wurden.

Für unsere eigene Analyse wurden die Skalarprodukte der Urteile für alle Versuchspersonenpaare gebildet, was einer *Q*-Faktorenanalyse entspricht. Es resultierte ein Faktor, der 93% der Varianz extrahierte. Die folgenden Faktoren hatten jeweils nur sehr geringe Varianzanteile, die eine sinnvolle Interpretation nicht zuließen. Bei dieser Rechnung war noch nicht berücksichtigt worden, daß sich die Versuchspersonen hinsichtlich ihres mittleren Intensitätsurteils unterschieden. Da wir von der Intensitätsskalierung bestenfalls annehmen können, daß es sich um eine Intervallskala handelt, ist in den Mittelwertsunterschieden keine Information über die beurteilten Gerüche enthalten. Andererseits führen die Unterschiede zwischen den mittleren Intensitätsurteilen zu einer Vergrößerung des ersten Faktors. Deshalb wurde die Principal-Axes-Analyse nach einem Mittelwertsausgleich wiederholt. Hier fand sich wieder ein erster Faktor, der 73% der Varianz erfaßte. Auf den übrigen

<sup>3</sup> Die Rechnungen sind zum größten Teil vom Deutschen Rechenzentrum, Darmstadt, durchgeführt worden.

Faktoren ergab sich keine systematische Gruppierung der Versuchspersonen. Ein ähnliches Ergebnis fanden OUGH and BAKER (1964), die auch nach Versuchspersonenunterschieden bei einer Intensitätsskalierung von Gerüchen suchten. Diese Autoren haben nicht nur die Mittelwertunterschiede zwischen den Versuchspersonen ausgeglichen, sondern zusätzlich noch die Streuungen homogenisiert. Durch den Streuungsausgleich dürfte jedoch die relative Stärke des ersten Faktors nicht verändert werden, was sich in der Arbeit von OUGH and BAKER zeigt. Deshalb wurde in unserer Arbeit der Ausgleich nicht vorgenommen.

Aus der *Q*-Analyse wurde der Schluß gezogen, daß alle Versuchspersonen aus der gleichen Grundgesamtheit stammen und daß die Unterschiede zwischen ihren Urteilen zufallsbedingt sind. Es ist also gerechtfertigt, Intensität hier als ein eindimensionales Konzept aufzufassen und die Einzelurteile der Versuchspersonen in Mittelwerten zusammenzufassen.

### *II. Beziehung zwischen Intensität und Konzentration*

In der Abb. 2 ist die Beziehung zwischen Intensität und der Konzentration der 4 Riechstoffe dargestellt. Die Geraden wurden nach Augenmaß eingezeichnet.

Im allgemeinen zeigt sich eine lineare Beziehung. Etwas größere Abweichungen finden sich bei SA und LI. Bei SA liegt möglicherweise ein Qualitätswechsel vor. Ein Teil der Versuchspersonen hatte die in Frage kommende Konzentration abweichend von den übrigen Stufen des Stoffes als „nach faulen Eiern riechend“ charakterisiert. Bei LI steigt die Intensität zwischen den Stufen 3 und 4 sehr stark an. Eventuell wird bei der Konzentrationsstufe 4 auch der Trigeminus innerviert, was die Abweichung von der Geraden erklären könnte. Versuchspersonen bezeichneten LI 4 als „stechend, schmerzhaft“. Diese Interpretationen benötigen speziellere Untersuchungen, die auch eine statistische Absicherung ermöglichen.

Aufgrund der Intensitätsskalierung konnten geringere Qualitätsveränderungen innerhalb der 4 Intensitäten von GE und SM vorhergesagt werden, größere sind bei LI und SA, besonders bei LI 4, zu erwarten.

### *III. Die Ähnlichkeitsurteile*

Auch bei den Ähnlichkeitsurteilen haben wir zunächst versucht, eine systematische Variation zwischen den Versuchspersonen zu finden. Wir verwendeten das Verfahren von TUCKER and MESSICK (1963), das in der Zielsetzung einer *Q*-Analyse entspricht und als Ergebnis einen mehrdimensionalen Raum liefert, in dem die Versuchspersonen als Punktekonfiguration eingebettet sind. Auch hier ergab sich ein starker erster Faktor, der 83% der Varianz erfaßte. Dann folgte eine ganze Anzahl

kleinerer Faktoren, die nur sehr geringe Varianzanteile hatten. Nach den gleichen Argumenten wie zuvor wurde wieder ein Mittelwertsausgleich zwischen den Versuchspersonen durchgeführt. In der Reihenfolge der Extraktion hatten die Faktoren danach folgende Varianzanteile: 34,6%; 6,6%; 5,9%; 5,0%; 4,9%; 4,2%. Nach 6 Faktoren wurde die Analyse abgebrochen, da die Varianzanteile nur noch minimal abfielen. Inwieweit die letzten 5 Faktoren zu berücksichtigen sind, ist schwer zu

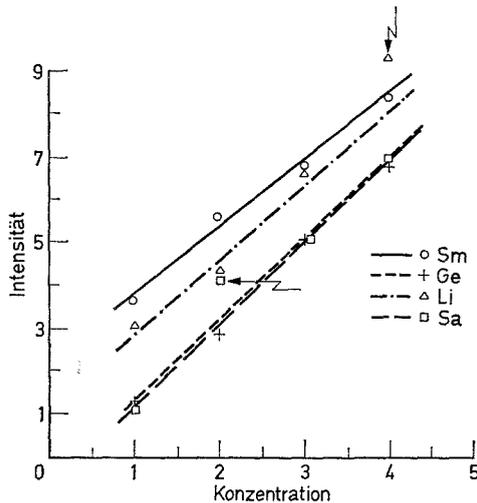


Abb. 2. Beziehung zwischen Intensität und Konzentration der Geruchsstoffe Salizylsäureamylester, Salizylsäuremethylester, Geraniol und Linalool

entscheiden. Wir versuchten, eine Gruppierung der Versuchspersonen mit einigen — aus der Intensitätsskalierung gewonnenen — Kriterien zu erreichen. Wir berechneten für jede Versuchsperson 2 Indizes:

a) ein Maß für die Vertauschungen von Konzentrationen in den Intensitätsurteilen,

b) die Korrelation zwischen ihren Intensitäts- und Ähnlichkeitsurteilen.

Es gelang jedoch auch mit dieser zusätzlichen Information nicht, in der *Q*-Analyse eine Gruppierung der Versuchspersonen zu finden. Daher wurde angenommen, daß sich die Differenzen innerhalb der Beurteilungsgruppe entweder in spezifischen oder in Fehlerfaktoren niederschlagen. Für die Interpretation als Fehler spricht der Abfall der Varianzanteile vom ersten zu den weiteren Faktoren wie die bei Geruchsratings erfahrungsgemäß geringe Zuverlässigkeit, die ein  $r_{tt}$  von 0,60 nicht übersteigt. Deshalb wurde beschlossen, den konservativen Weg zu wählen und für die weitere Datenanalyse die Einzelurteile zusammenzufassen. Wegen der zum Teil von der Normalität abweichenden

Verteilungen berechneten wir Medianwerte der Ähnlichkeitsurteile aller Versuchspersonen.

#### IV. Ergebnis und Interpretation der Kruskal-Analyse

##### 1. Die Auswahl der endgültigen Lösung

Für jeden Durchgang des Verfahrens von KRUSKAL muß der Exponent  $r$  und die Zahl der Dimensionen  $t$  vorgegeben werden. Jedesmal erhält man eine Lösung. Aus diesen ist im Anschluß diejenige auszuwählen, die als Grundlage für die Interpretation dienen soll. Für die Auswahl gibt es Kriterien, die jedoch nicht unbedingt eine eindeutige Entscheidung garantieren. Das wichtigste Kriterium ist der „Stress“ ( $S$ ). Man hat die Lösung zu akzeptieren, bei welcher  $S$  am geringsten ist. Da jedoch mit wachsender Zahl von Dimensionen  $S$  notwendigerweise kleiner wird, sollte man die Zahl der Dimensionen gerade so hoch wählen, daß ein „genügend kleiner“ Stress gewährleistet wird. KRUSKAL selbst bezeichnet ein  $S$  von 5% als gut und ein  $S$  von 2,5% als ausgezeichnet (KRUSKAL, 1964a, S. 3). Diese Strategie ist aber nur dann befriedigend, wenn der Stress bis zu einer bestimmten Zahl von Dimensionen jeweils relativ stark abnimmt und dann annähernd konstant bleibt.

Die Abb. 3 zeigt  $S$  in Abhängigkeit von  $r$  und der Zahl der Dimensionen für unsere Daten. Die Lösung mit dem geringsten Stress findet sich bei  $r=2,5$  und der Dimensionszahl 5. Die nächstfolgenden Lösungen unterscheiden sich jedoch nur um minimale Anteile von dieser besten, so daß es fraglich ist, ob diese geringen Unterschiede im Stress wirklich dazu berechtigen, eine Lösung vor den anderen zu bevorzugen.

Wie die Betrachtung der Faktorenstrukturen zeigt, sind die Unterschiede zwischen den Punktekonfigurationen dieser Lösungen mit ähnlichem Stress auch relativ gering. Wollte man eine Lösung eindeutig als die beste auswählen, so müßte man Auskunft darüber haben, ob sich die ausgewählte Lösung mehr als nach Zufall zu erwarten von den anderen unterscheidet. Es existiert bislang noch kein Weg, diese Frage zufalls-kritisch zu beantworten. Für die Anzahl der Dimensionen, die berücksichtigt werden soll, gibt es zwei zusätzliche Kriterien:

a) die Zuverlässigkeit der erhobenen Daten: Je zuverlässiger die Daten sind, in desto mehr Dimensionen kann man eine Darstellung der Punkte zulassen,

b) die Interpretationsmöglichkeit der Dimensionen: Im allgemeinen sollte man die Lösung akzeptieren, die psychologisch am sinnvollsten zu interpretieren ist.

Aufgrund dieser Überlegungen haben wir uns entschlossen, als Grundlage für die Beantwortung der Fragestellung die Lösung mit  $r=2,5$  und 5 Dimensionen zu verwenden. Diese Lösung hat einerseits den geringsten

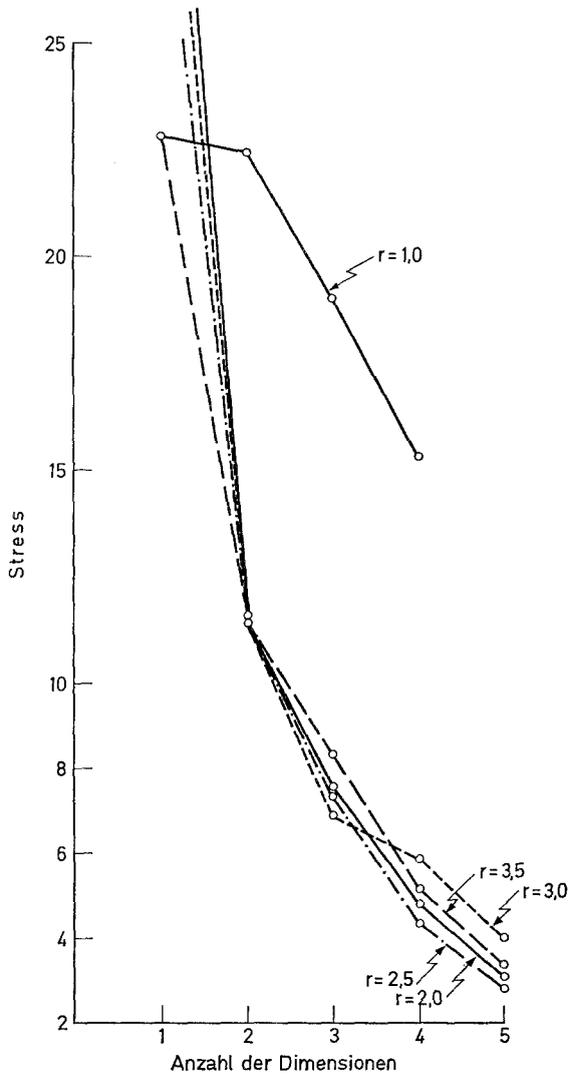


Abb. 3. Der Stress in Abhängigkeit von der Minkowski-Metrik  $r$  und der Zahl der Dimensionen  $t$

Stress, andererseits stellen 5 Dimensionen bei 16 Reizen in Anbetracht der bei Geruchsuntersuchungen im allgemeinen niedrigen Zuverlässigkeit das Maximum des Vertretbaren dar. Schließlich ließen sich die Faktoren dieser Lösung psychologisch am besten interpretieren:

a) ergab sich hier eine optimale Entsprechung zwischen räumlicher Anordnung der Reize und der Folge ihrer Intensitäten,

b) konnten die übrigen Faktoren leichter als Darstellung bestimmter Geruchsqualitäten identifiziert werden.

## 2. Interpretation der Faktoren

Es soll nun eine Interpretation der Faktoren versucht werden, wie sie sich nach der Kruskal-Analyse ergeben haben. Die Faktorenstruktur wird später nur soweit zur Interpretation herangezogen werden, wie es für die Beantwortung der zu Beginn formulierten Probleme notwendig ist. Die folgende Faktorenbenennung bezieht sich speziell auf die ausgewählte Lösung mit  $r=2,5$  und 5 Dimensionen. Die Interpretation läßt sich zum Teil mit geringfügigen Modifikationen auf die anderen Lösungen (außer auf die mit  $r=1$ ) übertragen. Die Faktorenkonfiguration ist in der Tabelle wiedergegeben. Welche psychologische Deutung dem Abweichen von der üblichen euklidischen Metrik gegeben werden könnte, kann hier in Anbetracht der sehr geringen Unterschiede zu den anderen Lösungen kaum geklärt werden.

1. Es findet sich ein gewichtiger Intensitätsfaktor (Faktor II), d. h. ein Faktor, der die Rangfolge der Konzentrationen spiegelt, und auf dem LI 4 entsprechend der Intensitätsskalierung eine außerordentlich hohe Ladung hat. Wir werden darauf unten noch eingehen.

2. Es läßt sich ein starker SM-Faktor aufweisen. Auf ihm haben alle Stufen des Geruchstoffes Salizylsäuremethylester hohe Ladungen. SM ist in allen Konzentrationsstufen ein sehr spezifischer, von allen Stoffen gut unterscheidbarer Geruch, er wies im Vergleich zu den drei anderen Stoffen die wenigsten Identifizierungsfehler auf (vgl. S. 262). In der Intensitätsskalierung stellt SM den Stoff mit der geringsten Variation dar.

3. Der nächste Faktor kann als „SA gegen SM“ interpretiert werden. Beide Stoffe sind in der Literatur als ähnlich im Geruch beschrieben, nämlich als Orchideengerüche. Bei unserer Darbietungsart trat bei SM eine ausgesprochen brenzlige Komponente hinzu, die diesen Stoff in charakteristischer Weise von SA unterschied.

4. Der 4. Faktor könnte gekennzeichnet werden mit „dumpf, süß, schwül“ gegen „frisch, würzig“ oder als Ester gegen Alkohole. Wir hatten bei der Stoffauswahl diese Gruppierung in je zwei relativ ähnliche, von den beiden übrigen aber möglichst verschiedene Stoffe vorgesehen.

5. Als Interpretationsversuch für den fünften Faktor schlagen wir vor, ihn als Bewertungsfaktor zu benennen: „angenehm“ gegen „unangenehm“. Für die Identifizierung als Bewertungsfaktor spricht, daß die von den Versuchspersonen als angenehm bezeichneten Gerüche (GE 3 und SA 3) auf diesem Faktor die höchsten Ladungen haben und die als unangenehm empfundenen Gerüche wie SM 3 oder SM 4 und LI 4 hoch

Tabelle. *Endkonfiguration der 16 Reize der Kruskal-Lösung mit  $r=2,5$  und 5 Dimensionen; Stress = 2,9%*

Geruchs- reize	Faktoren				
	1	2	3	4	5
SM 1	-0,63	-0,55	0,26	-0,08	-0,25
2	-0,68	-0,13	-0,44	0,46	-0,41
3	-0,66	-0,10	-0,08	0,26	-0,92
4	-0,92	0,66	-0,59	0,56	-0,68
GE 1	0,19	-0,54	-0,33	-0,21	0,34
2	0,14	-0,20	-0,27	-0,35	0,55
3	-0,17	0,09	0,27	-0,48	0,66
4	0,07	0,44	0,37	-0,50	0,60
LI 1	0,20	-0,48	0,20	-0,36	-0,01
2	0,48	-0,16	0,39	-0,37	-0,01
3	0,39	0,53	0,17	-0,65	-0,28
4	0,70	1,21	-0,28	-0,33	-0,73
SA 1	0,44	-0,55	0,02	0,23	0,00
2	0,34	-0,19	-0,17	0,50	0,32
3	-0,10	-0,06	-0,17	0,58	0,57
4	0,22	0,03	0,64	0,74	0,25

SM = Salizylsäuremethylester; GE = Geraniol; LI = Linalool; SA = Salizylsäureamylester; 1 = Konzentrationsstufe von 1,4%; 2 = Konzentrationsstufe von 5,8%; 3 = Konzentrationsstufe von 24,1%; 4 = Konzentrationsstufe von 100%.

negativ laden. Hier treten zwar nicht eindeutig U-förmige Beziehungen der Ladungen zur Konzentration auf, wie sie in anderen Experimenten als typisch für die Bewertung gefunden wurden (vgl. S. 253), aber eine Tendenz zu dieser Form der Beziehung ist unverkennbar.

### 3. Darstellung der Intensität im Ähnlichkeitsraum

Es soll nun versucht werden, die 3 Fragen dieser Untersuchung zu beantworten (vgl. S. 254). Zuvor sei nochmals einschränkend vermerkt, daß die Überprüfung nur auf rein deskriptiver Basis erfolgt. Zunächst wird die Frage behandelt, ob Intensität im Ähnlichkeitsurteil überhaupt eine Darstellung findet: Die 4 Intensitäten eines Stoffes liegen nicht auf einer Stelle im Ähnlichkeitsraum. Die Veränderungen der Intensität haben das Ähnlichkeitsurteil beeinflußt.

Somit können wir zum Problem der Art der Darstellung von Intensität im Ähnlichkeitsraum übergehen. Faktor II in der Tabelle repräsentiert für jeden der 4 Stoffe die richtige Reihenfolge der Konzentrationen 1—4. Abb. 4 stellt die Beziehung zwischen der Intensitätsskalierung der 16 Reize und den Faktorenladungen dieser Stoffe auf Faktor II der Kruskal-Lösung dar.

Die Rangkorrelation zwischen der Intensitätsskalierung und den Faktorenladungen von Faktor II ergibt ein rho von 0,93. Danach ist es gerechtfertigt, von einer Intensitätsdimension im Ähnlichkeitsraum mit Ursprung in einem nicht riechenden Pol außerhalb des Zentrums der Reizkonfiguration zu sprechen. Bei den übrigen Faktoren ist keine lineare Beziehung zur Intensitätsskalierung vorhanden. Wir betrachten sie daher als von der Intensität unabhängige Qualitätsdimensionen. Der

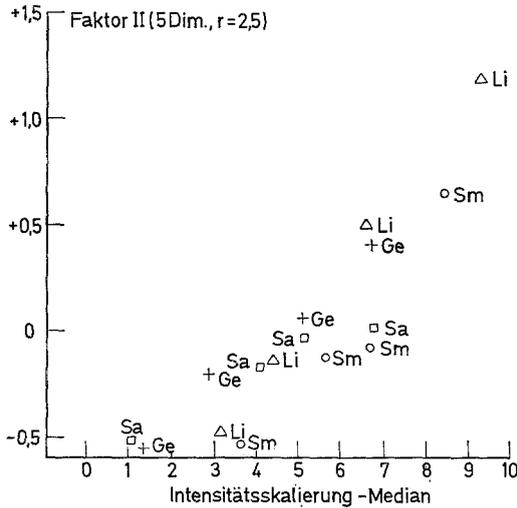


Abb. 4. Beziehung zwischen der Intensitätsskalierung der vier Geruchsstoffe (Salizylsäureamylester, Salizylsäuremethyl-ester, Geraniol und Linalool) in je 4 Konzentrationen und den Faktorenladungen der Reize auf Faktor II der Kruskal-Analyse

subjektive Ähnlichkeitsraum unserer Reizauswahl setzt sich aus 4 Qualitäts- und der Intensitätsdimension zusammen.

Allerdings können wir bei unseren Ergebnissen nicht entscheiden, ob die Intensität als unabhängige Dimension oder als Vektorlänge repräsentiert ist. Aufgrund unserer Daten muß der nicht riechende Pol außerhalb der Reizkonfiguration angenommen werden. In diesem Fall ist eine Entscheidung schwer möglich, da die Rangfolge der Ladungen auf dem Intensitätsfaktor gut mit der Rangfolge der Vektorlängen übereinstimmt. Voraussetzung zu einer allgemeinen Lösung dieses Problems wäre:

- a) die Messung der Intensität müßte auf einer Ratioskala erfolgen,
- b) es müßte eine eindeutige Lokalisierung des nicht riechenden Punktes im Ähnlichkeitsraum gegeben sein.

Die Daten unseres Experiments genügen jedoch den genannten Anforderungen nicht. Da der Fall eingetreten ist, daß der nicht riechende Pol außerhalb der Konfiguration liegt, können wir aber zumindest das Bienfangsche Modell als falsifiziert ansehen. Er hatte angenommen, daß der Ursprung im Zentrum der Konfiguration liegt. EKMAN macht in seinem Modell keine Aussage darüber, in welchem Bereich des Raums der Ursprung der Vektoren liegen soll. Somit sprechen unsere Ergebnisse zunächst weder gegen noch für sein Modell.

#### 4. Qualitätsveränderungen in Abhängigkeit zur Konzentration eines Stoffes

Keiner der Stoffe läßt sich mit seinen 4 Abstufungen eindeutig im Qualitätsraum auf einer Geraden anordnen. Die Abweichungen sind jedoch unterschiedlich stark. Die zu einem Stoff gehörenden Punkte haben Faktorenladungen, die in unterschiedlichen Verhältnissen zueinander stehen. Das ist so zu interpretieren, daß die Qualitäten, welche die Geruchswahrnehmung der 4 Konzentrationsstufen eines jeden der Stoffe ausmachen, bei verschiedenen Konzentrationsstufen in anderem Verhältnis beteiligt sind. Unsere Daten zeigen Qualitätsveränderungen zwischen den Konzentrationsstufen der Stoffe.

Aus der Intensitäts-Konzentrations-Beziehung hatten wir vermutet, daß sich geringere Qualitätsveränderungen innerhalb der 4 Konzentrationen von GE und SM, größere bei LI und SA zeigen würden. Die geringsten Veränderungen treten tatsächlich bei GE auf. Aber bei SM finden wir eine Vertauschung der 2. und 3. Konzentrationsstufe. In der Intensitätsskalierung lagen diese Stufen lediglich eng beieinander, so daß im Bereich der Intensität die Diskriminierung nicht stark zu sein scheint. Bei LI ergeben sich Abweichungen, wie erwartet, hauptsächlich auf der 4. Konzentrationsstufe. Die größten Unterschiede innerhalb der 4 Konzentrationsstufen zeigt SA, jedoch nicht auf der 2. Stufe, wie es vorausgesagt wurde, sondern auf der 4. Die meisten Versuchspersonen haben auch auf die Frage, wieviele unterschiedliche Stoffe sie wahrgenommen hätten, „6 bis 7“ geantwortet. Sie vermuteten mehr unterschiedliche Qualitäten, als chemische Stoffe vorhanden waren.

Eine generelle Aussage für alle Stoffe bezüglich der Qualitätsveränderungen ist nach der vorliegenden Arbeit nicht möglich. Je nach Art des Stoffes wird sich die Qualitätsveränderung einmal stärker, einmal schwächer ausprägen. HENNING (1927) wie VON SKRAMLIK (1928) weisen aufgrund ihrer Erfahrungen, ohne dementsprechende Untersuchungen durchgeführt zu haben, auf einige spezifische Stoffe hin, die einen Qualitätswechsel innerhalb der verschiedenen Konzentrationen besitzen.

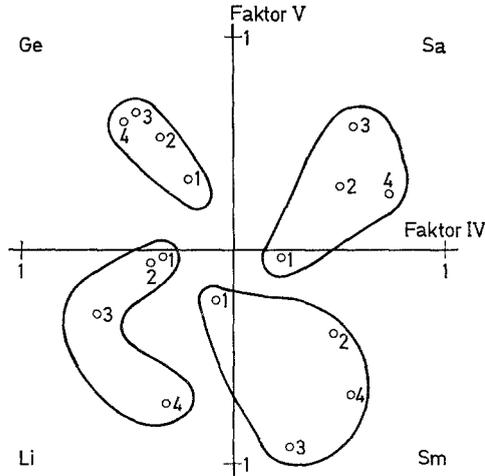


Abb. 5. Darstellung der Qualitätsfaktoren IV („dumpf, süß, schwül“ gegen „frisch, würzig“) und V (Bewertung) mit der Lage der 4 Geruchsstoffe Salizylsäureamylester, Salizylsäuremethylester, Geraniol und Linalool in je 4 Konzentrationen

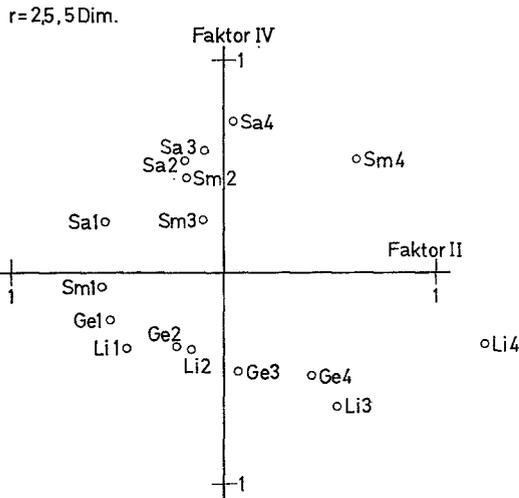


Abb. 6. Darstellung von Faktor II (Intensitätsfaktor) und Faktor IV (Qualitätsfaktor) aus der Kruskal-Analyse mit der Lage der 4 Geruchsstoffe Salizylsäureamylester, Salizylsäuremethylester, Geraniol und Linalool in je 4 Konzentrationen

ENGENS Skalierungsergebnisse (1961) und deren Interpretation deuten an, daß Stoffe bezüglich der Qualität innerhalb verschiedener Konzentrationsstufen unterschiedlich starken Wechsel vermuten lassen. Die

Abb. 5 soll einen Eindruck von der Lage der 4 Stoffe und ihrer Positionsverschiebungen im Ähnlichkeitsraum geben.

In Abb. 5 sind Faktor IV, den wir als „dumpf, süß, schwül“ gegen „frisch, würzig“ charakterisierten, und Faktor V, der als Bewertungsfaktor „angenehm“ gegen „unangenehm“ interpretiert wurde, dargestellt.

#### 5. Vorschlag eines Klassifikationsmodells für Gerüche

Für den zweidimensionalen Fall soll die folgende Abbildung (Abb. 6) ein Beispiel für ein denkbare Klassifikationsmodell bieten, und zwar ist die Intensitätsdimension (Faktor II) und eine Qualitätsdimension (Faktor IV) abgebildet.

Abstrahierend könnte man sich vorstellen, daß der nicht riechende Pol außerhalb des Ursprungs der Konfiguration liegt, von dem sich dann die einzelnen Stoffe mit ihren Konzentrationen in mehr oder weniger gerader oder gebogener Form ausbreiten, wobei die Qualitätsfaktoren senkrecht zur Intensitätsdimension stehen. Möglicherweise werden sehr intensive Gerüche wieder enger beieinanderliegen, wie es sich hier bei LI 4 und SM 4 andeutet, da sie zu einer Art Schmerzreaktion führen, die keine große Qualitätsvariation mehr erlaubt.

Als wichtigstes Ergebnis unserer Untersuchung erhielten wir:

1. Die Intensität von Gerüchen hat einen Einfluß auf das Ähnlichkeitsurteil und sollte in ein Klassifikationsmodell als unabhängige Dimension aufgenommen werden.

2. Bei Variation der Konzentration von Gerüchen verändert sich nicht nur die subjektive Geruchsstärke, sondern die Wahrnehmung kann auch qualitativ anders werden.

#### Literatur

- AHRENS, H. J.: Zur Systematik der Urteilsbildung bei der Beurteilung westdeutscher Politiker. *Arch. ges. Psychol.* **119**, 57—89 (1967).
- ALLISON, V. C., and S. H. KATZ: An investigation of stenches and odors for industrial purposes. *J. Ind. Eng. Chem.* **11**, 336—338 (1919).
- AMOORE, J. E.: Current status of the steric theory of odor. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **116**, 457—476 (1964).
- APPELL, L.: Odor intensity. *Amer. Perfumer Cosmetics* **79**, 43—48 (1964).
- BECK, L. H., L. KRUGER, and P. CALABRESI: Observations on olfactory intensity. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **58**, 225—238 (1954).
- BIENFANG, R.: *The subtle sense*. Oklahoma: University of Oklahoma Press 1946.
- CROCKER, E. C., and F. L. HENDERSON: Analysis and classification of odors. *Amer. Perfumer* **22**, 3—10 (1927).
- DAVIES, J. T., and F. H. TAYLOR: The role of absorption and molecular morphology in olfaction: The calculation of olfactory thresholds. *Biol. Bull.* **117**, 222—238 (1959).

- EKMAN, G., T. ENGEN, T. KÜNNAPAS, and R. LINDMAN: A quantitative principle of qualitative similarity. *Rep. Psychol. Lab. Univ. Stockholm* **152** (1963).
- ENGEN, T.: Direct scaling of odor intensity. *Rep. Psychol. Lab. Univ. Stockholm* **106** (1961).
- Psychophysical scaling of odor intensity and quality. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **116**, 504—516 (1964).
- , and C. O. LINDSTRÖM: The effect of adaptation on odor mixtures. *Rep. Psychol. Lab. Univ. Stockholm* **138** (1962).
- , and C. PFAFFMANN: Absolute judgment of odor intensity. *J. exp. Psychol.* **58**, 23—26 (1959).
- EYFERTH, K.: Über die Abhängigkeit der Urteile über olfaktorische Qualitäten von der Empfindung der Reizintensität. *Z. exp. angew. Psychol.* **12**, 209—222 (1965).
- Die chemischen Sinne des Menschen. In: W. METZGER (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie*, Bd. I, Allgemeine Psychologie, 1. Halbband, S. 250—277. Göttingen: Hogrefe 1966.
- EYSENCK, MARGARET D.: An experimental and statistical study of olfactory preference. *J. exp. Psychol.* **34**, 246—252 (1944).
- GAMBLE, E. A.: The applicability of Weber's law to smell. *Amer. J. Psychol.* **10**, 82—142 (1898).
- GUILFORD, J. P.: *Psychonomic methods*. New York: McGraw Hill 1954.
- HAINER, R. M., A. G. EMSLIE, and A. JACOBSON: An information theory of olfaction. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **58**, 158—174 (1954).
- HELLAUER, D.: Die Süßkraft von Zyklammat. *Z. Biol.* **115**, 313—316 (1966).
- HELM, C. E., and L. R. TUCKER: Individual differences in the structure of color-perception. *Amer. J. Psychol.* **75**, 437—444 (1962).
- HENNING, H.: *Der Geruch*. Leipzig: Barth 1916.
- Psychologische Studien am Geruchssinn. In: E. ABDERHALDEN (Hrsg.), *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*. Abt. VI, Teil A. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1927.
- HOFSTÄTTER, P. R.: *Psychologie*. Frankfurt am Main: Fischer 1957.
- HORNOSTEL, E. M.: Über Geruchshelligkeit. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **227**, 517—538 (1931).
- HSÜ, E. H.: A factoranalysis of olfaction. *Psychometrika* **11**, 31—42 (1946).
- INDOW, T., and K. KANAZAWA: Multidimensional mapping of Munsell colors varying in hue, chroma, and value. *J. exp. Psychol.* **59**, 330—336 (1960).
- JACKSON, D. N., and S. MESSICK: Individual differences in social perception. *Brit. J. soc. clin. Psychol.* **2**, 1—10 (1963).
- JONES, F. N.: The analysis of individual differences in olfactory sensitivity. *Amer. Psychologist* **9**, 400—401 (1954).
- An analysis of individual differences in olfactory thresholds. *Amer. J. Psychol.* **70**, 227—232 (1957).
- Subjective intensity for scales of three odors. *Amer. J. Psychol.* **71**, 423—425 (1958).
- KENNETH, J. H.: An experimental study of affects and associations due to certain odors. *Psychol. Monograph* **37**, 1—64 (1927).
- KÖSTER, E. P.: Olfactory sensitivity and the menstrual cycle. *Internat. Rhinology—Rhinologie internat.* **3**, 57—64 (1965).
- KRUGER, L., A. N. FELDZAMEN, and W. R. MILES: A scale for measuring olfactory intensity. *Amer. J. Psychol.* **68**, 117—123 (1955).

- KRUSKAL, J. B.: Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-metric hypothesis. *Psychometrika* **29**, 1—27 (1964a).
- Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika* **29**, 115—129 (1964b).
- METZGER, W. (Hrsg.): *Handbuch der Psychologie*, Bd. I, Allgemeine Psychologie, 1. Halbband. Göttingen: Hogrefe 1966.
- MONCRIEFF, C.: Olfactory adaptation and odor intensity. *Amer. J. Psychol.* **70**, 1—20 (1957).
- OUGH, C. S., and G. A. BAKER: Linear dependency of scale structure in differential odor intensity measurement. *J. Food Sci.* **29**, 499—505 (1964).
- PILGRIM, F. J., and H. G. SCHUTZ: Measurement of the qualitative and quantitative attributes of flavor. *Chemistry of natural food flavors*, p. 47—58. *Natl. Acad. Sci.—Natl. Res. Council Symp., Quartermaster Food Container Inst., Chicago*, 1957.
- PRINCE, R. G., and J. H. INCE: The measurement of intensity of odour. *J. appl. Chem.* **8**, 314—321 (1958).
- REESE, T. S., and S. S. STEVENS: Subjective intensity of coffee odor. *Amer. J. Psychol.* **73**, 424—428 (1960).
- ROHRACHER, H.: *Einführung in die Psychologie*, 3. Aufl. Wien: Urban & Schwarzenberg 1957.
- SCHUTZ, H. G.: Relation between physical and subjective properties of odorants. *Rattelle Memorial Institute, Columbus Ohio*, 1959—1960.
- A matching-standards method for characterizing odor qualities. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **116**, 517—526 (1964).
- , and R. B. VELY: Relation of odor to physicochemical properties of compounds. *Quartermaster Food Container Inst., Contract No. Da-19-129-QM-1500* (1962).
- SKRAMLIK, E., v.: *Handbuch der Physiologie der niederen Sinne*, Bd. 1: Die Physiologie des Geruchs- und Geschmackssinns. Leipzig: Thieme 1926.
- Prüfungen der Leistungen des Geruchssinns. In: E. ABDERHALDEN (Hrsg.), *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*, Abt. V, Teil 7, II. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1928.
- STECHE, T.: Zu den Geschmacks- und Geruchsbezeichnungen. *Wörter u. Sachen* **14**, 87—98 (1932).
- STEVENS, S. S.: The psychophysics of sensory function. In: W. A. ROSENBLITH (ed.), *Sensory communication*, p. 1—33. Cambridge: M.I.T. Press 1961.
- STONE, H.: Behavioral aspects of absolute and differential olfactory sensitivity. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **116**, 527—534 (1964).
- STUIVER, M.: *Biophysics of the sense of smell*. Groningen 1958.
- SWAINE, R. L.: Flavor methodology. Paper presented at the Canadian Inst. of Food Technol. — Montreal Section 1960. *Zit. nach M. A. AMERINE, R. M. PANGBORN, and E. B. ROESSLER, Principles of sensory evaluation of food*, p. 147—219. New York: Academic Press 1965.
- TUCKER, L. R., and S. MESSICK: An individual differences model for multidimensional scaling. *Psychometrika* **28**, 333—367 (1963).
- WOSKOW, M. H.: *Multidimensional scaling of odors*. Ph. D. Dissertation, University of California 1964.
- WRIGHT, R. H., and K. M. MICHELS: An evaluation of far infrared relations to odors by a standards similarity method. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **116**, 535—551 (1964).

- YOSHIDA, M.: Structure of preference (a latent structure analysis of olfactory preference) 2. Minschitsu-Kani (Quality Control) **15**, 80—87 (1964a).  
— Studies in the psychometric classification of odors. 3. Japanese J. Psychol. **35**, 1—17 (1964b).  
— Studies in psychometric classification of odors. IV. Jap. Psychol. Research **6**, 115—124 (1964c).  
— Studies of psychometric classification of odors. V. Jap. Psychol. Research **6**, 145—154 (1964d).
- ZIGLER, M. J., and A. H. HOLWAY: Differential sensitivity as determined by the amount of olfactory substance. J. gen. Psychol. **12**, 372—382 (1935).
- ZWAARDEMAKER, H.: Prüfung des Geruchsinnes und der Gerüche. In: E. ABDERHALDEN (Hrsg.), Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 7, I. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1930.

Dipl.-Psych. INGEBORG WENDER  
Institut für Psychologie  
der Technischen Hochschule Darmstadt  
6100 Darmstadt, Neckarstraße 6