



SCHALLSIGNALLE DER HAUSMAUS (*MUS MUSCULUS*)

von

GÜNTER EHRET¹⁾

(Fachbereich Biologie-Zoologie- der Technischen Hochschule Darmstadt, B.R.D.)

(Mit 8 Abb.)

(Eingeg. 3-XII-1973)

1. EINLEITUNG

Für sozial lebende Tiere sind Kommunikationssysteme zur Verhaltenssteuerung von besonderer Bedeutung. Um Beziehungen zwischen den Individuen herzustellen, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein: a) der eine Partner muß Informationen irgendwelcher Art (mechanische, optische, akustische, chemische) aussenden; b) der andere Partner muß Einrichtungen zur Perzeption und Verarbeitung dieser Informationen besitzen. Akustische Informationsübertragung erfordert also einen Apparat zur Schallerzeugung und einen Schallrezeptor mit nachgeschaltetem Verarbeitungssystem. Um Aussagen über die Art der Passung von Sender-Information-Empfänger treffen zu können, muß man die Eigenschaften des Systems kennen.

In der vorliegenden Arbeit werden 8 verschiedene, in definierten Situationen auslösbare Laute der Hausmaus (*Mus musculus*, Stamm NMRI) in Bezug auf ihre Dauer, Amplitude und Intensitätsverteilung näher untersucht. Schließlich werden die Ergebnisse der Lautanalyse mit der Empfindlichkeitscharakteristik des Gehörs von *Mus musculus* (MARKL & EHRET, 1973) in Beziehung gesetzt und mit Angaben anderer Autoren (NOIROT, 1966a, 1966b; NOIROT & PYE, 1969; BERLIN *et al.*, 1969; OKON, 1970a, 1970b; BELL *et al.*, 1971, 1972), die allerdings meist nur reine Ultraschalllaute von Jungmäusen untersucht haben, verglichen.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Versuchsraum, Geräte und Versuchsanordnung.

Die Versuche fanden in einer schallgedämpften Kabine (4,00 m/ 2,05 m/2,20 m lichte Innenmaße) in einem Kellerraum statt. Die Innenwände der Kabine waren mit Stein-

1) Herrn Prof. Dr H. MARKL möchte ich herzlich für die Bereitstellung von Arbeitsplatz und Geräten (mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Ma 374/2, 4) sowie für sachliche Anregungen und die kritische Durchsicht des Manuskripts danken.

wollematten reflexionsarm ausgekleidet. Das Hintergrundgeräusch konnte über die volle Untersuchungsbandbreite (1-100 KHz) nicht mehr mit einem Brüel & Kjaer Kondensatormikrophon (Typ 4135) erfaßt werden, da das Eigenrauschen des Aufnahmesystems größer als 64 dB (re 0,0002 dyn/cm²) ist (siehe: Brüel & Kjaer, Instructions and Applications for Quarter-inch Condenser Microphones). Mit einem Brüel & Kjaer Schallpegelmesser (Typ 2203) konnte für 1-20 KHz ein geringes Hintergrundgeräusch von maximal 24 dB (re 0,0002 dyn/cm²) ermittelt werden. Aufgrund unserer Erfahrungen kann angenommen werden, daß der Rauschpegel über 20 KHz geringer als 24 dB (re 0,0002 dyn/cm²) ist.

In der schallgedämpften Kabine befanden sich während der Messungen nur das Meßmikrophon (Brüel & Kjaer 4135 mit Kathodenfolger und Netzgerät) und ein Speicheroszillograph (Tektronix 564), von dem man direkt die Gesamtamplitude der Laute und deren Dauer ablesen konnte. Die anderen Geräte standen außerhalb.

Die Laute der Mäuse wurden von dem Kondensatormikrophon (4135) kommend von zwei Hewlett-Packard 466A Verstärkern 1000-fach verstärkt, danach die Frequenzanteile unter 600 Hz mit einem Krohn-Hite 3500 Filter gefiltert und schließlich von einem Precision Instrument 6204 Magnetbandspeicher bei einer Geschwindigkeit von 37,5 inch/sec auf Instrumentenbänder von Scotch aufgezeichnet. Diese Versuchsanordnung erlaubte Aufnahmen mit ausreichend linearer Charakteristik bis 100 KHz. Um die Linearität des Bandgeräts zu prüfen, machte ich Eichaufnahmen von allen später analysierten Frequenzen und berücksichtigte die sich dabei ergebenden, geringen Abweichungen von einem idealen linearen Verhalten (1,0 dB bis max. 7,4 dB) bei den späteren Berechnungen.

Zur Frequenzanalyse wurden zwei Verfahren angewendet:

- a) Aufzeichnungen von Sonagrammen und Spektrogrammen mit einem Kay Sona-Graph Typ 7029A²⁾
- b) Erstellung von Linienspektren. Dazu wurden die Aufnahmen über das Krohn-Hite 3500 Bandpaß-Filter so abgetastet, daß gerade Tiefpaß- und Hochpaßgrenze für jeden Meßwert auf eine Frequenz eingestellt waren. Die Maximalamplituden (Notierung in mV) konnte ich dann auf dem Speicheroszillographen ablesen und aufgrund der Eichempfindlichkeit des Mikrophons in dB (re 0,0002 dyn/cm²) umrechnen. Da Laute verschiedener Tiere einer Gruppe stark unterschiedliche Gesamtamplituden haben konnten, wurden die Millivolt-Angaben von jedem Laut in Prozent des Maximums umgerechnet und danach erst die Mittelwerte für die Gruppe gebildet. Die mittleren mV% wurden dann in „relativen“ dB ausgedrückt, wobei sich die Angaben gleichfalls auf das jeweilige Maximum beziehen. Diese Darstellungsweise erlaubt einen besseren Vergleich der Laute untereinander.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse der Sonagramme, Spektrogramme und Mittelwertskurven muß man zwei Punkte berücksichtigen: a) Zu den Mittelwertskurven der Linienspektren wurde die gesamte Anzahl der angegebenen, ausgewerteten Laute herangezogen. Von jedem Laut wurden nur wenige Sonagramme zur Charakterisierung angefertigt. Die Spektrogramme daraus geben nur die Intensitätsverteilung eines bestimmten Zeitpunkts wieder. Sonagramme und Spektrogramme können die Aussagen der Linienspektren über den Frequenzgehalt nicht ersetzen. Andererseits kann man die zeitliche Struktur eines Signals nur durch Sonagramme und Oszillogramme ersichtlich machen. b) Die Mittelwertskurven der Linienspektren sind unter Berücksichtigung der Filtercharakteristik und des Frequenzabstandes der Meßpunkte als Umhüllende der Maxima in den Spektrogrammen anzusehen. Zwei dicht liegende Maxima im Spektrogramm sind als ein Maximum in der Mittelwertskurve erfaßt.

Weiterhin wurden Oszillogramme der Laute mit einer Recordine (Tönnies, Freiburg, Typ K-743) aufgenommen.

2) Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. NEUWEILER (Fb. Biologie der Universität Frankfurt a.M.), der den Sonagrammen zur Verfügung stellte, und den Herren Dr. SCHULLER und Dr. SCHNITZLER für die technische Hilfe.

2.2. Tiermaterial.

Als Versuchstiere dienten weiße Labormäuse, *Mus musculus* (Auszuchtstamm NMRI, aus der Zucht der Firma Merck, Darmstadt). Die Tiere wurden im Zoologischen Institut der TH-Darmstadt weitergezüchtet.

2.3. Statistische Bearbeitung.

Soweit nicht anders vermerkt, diente ein parameterfreier Rangtest nach Wilcoxon (DIEM & LEUTNER, 1968) zur statistischen Sicherung der Ergebnisse. Zu allen in Frage kommenden Punkten der Mittelwertkurven wurden Standardabweichungen berechnet; sie sind jedoch der Übersichtlichkeit wegen nur beispielhaft für einige Kurven eingetragen.

3. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE

Unter den Registrierungen der Schallsignale verschieden alter Mäuse ließen sich 8 Lauttypen unterscheiden.

3.1. Schmerzscrei von Mäusen verschiedener Altersstufen.

Die Veränderung des „Schmerzscreis“ (Auslösung siehe unten) wurde von der Geburt bis zum erwachsenen Tier verfolgt. Dabei waren folgende Punkte besonders zu beachten:

- a) Wann und wie verändern sich die Laute im Lauf des Heranwachsenden, z.B. Auftreten neuer oder Verschiebung von Intensitätsmaxima, etc.?
- b) Haben alle Laute einer Altersstufe eine ähnliche Struktur, oder gibt es verschiedene Laute nebeneinander?
- c) Sind Unterschiede zwischen ♂♂ und ♀♀ festzustellen?
- d) Wie können mögliche Veränderungen erklärt werden?

Auslösung der Laute:

Jungmäuse bis zum 24. Tag nahm ich am Schwanz aus dem Nest, hielt sie vor das im Raum frei aufgehängte Mikrophon (Abstand variierte mit der Eigenbewegung der Tiere zwischen 1-3 cm) und drückte den Schwanz, bis sie hörbare Laute von sich gaben. Bei erwachsenen Mäusen (älter als 42 Tage) mußte man den Schwanz meist kneifen, um Laute zu erhalten.

Ich analysierte Schmerzscreie von folgenden Altersgruppen (in Klammern die jeweilige Anzahl der Tiere): 1-3 Stunden (12); 5-6 Tage (18); 8-9 Tage (18); 10-11 Tage (26); 13 Tage (20); 15-16 Tage (18); 24 Tage (12); 42 Tage (6) und 105 Tage (8). Von jeder Maus nahm ich ca. 15 Schreie auf. In allen Altersgruppen waren gleichviele ♂♂ und ♀♀ vertreten. Die Tiere stammten wahllos aus Nestern der laufenden Zucht, damit nicht etwa zufällige Besonderheiten einzelner Würfe die Ergebnisse beeinflussten.

Dauer der Laute und Gesamtamplitude:

Die Dauer der Laute variierte altersunabhängig recht stark (siehe Oszillo-

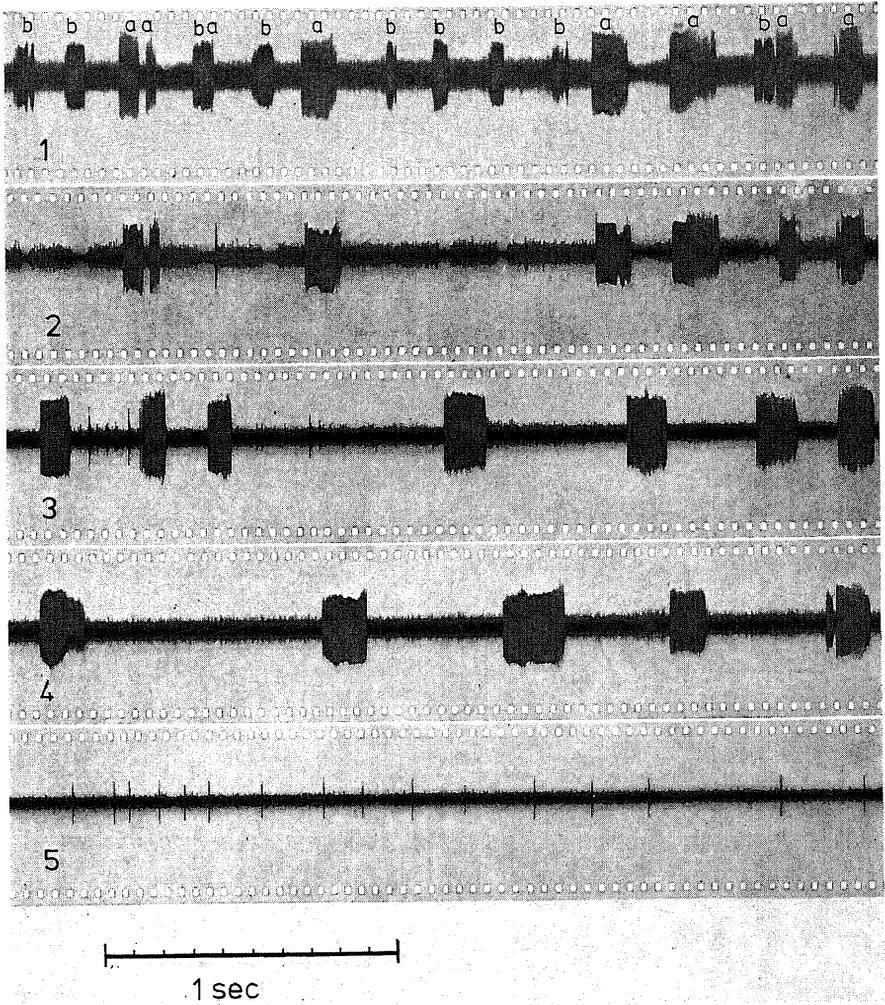


Abb. 1. Oszillogramme: 1 Schmerzschreie (a) von 5 Tage alter Maus, dazwischen reine Ultraschall-laute (b). 2 Die gleiche Schreifolge wie in 1, jedoch Frequenzen über 20 KHz weggefiltert. 3 Schmerzschreie einer 13 Tage alten Maus. 4 Schmerzschreie einer 24 Tage alten Maus. 5 Schmatzlaute von Jungmäusen.

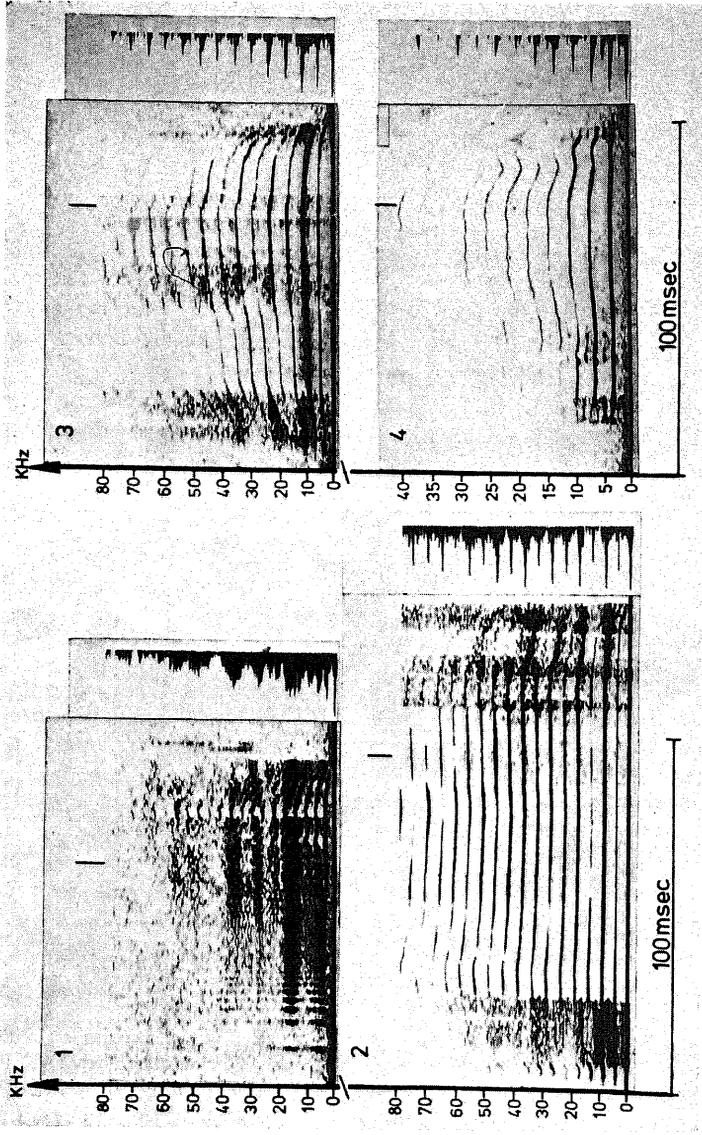


Abb. 2. Sonagramme und Spektrogramme von Schmerzlauten: 1 Schmerzlaut, 1 Stunde alte Maus; 2 Schmerzlaut, 8 Tage alte Maus; 3 Schmerzlaut, 13 Tage alte Maus; 4 Schmerzlaut, 24 Tage alte Maus. Der senkrechte Strich im Sonagramm gibt die Stelle an, bei der das Spektrum entnommen wurde. Die Laute beginnen immer in den Sonagrammen rechts.

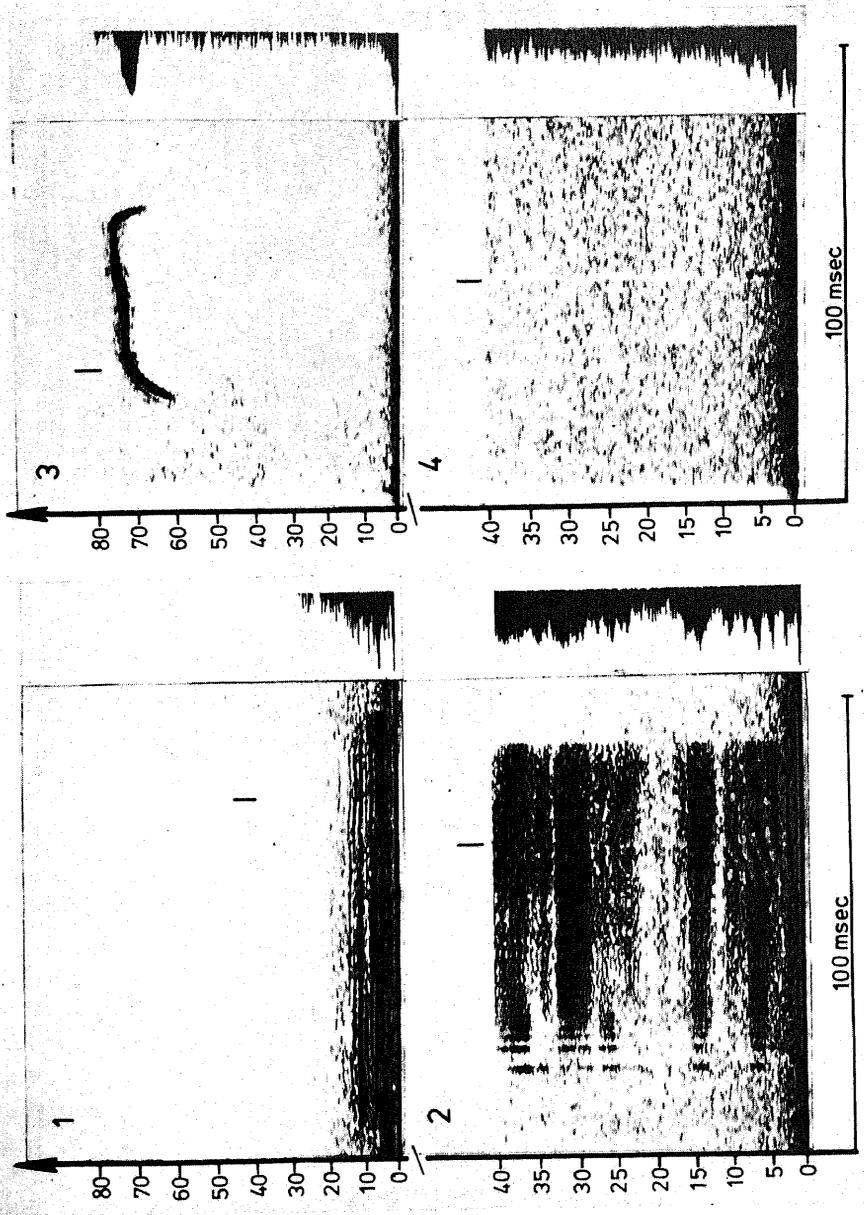


Abb. 5. Sonogramme und Spektrogramme von weiteren Lauten der Jungmäuse. 1 Laute beim Drängen im Nest und um die Zitzen. 2 Laut einer gerade geborenen Maus. 3 Laut der Verwirrung und des Unbehagens. 4 Schmatzlaut.

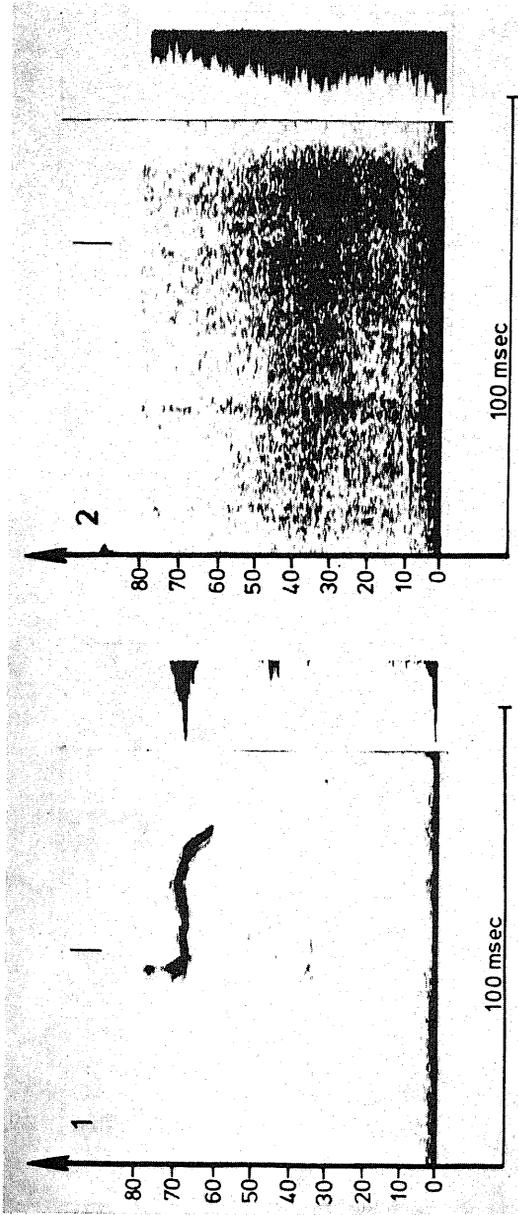


Abb. 7. Sonogramme und Spektrogramme von Lauten erwachsener Weibchen. 1 Verwirrungslaut. 2 Abwehrlaut.

gramme Abb. 1), im Mittel um 120 ± 40 msec. Es kamen jedoch auch Schreie von 300 msec oder 30 msec vor. Die Gesamtintensität (hier wie in allen weiteren Angaben immer in dB re $0,0002 \text{ dyn/cm}^2$ ausgedrückt) nahm mit zunehmendem Alter im Mittel ab:

1 Stunde — 6 Tage:	$94,2 \pm 6,25$ dB
8 Tage — 13 Tage:	$90,0 \pm 0,8$ dB
erwachsene Mäuse:	$85,4 \pm 4,0$ dB

Statistisch gesichert ($p \leq 0,01$) ist dabei der Unterschied zwischen erwachsenen Mäusen und bis zu 6 Tage alten Jungen.

Intensitätsverteilung:

Abb. 2 gibt Beispiele von Sonagrammen und Spektrogrammen für vier Altersgruppen. Man sieht, daß die Schmerzlaute einen harmonischen Aufbau haben, wobei die Frequenzen der Obertöne annähernd ganzzahlige Vielfache der Frequenz des Grundtons darstellen. Bei den eine Stunde alten Mäusen ist darüber hinaus noch ein großer Geräuschanteil vorhanden.

Intensitätsschwerpunkte:

1-3 Stunden alte Mäuse: harmonischer Aufbau mit Geräuschanteilen, Maxima bei 4, 6, 15, 27, 37 KHz.

8 Tage alte Mäuse: harmonischer Aufbau, Maxima bei 9, 18, 37, 42 KHz.

13 Tage alte Mäuse: harmonischer Aufbau, Maximum bei 10 KHz, Plateau im Ultraschallbereich.

24 Tage alte Mäuse: harmonischer Aufbau, Maximum bei 4 KHz, kaum Ultraschallanteile.

Man sieht wie mit zunehmendem Alter die Intensitäten bei hohen Frequenzen abnehmen.

Ein vollständiges Bild der altersabhängigen Veränderung des Schmerzscreis zeigt Abb. 3. Hier sind für alle Altersstufen die Mittelwertskurven der Intensitätsverteilung aufgetragen. Die hier berücksichtigten Laute seien als „Normallaute“ für diese Altersgruppen bezeichnet, denn ab 8 Tagen können auch Laute mit anderer Intensitätscharakteristik erhalten werden (s.u.). Man erkennt die große Ähnlichkeit der Laute der Altersgruppen 5-6 Tage, 8-9 Tage und 10-11 Tage. Die Intensitätsmaxima liegen bei 10-12 KHz und 30-40 KHz mit einem Minimum bei 20 KHz. Die Kurve der 1-3 Stunden alten Mäuse hat ein dominierendes Maximum bei 40 KHz. Das Maximum bei 15 KHz ist statistisch nicht gesichert. Einen ganz anderen Verlauf haben die Kurven der Mäuse von 24 Tagen und 6-15 Wochen. Sie besitzen ein ausgeprägtes Maximum bei 4 KHz mit starkem beiderseitigem Abfall. Eine ausgesprochene Mittelstellung nimmt die Kurve des 13. Tages

ein. Sie besitzt wie bei den jüngeren Mäusen ein Maximum bei 10-12 KHz. Das Maximum bei 30-40 KHz ist jedoch zu einem Plateau niederer Intensität abgebaut. Gleichzeitig fällt die Kurve unter 10 KHz nicht mehr steil ab

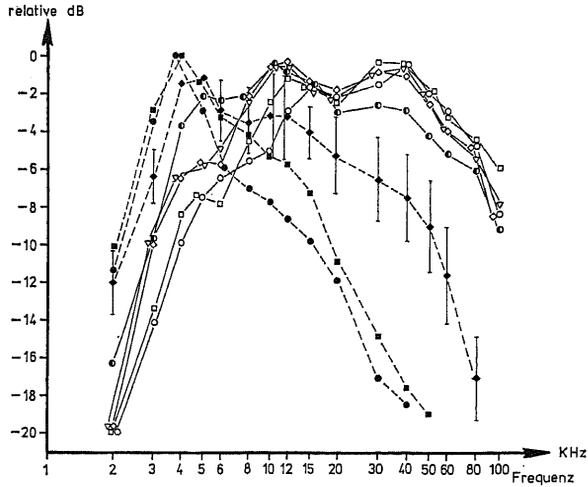
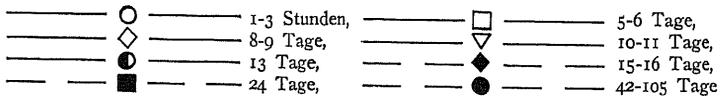


Abb. 3. Mittelwertskurven der normalen Schmerzschreie für alle Altersgruppen:



Für die Kurve der 15-16 Tage alten Mäuse sind die Standardabweichungen angegeben, sie stellen die größten überhaupt aufgetretenen dar. Der Unterschied von 20 dB entspricht dem Bereich von 10-100 mV%.

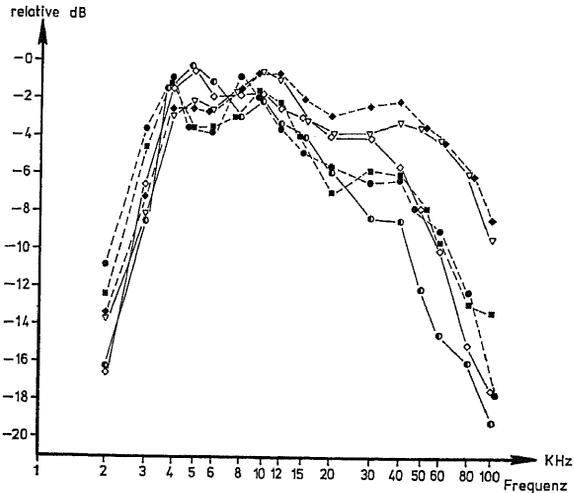


Abb. 4. Mittelwertskurven für vom Normaltyp abweichende Schmerzlaute. Gleiche Symbole wie in Abb. 3.

sondern besitzt ein weiteres Plateau zwischen 5 KHz und 8 KHz, wodurch das spätere Maximum bei 4 KHz schon angedeutet wird. Bei der Kurve der 15-16 Tage alten Mäuse ist auch das Plateau bei 30-40 KHz verschwunden und das Maximum bei 10-12 KHz zu einem Plateau abgebaut. Stattdessen ist ähnlich wie bei den erwachsenen Mäusen schon das Maximum bei 4-5 KHz zu erkennen.

Alle Maxima und Plateaus sind mit $p \leq 0,01$ statistischer gesichert.

Nach diesen Kurven kann man die Zeit um den 13. Tag als Gebiet des „Stimmbruchs“ bei *Mus musculus* bezeichnen. Daß dieser Stimmbruch schon bei jüngeren Mäusen vorbereitet wird, zeigt Abb. 4. Analysiert man den (bzw. die) ersten Laut(e), die die Mäuse der Altersstufen 8-9 Tage, 10-11 Tage, 13 Tage in der Testsituation überhaupt ausstoßen, so sieht man, daß die Intensitätsverteilung von der der darauffolgenden „Normallaute“ abweicht. Diese ersten Laute der Jungmäuse (bei den genannten Altersstufen) entsprechen mit ihren Intensitätsmaxima weitgehend den Normallauten der erwachsenen Mäuse. Die Altersgruppe 10-11 Tage weicht allerdings mit ihrem Maximum bei 10 KHz wieder ab und entspricht dem Verlauf der Kurve der 15-16 Tage alten Mäuse (Abb. 4). Bei der letztgenannten Altersstufe halten sich der Normallaut und der in Abb. 4 gezeigte Laut in ihrer Häufigkeit etwa die Waage, sodaß im Vergleich mit Abb. 3 der Übergang von 13 Tage alten zu 15-16 Tage alten Mäusen noch fließender wird.

Erwachsene Mäuse können neben dem Normallaut noch einen etwas weniger häufig auftretenden Schmerzlaut mit zwei Intensitätsmaxima bei 4 KHz und 8 KHz hervorbringen (Abb. 4).

Alle genannten Maxima sind mit $p \leq 0,01$ statistisch gesichert. Die Normallaute aller Altersgruppen sind mit ihrer Intensitätsverteilung von den zuletzt genannten Lauten bei 30-40 KHz signifikant verschieden ($p \leq 0,01$).

Die altersabhängige Entwicklung des Schmerzscreis zeigt also einen kontinuierlichen Übergang von den definierten Schreien der Jungmäuse zu denen der Erwachsenen mit der Zeit des „Stimmbruchs“ um den 13. Tag.

Zwischen ♂♂ und ♀♀ waren keine Unterschiede festzustellen.

3.2. „Natürlich“ ausgelöste Schmerzlaute bei Jungmäusen.

Die Jungen wurden im Nest mit Wasser übergossen. Kurz nach dem Wasserguß lief die Mutter umher und suchte einen trockenen Platz im Käfig aus, zu dem sie dann die Jungen nacheinander hintrug. Manche Jungmäuse stießen einen Schmerzscrei aus, wenn die Mutter sie packte. Es wurden Laute (zusammen 9) aus 2 Nestern (Junge 2 Tage und 4 Tage alt) analysiert.

Die Laute entsprachen in jeder Hinsicht den normalen Schmerzscreien von Mäusen der Altersgruppe 5-6 Tage.

3.3. Reine Ultraschalllaute (USL) bei Jungmäusen.

a) Schreie des Unbehagens und Verlassenseins:

Auslösung: 3 Gruppen mit je 4 Mäusen (2 Tage, 7 Tage, 2 Tage alt) wurden bei 25°C Umgebungstemperatur einzeln auf eine Holzplatte gelegt und sich selbst überlassen. Nach 20 min Wartezeit wurden Laute aufgenommen (Abstand Schnauze-Mikrophon etwa 1 cm). Die Mäuse schrieten manchmal ohne erkennbaren Anlaß, meist jedoch, wenn sie umherkrochen oder umfielen und auf den Rücken rollten. Es wurden insgesamt 15 Laute analysiert.

b) Ultraschalllaute zusammen mit den Schmerzlauten:

Die USL traten vor und zwischen den Schmerzlauten in den unter 3.1. und 3.2. beschriebenen Situationen auf (siehe Oszillogramme von 5 Tage alten Mäusen einmal mit USL einmal ohne USL, Abb. 1).

Alle 1-3 Stunden alten und 5-6 Tage alten Mäuse gaben USL.

Bei 8-9 Tage alten Mäusen gaben 16 von 18 Tieren USL.

Bei 10-11 Tage alten Mäusen gaben 18 von 24 Tieren USL.

Bei 13 Tage alten Mäusen gaben 4 von 20 Tieren USL.

15 Tage alte Mäuse gaben keine USL mehr.

Der Unterschied der Altersgruppen 8-9 Tage und 13 Tage ist mit $p \leq 0,05$ schwach gesichert (χ^2 — Vierfeldertest).

Dauer der USL und Gesamtamplitude: Kein Schrei dauerte länger als 120 msec. Der Mittelwert betrug 80 ± 20 msec. Die Gesamtamplitude lag mit starken Schwankungen im Mittel bei $90,2 \pm 4,5$ dB.

Intensitätsverteilung: Abb. 5 (3) zeigt als Beispiel ein Sonagramm mit Spektrogramm eines USL einer 8 Tage alten Maus. Im Gegensatz zum Schmerzscrei ist der Aufbau nicht harmonisch. Abb. 6 gibt — nach Altersstufen getrennt — die mittlere Intensitätsverteilung der USL und des Lautes des Unbehagens an, die in Versuchssituation 3.1. bzw. 3.3. auftraten. Zwischen den USL verschiedener Altersstufen treten keine signifikanten Unterschiede auf. Bei 50-80 KHz zeigt sich ein Intensitätsmaximum mit starkem Abfall nach beiden Seiten. Statistisch läßt sich der Wert bei 60 KHz mit $p \leq 0,01$ gegen die Werte bei 40 KHz und 100 KHz sichern. Der Schrei des Unbehagens hat einen prinzipiell gleichen Verlauf. 60 KHz lassen sich hier gegen 40 KHz und 80 KHz mit $p \leq 0,01$ sichern.

3.4. Laute, welche die Jungmäuse im Nest äußern, vor allem, wenn sie an die Zitzen drängen.

Auslösung:

- a) Die Mutter breitete sich zum Säugen über den Jungen aus. Die Jungen stießen und traten sich, um an die Zitzen zu gelangen.
- b) Junge Mäuse, die keine Zitze gefunden hatten, arbeiteten sich heran und versuchten, die dort säugenden zu verdrängen (kam besonders bei großen Würfen vor).
- c) Die Mutter säugte nicht. Die Jungen waren im Nest und drängten durcheinander.

Bei diesen Aufnahmen waren die Mäuse im Nest völlig ungestört. Das Mikrophon wurde von hinten an die Mutter mit den Jungen herangeführt. Der Abstand zu den Jungen betrug etwa 4 cm.

Es wurden Laute aus 4 Nestern mit Jungmäusen der Altersstufen 1 Tag, 4 Tage, 7 Tage, 10 Tage aufgenommen. Analysiert wurden insgesamt 21 Laute. Dabei zeigten sich keine Unterschiede im Vergleich der Altersstufen untereinander.

Die Dauer der Laute betrug 120 ± 40 msec. Die Gesamtamplitude war mit $71 \pm 1,2$ dB vergleichsweise gering, was jedoch einmal durch den größeren Mikrophonabstand erklärt werden kann, zum andern deckt die Mutter die Jungen beim Säugen fast ab, sodaß der Schall auch hierdurch abgeschwächt wird.

Intensitätsverteilung: Abb. 5 (1) zeigt ein Sonagramm und Spektrogramm von einem Laut einer 7 Tage alten Maus. Hier ist der Aufbau wieder harmonisch, jedoch sind die Obertöne enger als beim Schmerzscrei gestaffelt. Außerdem ist ein stärkerer Geräuschanteil vorhanden, in den die Obertöne z.T. einmünden. In Abb. 6 ist die mittlere Intensitätsverteilung über der Frequenz dargestellt. Man erkennt ein deutliches Maximum bei 5-6 KHz. Der Wert bei 6 KHz ist mit $p \leq 0,01$ gegen die Werte bei 4 KHz und 8 KHz gesichert. Bemerkenswert ist, daß dieser Laut der Jungmäuse im Ultraschallbereich stark abfällt und hier kein Maximum besitzt. Das Maximum bei 5-6 KHz und die Werte ab 15 KHz sind gegen die entsprechenden Werte der Schmerzlaute (Normallaute) von bis zu 13 Tagen alten Mäusen statistisch gesichert ($p \leq 0,01$).

3.5. Laute unmittelbar nach der Geburt.

Laute von Jungmäusen bei der Geburt bzw. unmittelbar nach der Geburt aufzunehmen ist recht langwierig. Die Anwesenheit des Experimentators stört das Muttertier derart, daß es die gesamte Geburt um Stunden hinauszögert. Man kann aber die Geburt bei hochträchtigen Weibchen (Tragedauer im Mittel 21 Tage) zu einem gewünschten Zeitpunkt auslösen, indem man das Hormon Oxytocin³⁾ subcutan injiziert. Zur Einleitung der Geburt

3) Es wurde ein synthetisches Produkt der Firma Hormon-Chemie München „Oxytocin Horm“ verwendet.

genügen 0,2 ml der Normallösung (1 ml = 3 I.E.). Dennoch war das Muttertier während der Geburt und unmittelbar danach durch die direkte Nähe des Mikrophons so stark gestört, daß es meist nach der Geburt von 1-2 Jungen innehielt und sich in eine Ecke des Käfigs kauerte. Deshalb wurden ihm in Abständen von 45 min. weitere 0,1 ml Oxytocin bis zur Gesamtdosis von 0,5 ml injiziert. Innerhalb von zwei Stunden wurden auf diese Weise meist 7-8 Junge geboren. Von diesen überlebte nur ein Teil, da sich das Muttertier wegen der Störungen oft nicht mehr um das Neugeborene kümmerte. Im Normalfall befreite die Mutter das Junge von den Fruchthüllresten, biß die Nabelschnur an der Körperoberfläche des Jungtieres ab und beleckte es intensiv (siehe auch FREYE & FREYE, 1960). In dieser Normalsituation konnten von 5 Jungmäusen aus drei Würfen Laute aufgenommen werden. Ob dabei die allerersten Laute erfaßt wurden, konnte nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, da sich die Mutter dauernd über das Jungtier beugte und das Mikrophon in etwa 5 cm Abstand gehalten werden mußte, um die Mutter nicht sofort von dem Jungen abzulenken.

Die Lautäußerungen waren nach Art und Häufigkeit sehr verschieden. In allen Fällen kam jedoch ein gut hörbarer, an ein gepreßtes Stöhnen erinnernder Laut vor, der als charakteristisch für das Neugeborene gelten kann. Dieser Laut konnte zweimal unmittelbar an der Schnauze des Jungtieres aufgenom-

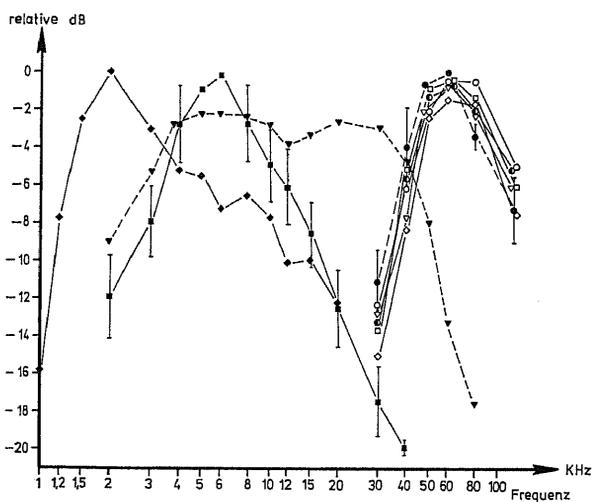
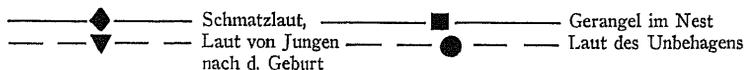


Abb. 6. Mittelwertskurven für Laute von Jungmäusen.



Andere Symbole wie in Abb. 3: USL von Mäusen verschiedener Altersstufen, die zwischen den Schmerzlauten auftreten.

men werden, während die Mutter abgelenkt war und sich in einer anderen Ecke des Käfigs befand. Der Laut stammt also tatsächlich von den Neugeborenen und nicht von der Mutter.

Die Dauer betrug 140 ± 50 msec, die Gesamtamplitude $72 \pm 2,2$ dB. An den Sonagrammen und Spektrogrammen (Abb. 5 (2)) fällt der hohe Geräuschanteil im beinahe gesamten erfaßten Frequenzbereich auf. Harmonische Anteile ähnlich denen des Schmerzschreis sind bis etwa 10 KHz enthalten. An manchen Stellen in der zweiten Hälfte des Lautes ist das Rauschen von weiteren, jedoch anders gearteten Harmonien überlagert. In Abb. 6 ist die mittlere Intensitätsverteilung dargestellt. Auch hier ergibt sich ein ziemlich gleichmäßig hoher Intensitätspegel von 4-40 KHz. Maxima oder Minima können statistisch nicht gesichert werden.

3.6. „Schmatzlaut“ von Jungmäusen.

Bis zu 11 Tage alte Mäuse gaben Geräusche von sich, die durch Öffnen und Schließen des Mauls zustande kamen und als Schmatzen bezeichnet wurden.

- Jungmäuse wurden nach Abkühlung außerhalb des Nests mit einem warmen Gegenstand berührt oder in die hohle Hand genommen.
- Jungmäuse wurden aus dem Nest genommen, jedoch sofort wieder zurückgelegt. Sie krochen dann noch einige Zeit durcheinander, wobei sie schmatzten und auch USL ausstießen.
- In den unter 3.4. beschriebenen Situationen.

Es wurden je 10 Laute von 2 und 4 Tage alten Mäusen ausgewertet. Bei der Aufnahme betrug der Abstand Schnauze-Mikrofon 1 cm.

Die Laute sind nur 4 ± 1 msec lang (siehe Oszillogramm Abb. 1) bei einer Gesamtamplitude von $78 \pm 2,1$ dB.

Intensitätsverteilung: Abb. 5 (4) zeigt ein Sonagramm und Spektrogramm von zwei Schmatzlauten. Man erkennt zwei schwach aus dem Rauschen abgehobene Intensitätsschwerpunkte bei etwa 2 KHz und 6 KHz, wobei das Hauptgewicht bei 2 KHz liegt. Der Aufbau ist nicht harmonisch. Die in Abb. 6 dargestellte Intensitätsverteilung bestätigt das Hauptmaximum bei 2 KHz, das gegen 1,2 KHz und 4 KHz statistisch gesichert ist ($p \leq 0,01$). Dieser Laut der Jungmäuse besitzt ebenfalls keine Ultraschallanteile. Das Maximum bei 2 KHz ist gegen die entsprechenden Werte aller anderen Laute von Jungmäusen statistisch gesichert ($p \leq 0,01$).

3.7. „Laute der Verwirrung“ erwachsener Weibchen.

Als Versuchstiere dienten 6 ♀♀, die bis zu 4 Tage alte Junge hatten.

Auslösung: Die Jungmäuse wurden aus dem Käfig genommen; nach 10

min wurde in unregelmäßigen Abständen jeweils 1 Jungtier zurückgelegt, jedoch sofort wieder entfernt, nachdem es die Mutter gefunden und ins Nest zurückgebracht hatte. Außerdem wurden Jungmäuse in und über den Käfig gehalten und Schmerzschreie ausgelöst. Das Weibchen lief verstört und suchend im Käfig umher und reagierte sofort auf Schmerzschreie und USL der Jungen, brachte eingesetzte Jungtiere unverzüglich ins Nest zurück, durchwühlte die Spreu, — es war offensichtlich verwirrt. 3 der 6 ♀♀ stießen nach etwa 20 min in unregelmäßigen Abständen vereinzelte USL aus, die daher als „Laute der Verwirrung“ bezeichnet werden sollen.

Es wurden insgesamt 13 Laute ausgewertet. Sie dauerten 40 ± 20 msec bei einer Gesamtamplitude von $73 \pm 3,5$ dB.

In Abb. 7 (1) ist ein Sonagramm und Spektrogramm dargestellt. Der Laut hat nur Ultraschallanteile und zeigt keinen harmonischen Aufbau. Der Intensitätsschwerpunkt liegt bei 70 KHz (siehe auch Intensitätsverteilung in Abb. 8). Der Wert bei 80 KHz ist statistisch gegen Werte bei 50 KHz u. 100 KHz gesichert ($p \leq 0,01$).

3.8. Abwehrlaut erwachsener Weibchen.

Dieser Laut trat in folgenden Situationen auf:

a) 31 Tage alte ♀♀ wurden mit gleichaltrigen fremden ♂♂ zusammengesetzt und Laute nach 3 Stunden Eingewöhnungszeit aufgenommen. ♀♀ dieser Altersstufe sind noch nicht kopulationsbereit, während ♂♂, ohne selbst schon geschlechtsreif zu sein, bereits im Alter von 3 Wochen die ersten Auftret-

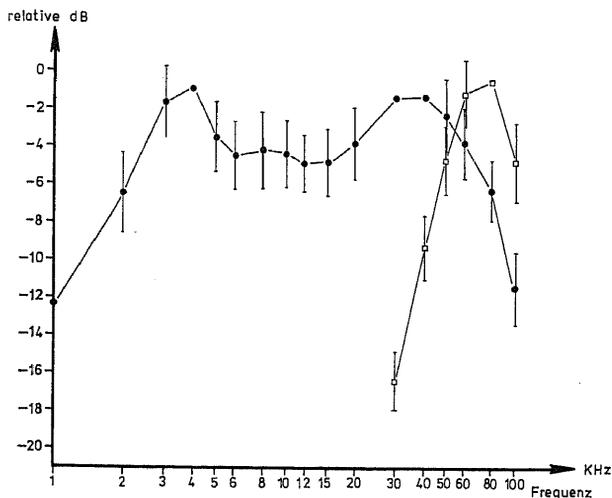


Abb. 8. Mittelwertskurven für Laute erwachsener Weibchen.

— □ — Verwirrungslaut, — ● — Abwehrlaut

versuche machen (FREYE & FREYE, 1960). ♂♂ und ♀♀ beschnüffeln sich gegenseitig, wobei das ♂ meist aktiver ist, dem ♀ nachläuft und zielstrebig versucht, den Genitalbereich des ♀ zu beschnuppern und zu belecken. Nach einiger Zeit versucht es aufzureiten. Das ♀ wehrt das ♂ meist ab und zwar in zweierlei Weise: Wenn das ♂ von vorn oder von der Seite kommt, richtet sich das ♀ auf, sitzt gekrümmt und dreht den Kopf zum ♂ hin, wobei es fiept; läßt das ♂ nicht ab, so dreht sich das ♀ in dieser Stellung mit dem ♂ mit und fiept bei jedem erneuten Annäherungsversuch. Kommt das ♂ von hinten, so bleibt das ♀ in geduckter Stellung stehen, dreht seinen Kopf zum ♂ hin, hebt das zum ♂ gerichtete Hinterbein leicht an und fiept. Aufreitversuche begegnet es durch Fiepen und Loslaufen.

b) In der gleichen Situation wurden Laute von 42 Tage alten Tieren (gerade geschlechtsreif) aufgenommen.

c) Die gleichen Laute wie in Fall a) und b) konnte man bemerkenswerterweise auch durch „künstliche Aufreitversuche mit der Hand“ auslösen, indem man die Lendenregion des ♀ von hinten kommend auf beiden Seiten gleichzeitig leicht drückte.

d) Zur Demonstration, daß es sich bei diesem Laut der erwachsenen ♀♀ wohl um einen Abwehrlaut handelt, wurden in einem weiteren Versuch 2 fremde ♀♀ zusammen mit 4 fremden ♂♂ (alle 6 Wochen alt) in einem Käfig zusammengesetzt. Die ♂♂ fingen sofort an zu kämpfen, die ♀♀ liefen „verstört“ zwischen den kämpfenden ♂♂ herum oder versuchten, sich in einer Käfigecke zu verkriechen. Sie wurden häufig von den ♂♂ angefallen, die sich jedoch sofort wieder von ihnen abwandten, wenn sie die beschriebene Abwehrhaltung einnahmen bzw. fortliefen und fiepten. In allen Situationen traten auch vereinzelt reine Ultraschalllaute auf, die ebenfalls wenigstens teilweise von den ♀♀ stammen müssen, da im Fall c) ja kein ♂ anwesend war.

Zusammen wurden 23 Laute von 8 verschiedenen ♀♀ analysiert. Bei der Aufnahme betrug der Abstand Schnauze-Mikrofon etwa 4 cm.

Alle unter a-d aufgenommenen Laute zeigen prinzipiell gleiche Charakteristika. Die Dauer beträgt 100 ± 20 msec, die Gesamtamplitude $82,3 \pm 3,8$ dB.

Intensitätsverteilung: Aus dem Sonogramm und Spektrogramm in Abb. 7 (2) erkennt man einen bis 10 KHz reichenden harmonischen Anteil, der von Geräuschanteilen überlagert wird. Ab 10 KHz ist nur noch Geräusch vorhanden, wobei ein Intensitätsschwerpunkt bei 30-40 KHz liegt. Die Kurve der mittleren Intensitätsverteilung in Abb. 8 zeigt Maxima bei 4 KHz (= harmonischer Anteil) und bei 30 KHz (= Geräuschanteil). Die Maxima sind mit $p \leq 0,01$ statistisch gesichert und zwar 4 KHz gegen 2 KHz und 6 KHz und 30 KHz gegen 20 KHz und 40 KHz gegen 60 KHz. Das Maxi-

mum des Abwehrlauts bei 30-40 KHz ist gegen die entsprechenden Werte des Schmerzschreis erwachsener Mäuse mit $p \leq 0,01$ gesichert.

4. DISKUSSION

Zur Übersicht seien noch einmal alle Laute mit ihren Intensitätscharakteristika dargestellt:

Schmerzlaut erwachsener Mäuse: Intensitätsmax. 4 KHz; harmonisch
 Schmerzlaut von Jungmäusen: Intensitätsmax. 12 KHz, 30 KHz; harmonisch
 Reine USL von Jungmäusen: Intensitätsmax. 60 KHz; nicht harm.
 Laute von Jungmäusen im Gedränge: Intensitätsmax. 6 KHz; harmonisch
 Laute von Neugeborenen: Plateau 4-40 KHz; z.T. harmonisch.
 Schmatzlaut von Jungmäusen: Intensitätsmax. 2 KHz; nicht harmonisch.
 Verwirrungslaut erwachsener ♀♀: Intensitätsmax. 60-80 KHz; nicht harm.
 Abwehrlaut erwachsener ♀♀: Intensitätsmax. 4 KHz, 40 KHz; z.T. harm.
 Man erkennt, daß die Laute, abgesehen von den beiden reinen USL, durch ihre Intensitätsschwerpunkte recht eindeutig definierbar sind.

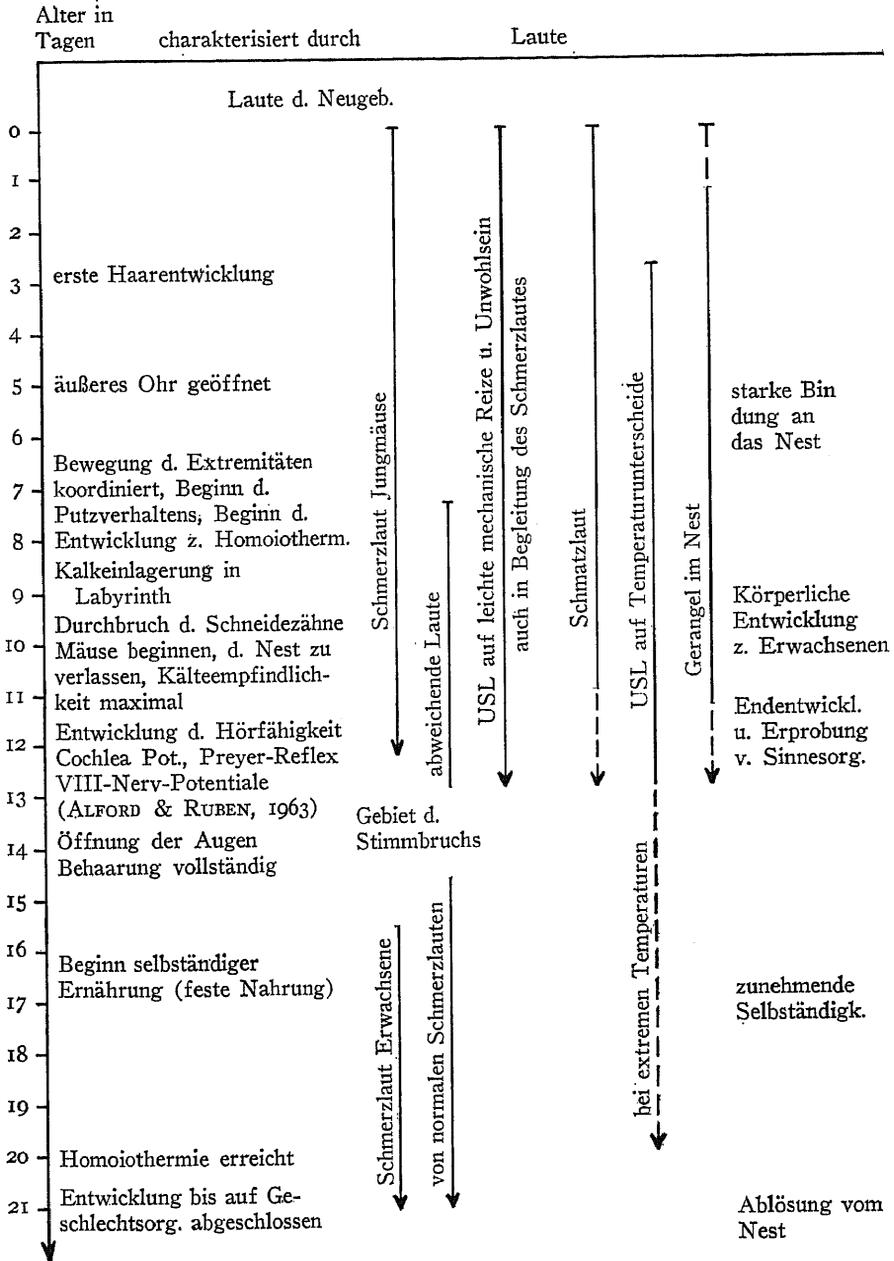
Die Ergebnisse zur Auslösbarkeit und Struktur der USL von Jungmäusen bestätigen die Angaben anderer Autoren (SCHLEIDT 1951; ZIPPELIUS & SCHLEIDT, 1956; NOIROT, 1966a, 1966b; NOIROT & PYE, 1969; SEWELL, 1967, 1968, 1970; BERLIN *et al.*, 1969; OKON, 1970a, 1970b; BELL *et al.*, 1971, 1972). Auch der Verwirrungslaut erwachsener ♀♀ entspricht dem von OKON (1970b) in der gleichen Situation erhaltenen Laut.

BERLIN *et al.* (1969) hatten den Schmerzschrei erwachsener Mäuse untersucht und ein Hauptintensitätsmaximum bei 10 KHz gefunden. Dieser Befund weicht von dem in dieser Arbeit beschriebenen, normalen Schmerzlaut erwachsener Mäuse ab. Da ich jedoch auch Laute mit zwei Intensitätsmaxima bei 4 KHz und 8 KHz gefunden habe, bleibt der Wert von BERLIN *et al.* (1969) im Rahmen des möglichen Frequenzbereichs, kann jedoch nicht als Normalfall für die Hausmaus angesehen werden.

SEWELL (1968) erwähnt einen hörbaren Laut, den erwachsene ♀♀ ausstoßen sollen, während das ♂ aufreitet und begattet. Dieser Laut könnte dem hier beschriebenen Abwehrlaut erwachsener ♀♀ entsprechen. Während des Aufreitens und der Begattung sollen nach SEWELL (1968) auch reine USL von den ♂♂ ausgestoßen werden. Hier konnten nur vereinzelt USL erhalten werden, die wenigstens z.T. den ♀♀ zugeordnet werden müssen. Ob darüber hinaus ♂♂ in dieser Situation auch USL von sich geben, kann nicht entschieden werden. Den USL der nicht begattungsbereiten ♀♀ könnte man zudem, wenn man alle unter 3.7. und 3.8. angeführten Punkte berücksichtigt, als Verwirrungslaut interpretieren, der in der dauernden Bedrängnis durch das ♂ neben dem Abwehrlaut geäußert wird.

TABELLE I

Daten zur postnatalen Entwicklung von Jungmäusen mit den in bestimmten Entwicklungsstadien auftretenden Lauten



Für die anderen hier dargestellten Laute sind mir für die Hausmaus keine Beschreibungen aus der Literatur bekannt geworden.

Soweit es das bisher vorliegende Material erlaubt, will ich im folgenden versuchen, Laute bestimmter Charakteristik bestimmten Situationen zuzuordnen, um daraus auf ihre möglichen kommunikativen Funktionen zu schließen.

Gerade bei Jungmäusen hängt die Vokalisation sehr stark vom Entwicklungsalter ab und ist auch durch Veränderungen der Umwelt beeinflussbar. Tabelle 1 gibt dazu einen Überblick für *Mus musculus*. Die Daten sind, soweit nicht besonders vermerkt, aus FREYE & FREYE (1960), HAGEMANN (1960) und den Arbeiten schon genannter Autoren entnommen.

Jungmäuse können sich selbst bis etwa zum 12. Tag nicht hören (ALFORD & RUBEN, 1963). Deshalb könnten ihre Laute, wenn überhaupt, nur für erwachsene Mäuse bzw. andere Tiere eine Rolle spielen. NOIROT (1964, 1966a), NOIROT & PYE (1969) und SEWELL (1970) betrachten den USL der Jungmäuse als Auslöser, der die Mutter veranlassen soll, ihre aus dem Nest geratenen Jungen zurückzuholen. Die Laute zeigten der Mutter Hilflosigkeit, Unbehagen und Verwirrung an und hätten für die Jungen die Wirkung, sie aus einer ungewohnten und unangenehmen Lage wieder in das gewohnte warme Nest zurückzubringen. Das Äquivalent zu diesem Ultraschalllaut der Jungmäuse stellt bei erwachsenen Mäusen der Verwirrungs-laut des ♀ dar. Beide Laute besitzen nur Ultraschallanteile und sind nicht harmonisch aufgebaut, und beide Laute lassen Verwirrung und Unbehagen erkennen. Außerdem treten beide Laute noch zusammen mit anderen auf: der USL der Jungmäuse zusammen mit dem Schmerzscrei und der Verwirrungs-laut wohl zusammen mit dem Abwehrlaut erwachsener ♀. Beide Ultraschalllaute seien daher zu dem *Lauttyp 1*, der bei Unbehagen und Verwirrung hervorgebracht wird, zusammengefaßt.

Sobald die jungen Mäuse ausreichend hören und sehen können (Entwicklung der Hörfähigkeit und Öffnung der Augen bis zum 13. Tag) und unangenehmen Situationen, z.B. durch gezieltes Weglaufen, ausweichen können, wird der Laut des Unbehagens und Verlassenseins mehr und mehr überflüssig, daher die signifikante Abnahme der Auslösbarkeit von USL mit zunehmendem Alter.

Anders verhält es sich mit dem Schmerzscrei von Jungmäusen. Er dürfte, berücksichtigt man die natürliche Auslösesituation, eine Aggressionshemmung und Beschwichtigung der erwachsenen Tiere bewirken. Stark gestörte und verwirrte Erwachsene (Nest unter Wasser gesetzt, Fremdmäuse im Käfig, Käfig in Unordnung) holen oft ihre Jungen nicht nur aus dem Nest, sondern fressen sie auch an oder auf, wobei sie bezeichnender Weise immer am Hinterende beginnen. Je stärker die Jungen schreien (Schmerzscrei), desto eher werden sie in Ruhe gelassen.

Den Schmerzschrei von Jungmäusen kann man als Ausdifferenzierung des Lautes der Neugeborenen, der schon wesentliche Elemente enthält, auffassen. Je älter die Tiere werden, umso mehr schwinden die Geräuschanteile zugunsten eines rein harmonischen Aufbaus.

Der Laut Neugeborener und der Schmerzschrei von Jungmäusen ist wohl mit dem Abwehrlaut erwachsener ♀♀ verwandt, denn alle drei Laute besitzen Intensitätsmaxima im Hörbereich und Ultraschallbereich, sind zumindest teilweise harmonisch aufgebaut und werden in Situationen ausgestoßen, in denen andere Mäuse beschwichtigt und in ihrer Aggression gehemmt werden sollen. Diese drei Laute seien daher zu dem *Lauttyp 2*, Aggressionshemmung und Beschwichtigung, zusammengefaßt.

Es bleiben die Laute mit nur einem Intensitätsmaximum im menschlichen Hörbereich (Schmerzschrei erwachsener Mäuse, Laut der Jungmäuse beim Drängen im Nest „Gerangel-Laut“, Schmatzlaut) zu betrachten. Der Gerangel-Laut der Jungmäuse läßt sich als Ausdruck eigener Aktivität bis hin zur Aggression deuten. Beim Drängen um einen Platz an den Zitzen erscheint dies ohne weiteres einleuchtend. Die Jungen versuchen, sich gegen ihre Geschwister zu behaupten. Wenn erwachsene Mäuse den Schmerzschrei in der beschriebenen Auslösesituation ausstoßen, versuchen sie sich oft auch nach oben zu krümmen und zu beißen. Hierin zeigt sich eine Abwehr- und Verteidigungsbereitschaft. Als Folge der Schmerzauslösung und des damit verbundenen Schmerzschreis tritt also eine eigene Aktivität und Aggression auf, sodaß der Schmerzschrei erwachsener Mäuse zumindest typologisch mit dem Gerangel-Laut der Jungmäuse zu dem *Lauttyp 3*, der eigene Aktivität bzw. Aggression zeigt, zusammengefaßt werden kann.

Der Schmatzlaut der Jungmäuse läßt sich kaum in einen der drei Lauttypen einbeziehen, sondern muß eher als Reflex auf eine warme Umgebung und Berührung aufgefaßt werden, wie sie normalerweise entsteht, wenn sich die Mutter zum Säugen über den Jungen ausbreitet. Ob zu der Auslösung auch ein Hungergefühl nötig ist, kann aus den bisherigen Beobachtungen nicht entschieden werden.

Die Veränderung des Schmerzschreis der Jungmäuse zu dem der erwachsenen Tiere kann in zweierlei Hinsicht gedeutet werden:

- a) Es liegt ein durch Wachstum und anatomische Veränderungen des Kehlkopfes bedingter Stimmbruch vor. Für diese Annahme spricht der fließende Übergang, zumal wenn man die weniger häufig bzw. am Anfang einer Lautserie auftretenden Schmerzschreie berücksichtigt. Die Zeit des Stimmbruchs fiel allerdings nicht mit der Zeit der Pubertät (21-45 Tag) zusammen.
- b) Es tritt eine Veränderung in der Motivationslage der Mäuse ein. Die

Jungmäuse verwenden in der Periode zunehmender Selbständigkeit nicht mehr Laute der Hilflosigkeit und Aggressionshemmung, sondern den im Kampf um die Zitzen schon geläufigen Laut, der eigene Aggression bezeichnet. Für diese Annahme spricht, daß im Gebiet der Umstellung (Tabelle 1) der Wegfall der hochfrequenten Anteile der Schreie parallel läuft mit der Entwicklung zur Selbständigkeit, die mit etwa 24 Tagen erreicht ist.

Beide Hypothesen schließen sich nicht aus, da endokrine Faktoren wohl gerade in der Zeit des Heranwachsens den zeitlichen Ablauf verschiedenster Entwicklungsvorgänge steuern dürften.

Eingehende Motivationsanalysen und Verhaltensexperimente müssen hier noch weitere Aufschlüsse auch über die biologische Bedeutung der Laute liefern.

Erwachsene Mäuse können alle 8 dargestellten Laute hören (MARKL & EHRET, 1973). Da die Gesamtintensität aller Laute erheblich variiert, zudem entfernungs- und richtungsabhängig ist und die Länge der Laute auch nicht konstant bleibt, wird wohl die unterschiedliche Intensitätsverteilung über der Frequenz die Hauptinformation über die Art der Laute enthalten. Im besten Hörbereich (10-20 KHz) liegt dabei das Intensitätsmaximum des Schmerzscreis von Jungmäusen (12 KHz), das Intensitätsplateau des Lautes Neugeborener und, trotz eines relativen Minimums, das hohe Intensitätsniveau des Abwehrlautes erwachsener ♀♀. Gerade diese Laute des Typs 2 beeinflussen Handlungen anderer Mäuse unmittelbar (s.o.), sodaß eine deutliche Wahrnehmung vorteilhaft sein muß. Bei einer Belohnungsdressur (MARKL & EHRET, 1973) haben wir im Ultraschallbereich bei 50 KHz ein weiteres Empfindlichkeitsmaximum des Gehörs von *Mus musculus* gefunden, was recht gut zu den Intensitätsmaxima im Ultraschallbereich von einigen Lauten, die meist auch direkt zur Verständigung beitragen, paßt. Die Abstimmung zwischen Hörvermögen und Lautäußerungen ist unverkennbar.

ZUSAMMENFASSUNG

- a) Es wurden 8 verschiedene Laute der weißen Labormaus (*Mus musculus*, Stamm NMRI) nach Struktur und Auslösbarkeit untersucht und ihre mögliche Bedeutung für die innerartliche Verständigung diskutiert.
- b) Mit Hilfe von Sonogrammen, Spektrogrammen und Linienspektren können die Laute folgendermaßen charakterisiert werden:
 1. Schmerzlaut erwachsener Mäuse: Intensitätsmaximum bei 4 KHz, Aufbau harmonisch, Dauer 120 ± 40 msec.
 2. Schmerzlaut von Jungmäusen: Intensitätsmaximum bei 12 KHz und 30 KHz, Aufbau harmonisch, Dauer 120 ± 40 msec.
 3. Ultraschalllaute von Jungmäusen: Intensitätsmaximum bei 60 KHz, Aufbau nicht harmonisch, Dauer 80 ± 20 msec.
 4. Laute beim Drängen von Jungmäusen im Nest: Intensitätsmaximum bei 6 KHz, Aufbau harmonisch, Dauer 120 ± 40 msec.

5. Laute von Neugeborenen: Intensitätsplateau von 4-40 KHz, Geräusch mit harmonischen Anteilen, Dauer 140 ± 50 msec.
 6. Schmatzlaut von Jungmäusen: Intensitätsmaximum bei 2 KHz, Aufbau nicht harmonisch, Dauer 4 ± 1 msec.
 7. Verwirrungslaut erwachsener Weibchen: Intensitätsmaximum bei 70 KHz, Aufbau nicht harmonisch, Dauer 40 ± 20 msec.
 8. Abwehrlaut erwachsener Weibchen: Intensitätsmaximum bei 4 KHz und 40 KHz, Aufbau bis 10 KHz harmonisch, Dauer 100 ± 20 msec.
- c) Die Laute wurden aufgrund der Analyse zu drei in ihrer möglichen Funktion verschiedenen Typen zusammengefaßt:
- Type I (3, 7) signalisiert Verwirrung und Unbehagen.
 Typ II (2, 5, 8) soll Aggressionshemmung bei anderen Mäusen bewirken.
 Typ III (1, 4) ist Zeichen eigener Aktivität bis zur Aggression.
 Der Schmatzlaut ist in diese Typen nicht einzuordnen.
- d) Für die altersabhängige Veränderung des Schmerzlautes wurden zwei Hypothesen diskutiert: Stimmbruch oder Änderung der Motivationslage.
- e) Die Intensitätsverteilung der Laute wurde mit der Empfindlichkeitscharakteristik des Gehörs von *Mus musculus* verglichen. Alle Laute sind für erwachsene Mäuse hörbar. Die Maxima der Intensitätsverteilung und der Gehörempfindlichkeit stimmen weitgehend überein.

LITERATURVERZEICHNIS

- ALFORD, B. R. & RUBEN, R. J. (1963). Physiological, behavioral and anatomical correlates of the development of hearing in the mouse. — *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 72, p. 237-247.
- BELL, R. W., NITSCHKE, W., GORRY, Th. H. & ZACHMANN, Th. A. (1971). Infantile stimulation and ultrasonic signaling: a possible mediator of early handling phenomena. — *Devel. Psychobiol.* 4 (2), p. 181-191.
- , — & ZACHMANN, Th. H. (1972). Ultrasounds in three inbred strains of young mice. — *Behav. Biol.* 7, p. 805-814.
- BERLIN, C. I., MAJEAU, D. A. & STEINER, S. (1969). Hearing and vocal output in normal, deaf and infant mice. — *J. Aud. Res.* 9, p. 318-331.
- DIEM, K. & LEUTNER, C., Hrsg. (1968). Wissenschaftliche Tabellen. — *Documenta Geigy*, 7. Aufl., Geigy, Basel.
- FREYE, H. A. & FREYE, H. (1960). Die Hausmaus. — A. Ziemsen Verlag, Wittenberg, DDR, p. 57 ff.
- HAGEMANN, E. (1960). Ratte und Maus. Versuchstiere in der Forschung. — Walter de Gruyter & Co, Berlin.
- MARKL, H. & EHRET, G. (1973). Die Hörschwelle der Maus (*Mus musculus*). Eine kritische Wertung der Methoden zur Bestimmung der Hörschwelle eines Säugetiers. — *Z. Tierpsychol.* 33, p. 274-286.
- NOIROT, E. (1964). Changes in responsiveness to young in the adult mouse: The effect of externe stimuli. — *J. comp. physiol. Psychol.* 57 (1), p. 97-99.
- (1966a). Ultra-sons et comportements maternels chez les petits rongeurs. — *Annls. Soc. r. zool. Belg.* 95, p. 47-56.
- (1966b). Ultra-sounds in young rodents I. Changes with age in albino mice. — *Anim. Behav.* 16, p. 129-134.
- & PYE, D. (1969). Sound analysis of ultrasonic distress calls of mouse pups as a function of their age. — *Anim. Behav.* 17, p. 340-349.
- OKON, E. E. (1970). The effect of environmental temperature on the production of ultrasounds by isolated non-handled albino mouse pups. — *J. Zool. Lond.* 162, p. 71-83.
- (1970). The ultrasonic response of albino mouse pups to tactile stimuli. — *J. Zool. Lond.* 162, p. 485-492.

- SCHLEIDT, W. H. (1951). Töne hoher Frequenz bei Nagern. — *Experientia* 7, p. 65-66.
 SEWELL, G. D. (1967). Ultrasounds in adult rodents. — *Nature* (London). 215, p. 512.
 — (1968). Ultrasounds in rodents. — *Nature* (London). 217, p. 682-683.
 — (1970). Ultrasonic communication in rodents. — *Nature* (London). 227, p. 410.
 ZIPPELIUS, H. M. & SCHLEIDT, W. H. (1956). Ultraschall-Laute bei jungen Mäusen. — *Naturwissenschaften* 43, p. 502.

SUMMARY

- a) The structure and occurrence of 8 different calls of the laboratory mouse (*Mus musculus*, strain NMRI) were analysed and their possible functions discussed.
- b) The analysis of sonagrams, spectrograms and spectra characterizes the calls as follows:
1. Distress call of adult mice: peak-intensity at 4 KHz, harmonic structure, duration 120 ± 40 msec.
 2. Distress call of infant mice: peak-intensity at 12 KHz and 30 KHz, harmonic structure, duration 120 ± 40 msec.
 3. Ultrasonic calls of infant mice: peak-intensity at 60 KHz, no harmonic structure, duration 80 ± 20 msec.
 4. Calls of infant mice struggling for the teats: peak-intensity at 6 KHz, harmonic structure, duration 120 ± 40 msec.
 5. Calls of infant mice just after birth: high level of intensity from 4-40 KHz, broad-band noise with harmonic components, duration 140 ± 50 msec.
 6. Sound of infant mice smacking their lips: peak-intensity at 2 KHz, no harmonic structure, duration 4 ± 1 msec.
 7. Calls of confusion of adult females: peak-intensity at 70 KHz, no harmonic structure, duration 40 ± 20 msec.
 8. Defensive calls of adult females: peak-intensity at 4 KHz and 40 KHz, harmonic components up to 10 KHz, duration 100 ± 20 msec.
- c) Based on this analysis the calls were classified into three different categories which seemed to be correlated with characteristic functions:
- Categ. I (3, 7) indicates confusion and indisposition
 Categ. II (2, 5, 8) might inhibit aggression in other mice
 Categ. III (1, 4) indicates activity or even aggressive tendencies on the part of the emitter.
- The sound of smacking lips cannot be classified in these categories.
- d) Two possible reasons for the age-dependent change in the distress-call were discussed: breaking of voice or change in motivation.
- e) The frequency-dependent intensity distribution of the calls was compared with the hearing sensitivity of *Mus musculus*. Each call described is audible to adult mice. The intensity maxima of the calls correspond to sensitivity maxima of hearing.