

C.W. Neidig, L.-P. Erasmus, A. Möltner, R. Hölzl
Beeinflussung der viszeralen Sensibilität
durch somatosensorische Signale.
Teil I: Maskierung.

Labor für Klinische Psychophysiologie

Nr. 27

F O R S C H U N G S B E R I C H T E

AUS DEM

OTTO - SELZ - INSTITUT

FÜR

PSYCHOLOGIE UND ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

DER

UNIVERSITÄT MANNHEIM

C.W. Neidig, L.-P. Erasmus, A. Möltner, R. Hölzl
Beeinflussung der viszeralen Sensibilität
durch somatosensorische Signale.
Teil I: Maskierung.

Labor für Klinische Psychophysiologie

Nr. 27

Die Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt (Ho 904/6).

1. Einführung

Viszeral afferente Signale, die über zahlreiche Afferenzen das Gehirn erreichen, sind normalerweise nicht bewußt repräsentiert, steuern das Verhalten aber dennoch in vielfältiger Weise, z.B. über Allgemeinempfindungen (Wohlbefinden, Stimmung) oder in der "instinktiven" Nahrungswahl. Interozeptive Vorgänge im Bereich des unteren Gastrointestinaltrakts sind für die willkürlichen Kontrolle der Stuhlentleerung eine *conditio sine qua non* (Cerulli et al., 1979; Whitehead et al., 1981). Ihre Untersuchung ist von großer Relevanz für das Verständnis der Ätiopathogenese sowie für die Therapie neurologischer und psychophysiologischer Störungen, deren Symptomatik sich auf diese Körperregion konzentriert. Die Sensibilität des Kolons und ihre pathologische Veränderung wurde untersucht im Zusammenhang funktioneller Darmerkrankungen (Hözl & Kröger, 1988; Whitehead et al., 1990) und diabetischer Neuro-Enteropathien (Sarno et al., 1993).

Erste Hinweise auf Wechselwirkungen viszerosensorischer und somatosensorischer Bahnen ergeben sich aus früheren Erfahrungen an Patienten mit abdomineller Schmerzsymptomatik. Nozizeptive Reizung der Eingeweide wird oft nicht oder nicht nur am inneren Organ als Schmerz empfunden, sondern vor allem an oberflächlichen, entfernteren Strukturen, der Muskulatur und Haut (McKenzie, 1909). Die Übertragung erfolgt dabei in diejenigen Körperabschnitte, die vom gleichen Spinalnerv wie das geschädigte viszerale Gewebe afferent innerviert werden, also in das zugehörige Dermatome.

Experimentelle Ausgangspunkte der vorliegenden Studie sind einige in der Neopawlowianischen Literatur berichteten Befunde, die auf extero-interozeptive Wechselwirkungen hindeuten (Zusammenfassung bei Adám, 1967; Bykov, 1957; Razran, 1961, 1971). Die diesen frühen Arbeiten gemeinsame Methode ist die interozeptive Konditionierung, die in einer gleichzeitigen Reizung von Rezeptoren innerer Organe und exterozeptiver Sinnesmodalitäten erfolgt. Adám (1967) demonstrierte bsw. einen Effekt der Wechselbeziehung exterozeptiver und interozeptiver Reize auf die Speichelreaktion von Hunden in einem klassischen Konditionierungsparadigma. Bei simultaner Applikation beider konditionierter Reize (Glockentöne plus Borsäure-induzierter Druckanstieg im Nierenbecken) zeigten sich je nach Versuchstier unterschiedliche Ergebnisse: Entweder war die Menge der konditionierten Speichelabsonderung gleich der Summe der Reaktionen auf die Einzelreize ("Summation") oder die bedingte Speichelung blieb aus ("reziproke Inhibition"). Im Humanversuch untersuchte Pschonik (1952) die Interaktion intragastrischer und epigastrischer thermischer Reize und deren Auswirkung auf vasomotorische Reflexe am Oberarm. Unter Variation von Temperatur und zeitlicher Abfolge der Reize, die auf die Magenwand und den Oberbauch abgegeben wurden, zeichnete sich im Laufe der Sitzungen eine Prädominanz interozeptiv ausgelöster Reflexe (Vasodilatation und -konstriktion) über exterozeptiv ausgelöste antagonistische Reflexe.

Daß die Sensibilität der *unteren abdominalen* *Viszera* durch exterozeptive Reize modifiziert werden kann, legen einige bislang unreplizierte Experimente von Airapetjanz nahe. Mit falscher visueller Rückmeldung physiologischer Prozesse demonstrierte er die Konditionierbarkeit von Harnblasen-Kontraktionen und subjektivem

Harndrang (Airapetjanz et al., 1952). Patienten mit Blasen fisteln wurde durch Einleitung von Luft bzw. Flüssigkeit in einen intravesikalen Gummiballon Dehnungsreize an die Blaseninnenwände abgegeben und der intravesikale Druck über eine manometrische Skala angezeigt. Wenn bei faktisch geringem Druck hohe Werte angezeigt wurden -in einem Bereich, in dem sonst Harndrang ausgelöst wurde - berichteten die Patienten starken Harndrang, der meist auch mit einer gesteigerten Urinsekretion und Detrusorkontraktionen einherging. Eine Rückmeldung niedriger Druckwerte unterdrückte den subjektiven Drang sowie die physiologischen Begleiterscheinungen, obgleich die Reizvolumina deutlich höher waren als die sonst Harndrang-induzierenden Volumina. Eine Verminderung der Sensibilität für intrakolonische Dehnungsreize erzielte Airapetjanz (1956) an Patienten mit chronischen Darmfisteln. Die Reize wurden in Form von Dehnungen eines an einer Sonde befestigten Ballons im Darmlumen abgegeben. Nach anfänglicher Übereinstimmung zwischen dem intrakolonischen und dem visuell zurückgemeldeten Druck wurden die angezeigten Druckwerte gegenüber den realen Verhältnissen sukzessiv verkleinert, was dazu führte, daß das Ballonvolumen schließlich auf das Doppelte des initialen Schwellenvolumens erhöht werden mußte, um die Empfindung einer Dehnung hervorzurufen ("inhibitorische Rückmeldung").

Der Einfluß taktiler abdomineller Stimuli auf Wahrnehmungsschwellen für intrakolonische Dehnungsreize konnte aufgrund des Fehlens adäquater Methoden bisher kaum untersucht werden. Eine Ausnahme stellt eine Studie an Patienten mit künstlichem Darmausgang dar, bei der Festreizserien im Rahmen eines Signaldektions-Paradigmas präsentiert wurden (Adám et al, 1990). Methodische Ausgangspunkte der vorliegenden Arbeit sind eine bereits etablierte Apparatur zur intrakolonischen Interzeptionsmessung (Erasmus, 1991) sowie Vorerfahrungen mit adaptiven, selbstkalibrierenden Verfahren zur Bestimmung der lokalen Diskrimination viszeraler Dehnungsreize (Erasmus et al., 1993a). Die Prozedur dieser Vorläuferstudie eignet sich prinzipiell für die Untersuchung der Kopplung zweier Wahrnehmungskanäle. Sie ermöglichte einen somatoviszeralen Vergleich und beschränkte sich dabei auf die Frage der örtlichen Diskrimination zeitlich aufeinanderfolgender Reize. Die im folgenden vorgestellten Methode verlangt eine Diskrimination zweier Reize unterschiedlicher Modalität unter variierenden zeitlichen Verhältnissen (Neidig et al, 1993).

Das Ziel der Studie besteht in einer Untersuchung der Interaktion exterozeptiver und interozeptiver Reize in Bezug auf ihre Wahrnehmbarkeit. Primäre Fragestellung ist, ob die viszerale Sensibilität im unteren Gastrointestinaltrakt durch somatisch afferente Signale beeinflusst werden kann. Die Prüfung auf Interaktionseffekte erfolgt durch den Vergleich der Schwellen für Dehnungsreize (in Volumina) bei simultaner und nicht-simultaner Reizdarbietung. Im Falle einer somatoviszeralen Interaktion resultieren bei simultaner Reizung andere interozeptive Schwellen als bei alleiniger bzw. zeitlich isolierter Reizung. Prinzipiell sind zwei Richtungen der Wechselwirkung zweier Sinneskanäle zu unterscheiden: Summation und Maskierung. Summation tritt auf, wenn die Schwelle bei simultaner Reizung gegenüber den Schwellen bei nicht-simultaner Reizung gesenkt ist. Maskierung tritt auf, wenn die Schwelle bei simultaner Reizung gegenüber den Schwellen bei nicht-simultaner Reizung erhöht ist. Ferner soll untersucht werden, ob die Variation des Orts der taktilen Stimulation - innerhalb vs. außerhalb des Dermatoms viszeraler Reizung - die interozeptiven Schwellen differenziell beeinflusst.

2. Methodik

2.1. Apparatur

Nach der rektalen Einführung des intraluminalen Reizgebers liegt der Proband ausgestreckt auf dem Rücken auf einer medizinischen Untersuchungs- liege. Der kutane Reizgeber ist mit einem elastischen Gurt auf dem Abdomen befestigt, der intralumina- le Reizgeber ist ein Ballon, der sich an der Spitze einer etwa kleinfingerdicken, flexiblen Sonde befindet, die durchs Rektum etwa 35 - 40 cm tief eingeführt wurde. Beide Reizgeber sind über Schläuche und ein Ventilsystem mit einer steuerbaren Pumpe verbunden, deren Kontrolle über einen Laborrechner vom Typ LSI 11 (Fa. DEC) erfolgt. Der gleiche Rechner wird auch zur Erfassung der physiologischen Daten verwendet (Druck in den Reizgebern, Herzrate, Atmung und elektrodermale Aktivität) sowie der psychophysikalischen Daten (Reaktionen des Probanden auf einer Tastatur). Zur Information des Probanden über den Untersuchungsablauf wie zur Abfrage der Wahrnehmungsergebnisse wurde ein Monochrom-Bildschirm sowie eine einfache Audioanlage verwendet. Alle aufgezeichneten Signale wurden zusätzlich mit einem Vielkanalschreiber (Fa. Gould, ES1000) festgehalten. Eine schematische Darstellung der Apparatur ist Abb. 1 zu entnehmen.

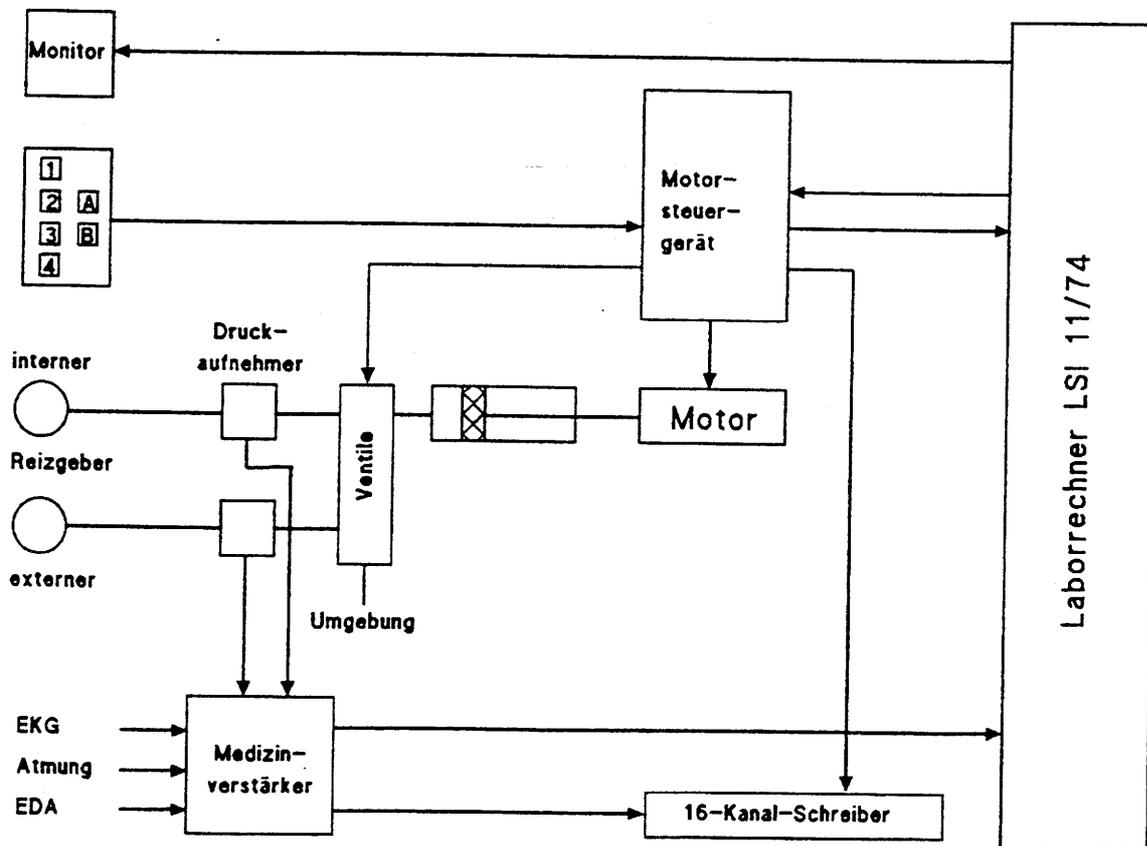


Abb. 1: Schematische Darstellung der Apparatur

2.1.1. Untersuchungs sonden

Die intraluminale Sonde wurde von früheren Studien übernommen und ist in Erasmus et al. (1994) ausführlich beschrieben. Es handelt sich um eine kompakte Sonde von 14 mm Durchmesser, deren Flexibilität konstruktiv so festgelegt wurde, daß eine schmerzlose Einführung ohne Rektoskop, nur mit Hilfe neutraler Gleitmittel, möglich ist. In einer Entfernung von 4 cm von der Spitze befindet sich ein Ballon, der die Sonde umgibt. Seine Wand ist an beiden Enden auf der Sonde fixiert, wodurch er eine feste Länge von 40 mm hat. Durch Vordehnung wird erreicht, daß sein Eigendruck innerhalb weiter Volumengrenzen nur geringe Änderungen aufweist. Druckunabhängige Form und dehnungsunabhängiger Eigendruck machen eine Kalkulation der Wandkräfte möglich, auch ohne die direkte Beobachtung des Ballons in situ, etwa mittels Röntgenkontrastverfahren (Erasmus, 1991). Die Sonde wurde bereits in einer Reihe früherer Studien eingesetzt (Erasmus et al., 1993a, b; Sarno et al., 1993).

Der kutane Reizgeber ist eine flache trommelförmige Kunststoffscheibe mit zentraler Bohrung. Zwischen dem inneren und dem äußeren Rand ist eine Latexwand gespannt. Bei Füllung der Trommel mit Luft wölbt sich die Fläche ringförmig vor und übt damit einen präzise steuerbaren Druck auf die Bauchdecke aus. Der Reizgeber wurde mit kleinen Modifikationen von einem früheren Stimulator übernommen (Adám et al., 1990). Da sich die Bauchdecke bereits in Vorversuchen als extrem sensibel für Druckreize erwies, wurde mittels einer Gasflasche von 1000 ml ein Totvolumen zur Reduktion der effektiven Reizvolumina dazwischengeschaltet. Die tatsächlichen Reizvolumina reduzieren sich dadurch gegenüber den von der Pumpe ausgestoßenen etwa um den Faktor 10 bis 20. Dadurch konnte für die kutane Reizung das gleiche Pumpsystem wie für die intraluminale Stimulation verwendet werden.

2.1.2. System zur Applikation mechanischer Reize

Auch das Pumpensystem wurde zu großen Teilen von früheren Arbeiten übernommen, wenn auch die Steuerung für die speziellen Anforderungen der vorliegenden Studie weitgehend verfeinert werden mußte. Die Pumpe besteht aus einem Hubzylinder, dessen Kolben über eine Spindel und einen Schrittmotor bewegt werden kann. Die Volumina der Reize können von 0 bis 500 ml variiert werden, in Schritten von 0.1 ml. Auch die Pumpgeschwindigkeit ist justierbar im Bereich von 0 bis 50 ml/s, mit einer Auflösung von 0.1 ml/s. Ein mehrteiliges Ventilsystem erlaubt folgende Aktionen:

- Ansaugen von Luft aus der Umgebung
- Vorkompression der Luft im Zylinder, um eine Anpassung des Druck der zugeführten Luft an den im Reizgeber vorhandenen vorzunehmen
- Ausstoßen der Luft in den Sondenballon
- Ausstoßen der Luft in den kutanen Reizgeber
- bzw. umgekehrt zur Darstellung von negativen Reizflanken

Da die Luft von der gleichen Pumpe in zwei verschiedene Ballons gepumpt werden sollte, war die früher empfohlene, sogenannte geschlossene Methode (Erasmus et al., 1993) nicht realisierbar. Die Anwendung eines Verfahrens, bei der der Zylinderraum bei jeder Aktion mit der Umwelt in Verbindung steht, führt aber zu schleichender

Veränderung des Sockelvolumens (Vordehnung des Ballons) durch Summation der Volumenfehler, die durch die Druckdifferenz zwischen Ballon und Umgebung entstehen. Es wurde versucht, diese Fehler weitgehend dadurch zu korrigieren, daß der Druck im Pumpenzylinder vor dem Reiz an den Druck im Ballon angepaßt wurde. Dazu wurden beide Werte vor dem Reiz gemessen. Da sich der Druck im Ballon durch den Reiz selbst ändert, wurde nach der Applikation des Reizes bzw. der Reize der Volumenfehler durch den die Pumpe steuernden Rechner berechnet und das Ballonvolumen entsprechend korrigiert. Diese Methode funktioniert unter zwei Annahmen zufriedenstellend: zum einen sollte sich der Druck im Reizgeber zwischen Reiz und Korrektur nicht allzu stark verändern, z.B. durch Kontraktionen des Darms, dies erfordert eine möglichst geringe Eigenaktivität des Darms sowie kurze Zeiten zwischen Reiz und Sockelkorrektur. Zum anderen muß die Genauigkeit der Druckmessung relativ hoch sein, was deswegen auf Probleme führt, weil die Anzahl der Meßwerte wegen der erforderlichen kurzen Zeiten zwischen Reiz und Korrektur niedrig ist, eine Glättung durch Mittelung also nur wenig Wirkung haben kann.

2.1.3. Registrierung physiologischer Signale und psychophysiologischer Reaktionen

Neben den beiden Kennwerten des Reizes, Ballondruck und -volumen, wurden auch zentrale und periphere Reaktionsparameter (Herzrate, Atmung und Hautreaktion) aufgezeichnet. Außerdem wurden die Antworten der Probanden registriert und gleichzeitig zur Versuchssteuerung mitverwendet. Alle Kennwerte wurden sowohl digitalisiert und auf einem Laborrechner (DEC LSI-11) abgespeichert als auch auf einem Vielkanalschreiber (Gould ES-1000) on-line ausgeschrieben.

2.2. Probanden

2.2.1. Auswahl und Ausschluß

Die Versuchspersonen wurden durch Annoncen in lokalen Zeitungen sowie Aushänge im Bereich der Universität und Kliniken rekrutiert. Als Probanden wurden gesunde Personen der Altersgruppe 20-35 Jahre in die Untersuchungsstichprobe aufgenommen. Ausschlußkriterien waren Erkrankungen des Gastrointestinaltrakts, neurologische und psychiatrische Erkrankungen, Diabetes und die Einnahme von Analgetika oder Psychopharmaka. Der Ausschluß funktioneller Störungen des Magen-Darm-Trakts erfolgte durch eine Beschwerdeliste, die bereits in früheren Studien angewendet wurde (Kröger, 1986). Zum Ausschluß organischer Vorschädigungen wurde mit Hilfe von Teststreifen auf im Stuhl verstecktes Blut untersucht (Haemoccult-Test). Vor der ersten Interozeptionsmessung wurde von einem Arzt eine allgemein-medizinische Untersuchung einschließlich Abtastung des Anorektalkanals vorgenommen.

2.2.2. Stichprobenumfang

Insgesamt waren 28 Untersuchungstermine angesetzt. Bei 4 Pbn mußten die Messungen aufgrund von Sondenintoleranz vorzeitig abgebrochen werden. In 5 Messungen wurden die technischen Grenzen des Pumpensystems überschritten, wobei es zu

Austauschvorgängen zwischen den Kanälen kam. Bei einer Messung war kurzzeitig die Luftzufuhr des externen Reizgebers unterbrochen. In einem Fall versagte die Regelung des externen Reizes: die Reizintensität wurde ständig reduziert (Ausreißen gegen Null). Eine unvollständige Messung des Vorlaufs mußte von der Auswertung ausgeschlossen werden. Es resultierten somit 16 Messungen, bei denen die psychophysikalischen Randbedingungen hinreichend kontrolliert waren.

2.2.3. Instruktion

Die Probanden wurden über den Ablauf der Untersuchung sowie über potentielle Risiken korrekt informiert und gaben ihre schriftliche Einverständniserklärung. Sie waren auch über die applizierten Reizbedingungen der Hauptprozedur unterrichtet. Lediglich über die relativen Häufigkeiten dieser Reizbedingungen und ihre Reihenfolge innerhalb der Trialserien blieben sie uninformiert.

2.3. Ablauf der Untersuchung

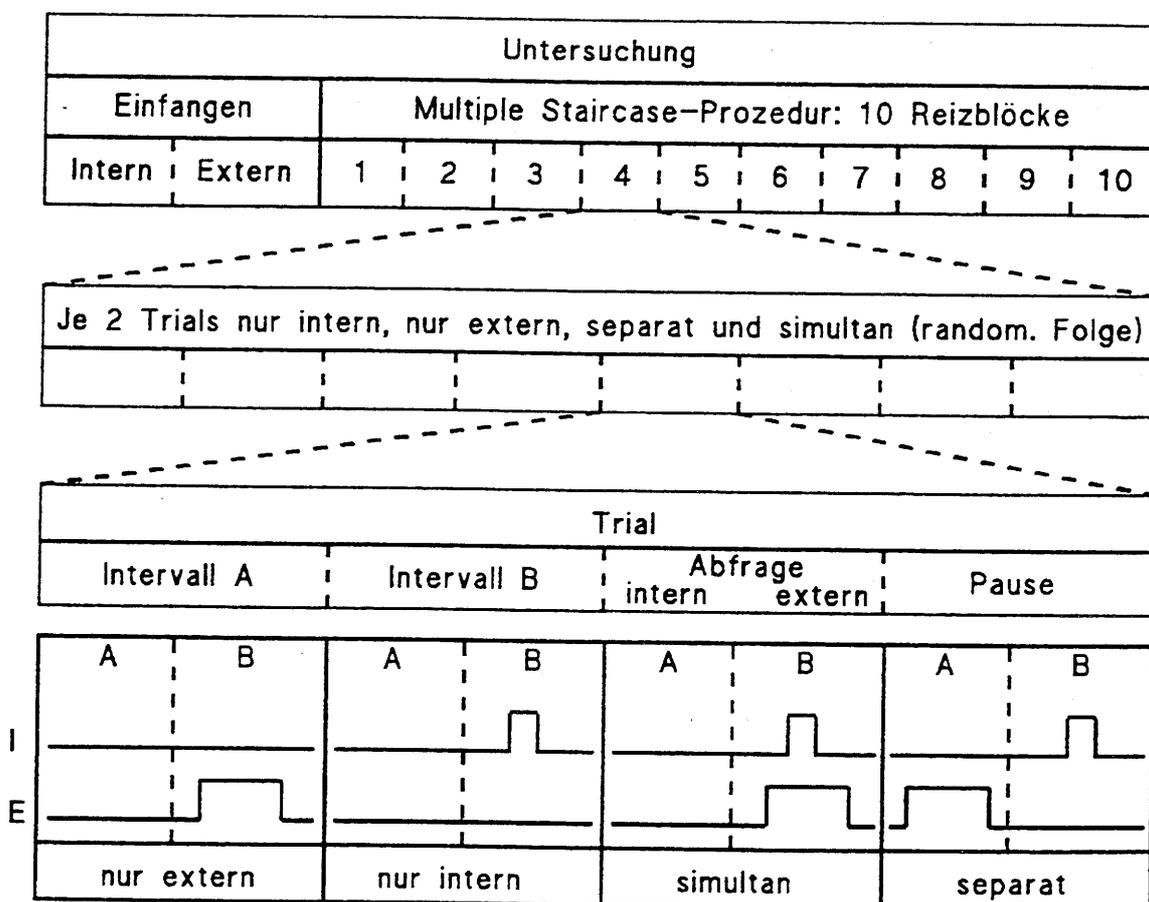


Abb. 2: Ablauf der Untersuchung

Nach einer Phase der Sondenhabituation (30 min) wurden die Einzelschwellen für den externen und internen Reiz näherungsweise bestimmt, um Startvolumina für die Hauptprozedur zu gewinnen. Ausgehend von leicht überschwelligen Reizgrößen wurde die interozeptive und exterozeptive Schwelle dabei von oben her angefahren. Eine Modifikation des Staircase-Algorithmus erlaubte ein schnelles Erreichen des Schwellenbereichs ("Einfangserie"). In der Hauptprozedur wurden unter verschiedenen Reizbedingungen multiple exterozeptive und interozeptive Schwellen bestimmt, wobei die zeitlichen Beziehungen zwischen externem und internem Reiz systematisch variiert wurden. Eine Übersicht des Ablaufs ist Abb. 2 zu entnehmen.

In allen Teilprozeduren des Experiments erfolgte die Schwellenbestimmung mit Hilfe adaptiver, selbstkalibrierender Methoden (Schwellentracking). Jeder Trial verlangte von den Pbn eine Entscheidung darüber, in welchem von zwei vorgegebenen Zeitintervallen der Reiz aufgetreten ist. Die Antwort der Probanden wirkte sich dabei auf die Reizgröße im nachfolgenden Trial aus. Nach einer falschen Antwort wurde der nächste Reiz um drei Stufen einer logarithmischen Skala vergrößert, nach einer richtigen Antwort um eine Stufe verkleinert (1:3-Tracking). Mit diesem Herstellungsverfahren sollte der 75%-Punkt der psychophysikalischen Funktion angesteuert werden, die die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Antwort in Abhängigkeit des Reizvolumens darstellt.

Eine vollständige Experimentalsitzung bestand aus den Teilprozeduren

- Einfangserie intern
- Einfangserie extern
- Multiples Tracking, Run 1
- Multiples Tracking, Run 2

2.3.1. Einfangserien

In zwei aufeinanderfolgenden Tracking-Serien erfolgte zu Sitzungsbeginn eine grobe Approximation der exterozeptiven und interozeptiven Schwelle. Beide Serien bestanden aus je 14 Trials mit Einzeldarbietungen des internen bzw. externen Reizes. Für die internen und externen Einzelreize wurden Näherungswerte für die 75%-Schwellen bestimmt.

Die Plateaudauer der internen Reize betrug 6 sec, die Plateaudauer der externen Reize 14 sec. Die Füllgeschwindigkeit war konstant 50 ml/sec, so daß die Dauer der Anstiegsflanke sich je nach Reizvolumen zwischen 0.2 und 0.9 sec bewegte.

Mit einem Herstellungsverfahren wurden die Reizgrößen Antwort-adaptiv gesteuert. Der 1:3-Tracking-Algorithmus wurde zum schnellen Erreichen des Schwellenbereichs modifiziert: Nach richtiger Antwort wurde das Volumen des folgenden Reizes um zwei Stufen verkleinert, nach falscher Antwort um sechs Stufen vergrößert (doppelte Schrittweite). Durch die nach dem letzten Trial der Einfangserien resultierenden Reizvolumina waren die Startwerte der Hauptprozedur festgelegt.

2.3.2. Hauptprozedur

Anschließend folgte der eigentliche Kern der Untersuchung, die Messung interozeptiver und exterozeptiver Schwellen unter verschiedenen Reizbedingungen (Multiple staircase-Methode). Die zeitlichen Charakteristika des internen und externen Reizes waren diesselben wie beim "Einfangen". Unter den einzelnen Reizbedingungen wurden innerhalb der Trials die zeitlichen Beziehungen zwischen internem und externem Reiz variiert:

- Zeitlich überlappende Darbietung im gleichen Zeitintervall ("simultan").
Der externe Reiz setzte 4 sec vor Beginn des internen Reizes ein und wurde 4 sec nach dessen Ende beendet: Onset-Latenz extern - intern 4 sec; Offset-Latenz intern - extern 4 sec; Überlappungsdauer 6 sec.
- Zeitlich getrennte Darbietung in verschiedenen Zeitintervallen ("separat").
Wenn der interne Reiz in Intervall A gegeben wurde, kam der externe in Intervall B, und vice versa. Die Onset-Onset-Latenz betrug 22 sec (AB) bzw. 27 sec (BA), die Offset-Onset-Latenz betrug 15 sec (AB) bzw. 13 sec (BA).
- Einzeldarbietung des internen Reizes ("intern allein")
- Einzeldarbietung des externen Reizes ("extern allein").

Die vier Reizbedingungen waren wiederum durch je zwei komplementäre Trialtypen vertreten.

Tabelle 1: Reizbedingungen und Trialtypen

	Reizbedingungen			
	intern allein	extern allein	beide simultan	beide separat
Trialtypen	A0	0A	AA	AB
	B0	0B	BB	BA

A0	interner Reiz in Intervall A, externer Reiz fehlend
B0	interner Reiz in Intervall B, externer Reiz fehlend
0A	interner Reiz fehlend, externer Reiz in Intervall A
0B	interner Reiz fehlend, externer Reiz in Intervall B
AA	interner Reiz in Intervall A, externer Reiz in Intervall A
BB	interner Reiz in Intervall B, externer Reiz in Intervall B
AB	interner Reiz in Intervall A, externer Reiz in Intervall B
BA	interner Reiz in Intervall B, externer Reiz in Intervall A

Die Prozedur bestand aus insgesamt 80 Trials und war in 10 Blöcke unterteilt. Innerhalb eines Blocks (8 Trials) war jede Reizbedingung zweimal vertreten, wobei die Abfolge der Trialtypen pseudo-randomisiert wurde. Für beide Sinneskanäle wurde unter jeder Reizbedingung (simultan, separat, einzeln) eine getrennte adaptive Schwellenbestimmung vorgenommen, so daß 3 interozeptive und 3 exterozeptive Tracking-Verläufe resultierten. Im Gegensatz zum Einfach-Tracking (Hölzl et al., 1988) determinierte die Richtigkeit bzw. Falschheit einer Antwort das Reizvolumen nicht des

unmittelbar nachfolgenden Trials, sondern wirkte sich erst auf den nächsten Trial *derselben Reizbedingung* aus. Die randomisierte Abfolge der Trialtypen ermöglichte eine parallele Bestimmung der Schwellen, wobei 6 unabhängige Trackings nebeneinander liefen.

2.3.3. Trialstruktur und Intensitätssteuerung

In allen Teilprozeduren gibt es eine einheitliche Zeitstruktur der Trials. Im wesentlichen besteht ein Trial aus zwei visuell und akustisch abgegrenzten Zeitintervallen, innerhalb derer Reize auftreten können (Intervall A und B, Dauer je 25 sec). Während dieser beiden Intervalle achtet der Proband instruktionsgemäß auf Ereignisse im Darm bzw. auf dem Abdomen. Daran schließt sich die Abfrage der Wahrnehmungsurteile an. Es folgt eine kurze Pause variabler Dauer.

Im Sinne der adaptiven, selbstkalibrierenden Methodik erfolgte die Steuerung der Reizintensität aufgrund des Wahrnehmungsurteils. Nach einer falschen Antwort wurde der nächste Reiz um drei Stufen einer logarithmischen Skala vergrößert, nach einer richtigen Antwort um eine Stufe verkleinert (1:3-Tracking). Mit diesem Staircase-Verfahren sollte der 75%-Punkt der psychophysikalischen Funktion angesteuert werden, die die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Antwort in Abhängigkeit des Reizvolumens darstellt. Während der initialen Einfangserie wurde der Staircase-Algorithmus zum rascheren Erreichen des Schwellenbereichs verändert: Bei falscher Antwort Vergrößerung des Reizes um sechs Stufen, bei richtiger Antwort Verkleinerung des Reizes um zwei Stufen (doppelte Schrittweite).

2.3.4. Abfrage des Wahrnehmungsurteils

In jedem Trial wurde nach Präsentation der zwei Wahrnehmungsintervalle für jede Modalität eine zeitliche Diskrimination der Reize sowie eine subjektive Beurteilung der Empfindungsintensität abgefragt. Auf dem Probanden-Monitor erschienen nacheinander folgende Fragen (mit vorgegebenen Antwortalternativen):

1. "In welchem Intervall war der innere Reiz?"
Intervall A - Intervall B
2. "Wie haben Sie den inneren Reiz gespürt"
nicht (1) - leicht (2) - deutlich (3) - stark (4)

Bei Rating-Stufen 3 bzw. 4 wurde zusätzlich ein Schmerzitem erhoben:

- 2.a. "Die Empfindung war schmerzhaft."
nicht (1) - leicht (2) - deutlich (3) - stark (4)

Bei Antworten von 3 oder 4 auf der Schmerzskala wurde nachgefragt, ob mit der Untersuchung fortgefahren werden solle (sonst Abbruch auf Wunsch des Probanden).

3. "In welchem Intervall war der äußere Reiz?"
Intervall A - Intervall B
4. "Wie haben Sie den äußeren Reiz gespürt?"
nicht (1) - leicht (2) - deutlich (3) - stark (4)

2.3.5. Variation des Ortes der kutanen Reizung

Zwischen den zwei Experimentalsitzungen wurde die Plazierung des kutanen Dehnungsdruckgebers variiert. Die taktile abdominelle Stimulation sollte innerhalb und außerhalb des Dermatoms der viszeralen Reizung erfolgen. Zu diesem Zweck wurde der ringförmige Reizgeber auf dem linken unteren Quadranten bzw. rechten oberen Quadranten des Abdomens fixiert (Th 8 - 11 vs. Th 11 - L 1). Die Reihenfolge der Plazierung wurde interindividuell ausbalanciert.

2.3.6. Auswertung

Für die vorliegende Studie wurden lediglich die physikalische Reizdimension Volumen und die Antworten der Pbn ausgewertet. Als Reizvolumen wurde dabei die Differenz des Ballonvolumens während des Reizes und vorher definiert. Die Schwellenwerte waren definiert als (1) Mediane der Reizvolumina der letzten fünf Trials bzw. (2) Reizvolumina, die nach dem letzten Trial resultierten (Endwerte). Die statistische Auswertung wurde mit verteilungsfreien Methoden durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Stabilität der Volumenschwellen

Mit Binomialtest wurde geprüft, ob die Schwellen als Reizvolumina in der zweiten Hälfte der Hauptprozedur stabil sind. Dazu wurde die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses "Antwort falsch" für die letzten 12 von je 20 äquivalenten Trials mit Hilfe der Binomialverteilung bestimmt. Dabei wurde jeder forced choice-Trial als stochastisch unabhängiges Zufallsexperiment mit zwei möglichen Ausgängen betrachtet, die Wahrscheinlichkeit p ("Antwort falsch") für den Schwellenbereich als konstant = .25 angenommen.

Die internen Reizvolumina in den späteren 12 von insgesamt 20 Trials einer Reizbedingung sind stabil. Eine Ausnahme bilden die internen Volumina bei simultaner Reizdarbietung, die in 4 von 16 Messungen tendenziell ansteigen (Tabelle 2). Die exterozeptiven Schwellen sind insgesamt stabil. Von 48 Volumenverläufen weisen lediglich 5 einen ansteigenden bzw. abfallenden Trend auf.

Tabelle 2: Stabilität der Volumenschwellen (Binomialtest, $n = 12$, $\pi = .25$)

Ort (kutan)	Mess.	Interozeptiver Reiz			Exterozeptiver Reiz		
		einzeln	simult.	separat	einzeln	simult.	separat
intra-tomal	U023						
	U032						
	U042						
	U061						
	U071		.015 ↗				
	U102		.055 ↗				
	U111						
	U122					.055 ↗	
extra-tomal	U021		.055 ↗				
	U031		.055 ↗		.055 ↗	.055 ↗	
	U041						
	U051						
	U062				.032 ↘		
	U072						
	U101	.055 ↗				.015 ↗	
	U121						

Werte: Wahrscheinlichkeit der Nullhypothese und Trendrichtung

3.2. Beschreibung und Vergleich interozeptiver Schwellen

3.2.1. Kennwerte interozeptiver Schwellen

Als Kennwerte der interozeptiven Schwellen wurden je Reizbedingung berechnet: das Endvolumen nach 20 Trials sowie der Median der Reizvolumina über die letzten 5 Trials (Tabelle 3). Sowohl die Mittelwerte als auch die Mediane der Volumenschwellen liegen bei simultaner Reizung höher als bei separater oder Einzelreizung.

Für alle sechs Schwellen resultierten signifikante Korrelationen zwischen den beiden Kennwerten (SPEARMAN $r > .90$, $p < .01$ zweiseitig). Daher genügt die Darstellung einer der beiden Kennwerte. Als Ausgangspunkte der folgenden Analysen wurden die Reizvolumina nach dem letzten von 20 Trials (Endwerte) ausgewählt.

Diese Endwerte sind in Abb. 3 für intratomale (oben) und extratomale Reizung (unten) dargestellt. Die Mediane liegen bei simultaner Reizung deutlich höher als bei separater oder Einzelreizung. Der Effekt ist bei extratomaler Reizung stärker ausgeprägt als bei intratomaler.

Es fällt auf, daß, besonders bei extratomaler Reizung, zwei Messungen ungewöhnlich verliefen. In einem Fall lag das Niveau der Endwerte unter allen Reizbedingungen wesentlich höher als bei den übrigen Probanden. Der Unterschied von simultaner Reizung zu separater oder Einzelreizung blieb aber erhalten. Im Bild ist diese Messung mit ▼ gekennzeichnet.

Nur in einem Fall, bei einer Messung mit extratomaler Stimulation wurde gegen den Trend verstoßen (▲). Dies lag aber nicht an auffälligen Unterschieden in den Werten für simultane oder separate Reizung, sondern an einem ungewöhnlich hohen Wert für die Einzelreizung.

Tabelle 3: Volumenschwellen, interozeptiv (in ml)

Ort (kutan)	Reiz (-paar)	Endwert nach 20 Trials		Median d.letzten 5 Trials	
		MW ± SD	MED ± IQR	MW ± SD	MED ± IQR
intra- tomal	simultan	26.3 ± 13.8	22.6 ± 25.1	23.1 ± 13.8	21.3 ± 21.1
	separat	17.2 ± 7.9	15.9 ± 9.5	18.0 ± 10.2	15.7 ± 10.2
	einzel	20.5 ± 11.0	16.3 ± 19.4	17.4 ± 13.0	13.3 ± 8.7
extra- tomal	simultan	26.7 ± 13.3	29.4 ± 16.3	24.5 ± 11.1	22.6 ± 13.9
	separat	17.2 ± 10.2	13.3 ± 9.6	17.2 ± 7.9	15.9 ± 9.5
	einzel	20.5 ± 12.5	15.2 ± 25.1	18.0 ± 10.2	15.7 ± 10.2

MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, MED: Median, IQR: Interquartil-Range

3.2.2. Gruppenstatistik der interozeptiven Schwellen

Zunächst wurden die Voraussetzungen für parametrische Tests überprüft. Da 5 von 6 Differenzen zwischen den verschiedenen Reizbedingungen zumindest grenzsignifikant von der Normalverteilung abwichen (SHAPIRO-WILKS, $df = 7$, $p < .10$), wurde die inferenzstatistische Auswertung mit nonparametrischen Verfahren vorgenommen:

- Vergleich zwischen 3 Reizbedingungen mit FRIEDMAN-Rangvarianzanalyse.
- Vergleich von je 2 Reizbedingungen mit WILCOXON-Vorzeichen-Rang-Test. Bei intratomaler Hautreizung konnte mit Rang-Varianzanalyse zwischen den Stimulusbedingungen insgesamt kein Unterschied der Schwellen entdeckt werden (Tab. 4). Gepaarte Vergleiche zwischen je zwei Schwellen zeigten jedoch, daß die interozeptiven Volumenschwellen bei simultaner Reizung gegenüber Einzelreizung grenzsignifikant ansteigen (WILCOXON, $p < .10$). Bei Hautreizung außerhalb des Dermatoms zeigte bereits die Rang-Varianzanalyse signifikante Unterschiede zwischen den drei Schwellen (FRIEDMAN, $p < .02$). Nach Ausschluß einer Messung, die bei interner Einzelreizung einen Ausreißerwert aufweist (Abb. 3), konnten die Differenzen zwischen den Reizbedingungen auf einem höheren Signifikanzniveau abgesichert werden (FRIEDMAN, $p < .01$). Die einzelnen Vergleiche zwischen den Reizvolumina machen deutlich, daß unter gleichzeitiger kutaner Reizung höhere interozeptive Schwellen auftreten als unter zeitlich versetzter oder fehlender kutaner Reizung (WILCOXON, $p < .05$ bzw. $p < .02$). Die Ergebnisse deuten insgesamt auf eine Maskierung interozeptiver Stimuli durch gleichzeitige externe Abdomenreizung hin.

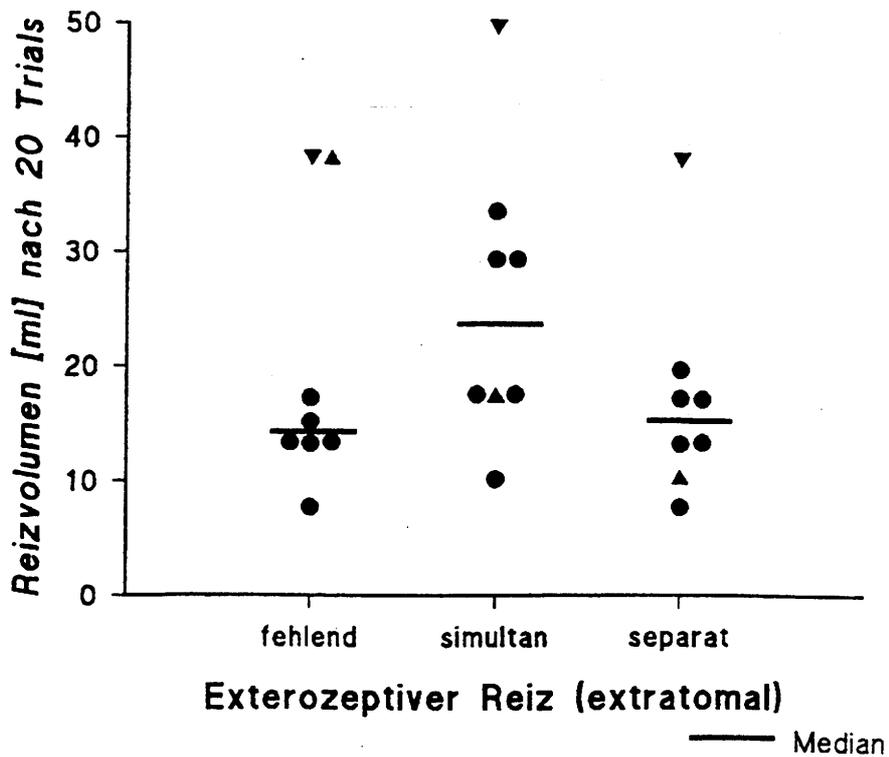
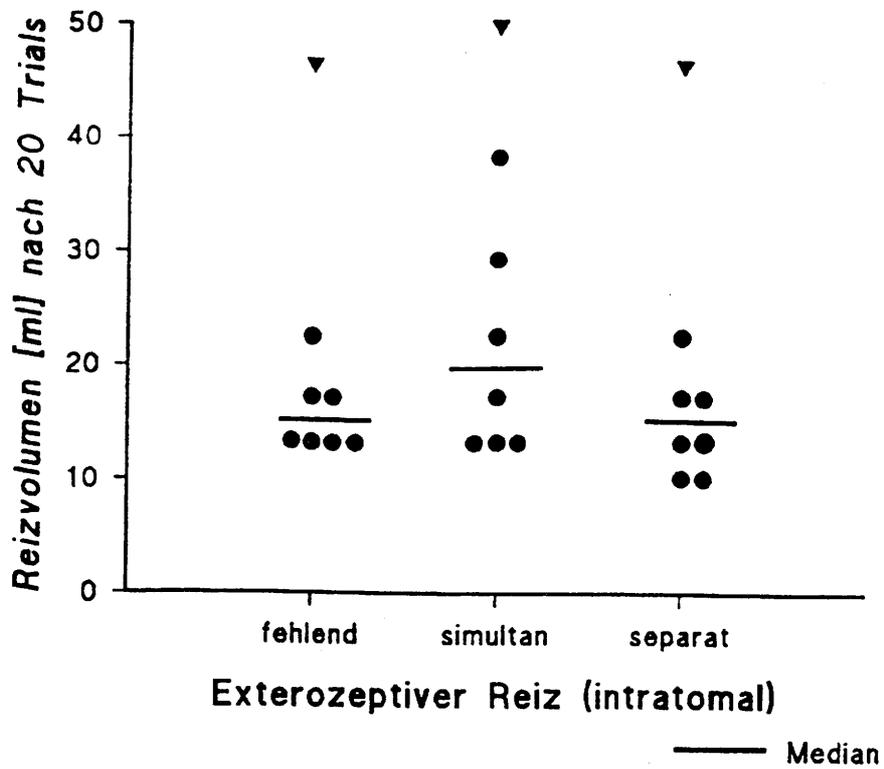


Abb. 3: Endvolumina der Multiplen Staircase-Prozedur unter den verschiedenen Reizbedingungen. Simultane Reizung führt zu höheren Schwellen, besonders bei extratormalen externen Reizen.

Tabelle 4: Test der Differenzen zwischen Reizbedingungen (interozeptive Schwellen)

Ort (kutan)	Vergleich	n	Wilcoxon		Friedman		
			Z	p	χ^2	df	p
intra- tomal	simultan vs. einzeln	8	-1.83	< .10	3.25	2	n.s.
	simultan vs. separat		-2.20	n.s.			
	einzeln vs. separat		-1.34	n.s.			
extra- tomal	simultan vs. einzeln	8	-1.40	n.s.	7.94	2	< .02
	simultan vs. separat		-2.37	< .02			
	einzeln vs. separat		0.00	n.s.			
extra- tomal *	simultan vs. einzeln	7	-2.36	< .02	9.50	2	< .01
	simultan vs. separat		-2.20	< .05			
	einzeln vs. separat		-1.34	n.s.			

nach Ausschluß einer Messung mit Ausreißerwert bzgl. Einzelschwelle

3.3. Beschreibung und Vergleich exterozeptiver Schwellen

3.3.1. Kennwerte exterozeptiver Schwellen

Es wurden ebenfalls zwei Kennwerte für exterozeptiv-taktile Schwellen gebildet: Endvolumen nach 20 Trials und Median über die Volumina der letzten 5 Trials (Tabelle 5). Im Vergleich zu den interozeptiven Schwellen (Tabelle 4) unterscheiden sich Mittelwerte und Mediane bei simultaner Reizung hier nicht wesentlich von denjenigen bei separater oder Einzelreizung.

Für alle Schwellen bestehen hochsignifikante Korrelationen zwischen den beiden Kennwerten (SPEARMAN $r > .92$; $p < .001$ zweiseitig). Wie schon bei den interozeptiven Schwellen werden daher nur die Endwerte dargestellt.

Tabelle 5: Volumenschwellen, exterozeptiv (in ml)

Ort (kutan)	Reiz (-paar)	Endwert nach 20 Trials	
		MW \pm SD	MED \pm IQR
intrato- mal	simultan	13.4 \pm 13.6	11.6 \pm 19.0
	separat	12.3 \pm 12.2	11.6 \pm 4.8
	einzeln	11.6 \pm 13.6	8.9 \pm 4.8
extra- tomal	simultan	10.6 \pm 9.2	8.9 \pm 8.4
	separat	9.6 \pm 6.5	8.9 \pm 6.4
	einzeln	8.5 \pm 7.1	8.9 \pm 6.4

MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, MED: Median, IQR: Interquartil-Range

3.3.2. Gruppenstatistik der exterozeptiven Schwellen

Als Nebenfragestellung wurde untersucht, ob der viszerale Reiz die Schwellen für mechanische Stimulation oberflächlicherer Strukturen (Haut, gestreifte Muskulatur) beeinflusst. Es zeigte sich für beide abdominalen Reizorte, daß simultane Kolonreizung gegenüber nicht-simultaner bzw. fehlender Stimulation die exterozeptiven Schwellen nicht verändert. Weder FRIEDMAN- noch WILCOXON-Test ließen Unterschiede erkennen (Tabelle 6: alle Vergleiche nicht signifikant).

Tabelle 6: Test der Differenzen zwischen Reizbedingungen (exterozeptive Schwellen)

Ort (kutan)	Vergleich	n	Wilcoxon		Friedman		
			Z	p	χ^2	df	p
intra- tomal	simultan vs. einzeln	8	-0.76	n.s.	1.67	2	n.s.
	simultan vs. separat		-0.33	n.s.			
	einzeln vs. separat		-0.63	n.s.			
extra- tomal	simultan vs. einzeln	8	-1.36	n.s.	2.67	2	n.s.
	simultan vs. separat		-0.83	n.s.			
	einzeln vs. separat		-1.62	n.s.			

3.4. Vergleich von Subjektiven Urteilen und Entscheidungsverhalten

Der Proband mußte nach jedem Reiz angeben, in welchem der beiden Intervalle er den Reiz vermutete und ob bzw. wie intensiv er den Reiz verspürte. Dies erlaubte einen Vergleich der subjektiven Urteile mit objektivem Entscheidungsverhalten, woraus Rückschlüsse auf vorbewußte Wahrnehmungen gezogen werden können.

Die beiden Fragen zu jedem Reiz erlaubten eine Häufigkeitsauszählung der Antwortmuster nach Trials. Jeder Reiz wurde zweifach beantwortet, wobei zum einen das Entscheidungsverhalten (zeitliche Diskrimination des Reizauftretens), zum andern die Intensität der subjektiven Empfindungsintensität registriert wurde. Forced choice-Antworten bezüglich des Reizauftretens sind eindeutig entweder richtig (R) oder falsch (F). Für die Beurteilung der subjektiven Reizintensität waren die Stufen (1) nicht gespürt, (2) leicht, (3) deutlich und (4) stark gespürt vorgesehen. Da die Pbn tatsächlich nie mit (4) und nur selten mit (3) antworteten, wurden die Intensitäten (2) und (3) für die Auswertung als "gespürt" zusammengefaßt und der Intensität (1) "nicht gespürt" gegenübergestellt. Durch Kombination der zwei Antworten erhält man die folgenden Reaktionsmuster:

- RG: Reizintervall Richtig angegeben, Reiz subjektiv **G**espürt
- RN: Reizintervall Richtig angegeben, Reiz subjektiv **N**icht gespürt
- FG: Reizintervall Falsch angegeben, Reiz subjektiv **G**espürt
- FN: Reizintervall Falsch angegeben, Reiz subjektiv **N**icht gespürt

Die bivariaten Häufigkeitsverteilungen der zwei dichotomen Reaktionen wurden in Vierfeldertafeln dargestellt. Eine erste Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der binären Variablen 'Entscheidung' und dem künstlich dichotomisierten Empfindungsrating wurde mit punkttetrachorischen Korrelationen vorgenommen (Tabelle 7). Fehlende Kontingenz zwischen den beiden Variablen i.S. eines nicht signifikanten Chi-Quadrats würde bedeuten, daß die Antworten unter forced choice unabhängig von den berichteten Empfindungen gegeben wurden (Mißverständnis der Instruktion, fehlende Aufmerksamkeit).

Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit die Zwangsentscheidungen durch subjektiv nicht zugängliche Prozesse determiniert wurden. Insbesondere sollte analysiert werden, unter welchen besonderen Bedingungen nicht bewußte viszerale Signale (NVS) für die Reizentdeckung genutzt werden konnten. Die Wahrscheinlichkeit, bei fehlender subjektiver Sensation unter Forced-choice-Bedingung richtig zu antworten, beträgt $p = .50$, was der Ratewahrscheinlichkeit entspricht. Der Anteil der Reaktionen vom Typ RN dürfte in diesem Fall nicht größer als derjenige der FN-Reaktionen sein. Wenn jedoch NVS das Entscheidungsverhalten mitbeeinflussen, sind auch bei ausbleibender Empfindung mehr richtige als falsche Antworten zu erwarten. Der Anteil der RN-Reaktionen wäre dann größer als der Anteil RF-Reaktionen.

Zur Quantifizierung interozeptiver Detektionsleistungen, die ohne subjektive Reizrepräsentation zustandekommen, wurde ein Kennwert k erstellt. In diesen Kennwert gehen nur diejenigen Trials ein, in denen die Pbn keine Empfindung angaben ("nicht gespürt"). Dabei wurde die Häufigkeitsdifferenz zwischen Trials mit richtiger vs. falscher Antwort auf die Gesamtzahl der Trials mit verneinter Empfindung bezogen.

$$k = \frac{n_{RN} - n_{FN}}{n_{RN} + n_{FN}}$$

Dabei bedeuten:

k : Koeffizient der nichtbewußten Diskrimination

n_x : Absolute Häufigkeit des Reaktionsmusters x

Bei Einfluß von NVS auf das Entscheidungsverhalten ist $k > 0$. Wenn NVS die Entscheidungen nicht beeinflussen, gilt $k = 0$; es wurde dann nur geraten. Wenn $k < 0$, wurde überzufällig falsch geantwortet. Das theoretische Maximum von $k = +1$ (bzw. Minimum $k = -1$) kann jedoch nur erreicht werden, wenn die Zellenbesetzung für RN bzw. FN gleich Null ist.

Unter allen Reizbedingungen ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen subjektiver Empfindung und behavioraler Detektion gegeben (Chi-Quadrat-Test, $p < .01$), was für eine prinzipielle Validität der Abfrage spricht.

Während bei alleiniger und separater Darbietung der Kolondehnung etwa die Hälfte aller angesteuerten Reize gespürt wurde (52% bzw. 47%), mußten bei gleichzeitiger Darbietung mehr als 58% der Kolonreize gespürt werden, damit der Konvergenzpunkt des Tracking-Verfahrens angesteuert wurde. Folgerung: Bei simultaner Reizung ist die Detektion des internen Reizes stärker an bewußte Empfindungen gebunden.

Tabelle 7: Zusammenhang von Diskriminationsfähigkeit (korrekter Unterscheidung der Reizintervalle) und bewußter Wahrnehmung (Intensitätsurteil)

Reizbedingung	n	k	Φ	χ^2	p
simultan	320	.06	.17	9.53	<.005
separat	320	.18	.24	18.76	<.0005
einzel	320	.25	.15	6.92	<.01
gepoolt	960	.17	.18	31.16	<.0001

- n: Anzahl der Trials
k: Koeffizient der nichtbewußten Diskrimination (Definition siehe Text)
 Φ : Phi-Koeffizient (Punkttetrachorische Korrelation)
 χ^2 : Vierfelder-Chi-Quadrat
p: Wahrscheinlichkeit für Nullhypothese (kein Zusammenhang)

Die Reizbedingungen unterscheiden sich hinsichtlich des Kennwerts k. Während unter den nicht-überlappenden Bedingungen Kennwerte von .18 und .25 berechnet wurden, liegt k für Trials mit überlappender Reizung bei Null (Tabelle 7). Zeitgleich auftretende kutane Reizung scheint die Nutzung nicht-bewußter viszeral afferenter Information zu erschweren.

4. Diskussion und Ausblick

Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Wechselwirkung exterozeptiver und interozeptiver Reize in Bezug auf die Sensibilität im unteren Verdauungstrakt. Die Ergebnisse, die an neun Probanden in zwei Sitzungen gewonnen wurden, zeigen insgesamt einen maskierenden Einfluß schwellennaher Abdomenreizung auf die Volumenschwellen simultan applizierter Kolondehnungen. Ferner wird deutlich, daß die Maskierungseffekte bei Applikation des kutanen Reizes auf die suprapubische Region schwächer sind als bei Applikation auf dem Oberbauch. Es wird deshalb vermutet, daß unter der Bedingung intratomaler kutaner Reizung Summationseffekte einer Maskierung entgegenwirken (Neidig et al, 1993).

Beim Wechsel des externen Reizgebers vom rechten oberen in den linken unteren Quadranten (bzw. vice versa) ist nicht auszuschließen, daß teilweise in gemeinsamen Dermatomen gereizt wurde: Der abdominell stimulierende Dehnungsschlauch war einmal auf den Dermatomen Th 9 - 11 plaziert, in der anderen Sitzung im Bereich von Th 11, 12 und L 1. Kriterium für die *intratomale* Plazierung des abdominellen Dehnungsdruckgebers waren in erster Linie klinische Erfahrungen, wonach bei Erkrankungen des absteigenden und des Sigmoidkolons der Schmerz auf somatische Strukturen im linken unteren Quadranten übertragen wird (McKimmey et al., 1990). Schmerzen im rechten Oberbauch werden dahingegen bei Affektionen des Duodenums, der Leber und Gallenwege berichtet. Es kann wohl ausgeschlossen werden, daß afferente Impulse aus dem Sigmoidkolon und dem rechtem Oberbauch in denselben Segmen-

ten des Rückenmarks konvergieren. Zweitens zeigten Vorerfahrungen mit derselben Apparatur und Sondentechnik, daß ins Rektosigmoid abgegebene Dehnungsreize meist in der Gegend links unterhalb des Nabels verspürt werden. Diese Erfahrungen konnten in der vorliegenden Studie bestätigt werden.

Die initialen Einfangserien und die anschließend nach feiner abgestuften Tracking-Regeln funktionierenden Multiple staircase-Verfahren erfüllten ihre Funktionen mit Erfolg: Es wurde erreicht, daß die für jede Reizbedingung unabhängig angesteuerten interozeptiven Reizvolumina im wesentlichen stationär blieben. Eine Ausnahme stellen die ansteigenden Reizvolumina bei zeitlich überlappender Stimulation dar; diese spiegeln jedoch die zu untersuchende somatoviszzerale Interaktion wider. Die gefundenen Maskierungseffekte sind in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Adám et al (1990), die im absteigenden Kolon mit der Methode konstanter Reize gewonnen wurden.

In subjektiver Hinsicht unterschieden sich die verabreichten exterozeptiven und interozeptiven Reize sehr deutlich. Wie die Probanden berichteten, führten die schwellennahen Dehnungsreize im Sigmoidkolon zu unbestimmten, schwer lokalisierbaren Sensationen, während selbst sehr schwache Druckreize auf dem Abdomen zeitlich und räumlich klar umschriebene Empfindungen auslösten. Ferner wurde deutlich, daß das Wahrnehmungsrauschen in Relation zum phasischen Reizsignal für den viszeral afferenten Kanal stärker war als für den somatosensorischen. Einige Probanden gaben an, den schwellennahen Dehnungsreiz nur mit Mühe von der eher andauernden, schwachen Sondenempfindung unterscheiden zu können.

Es bleibt zu diskutieren, welche besonderen Randbedingungen des Experiments ein Ansteigen der Schwellenvolumina bei simultaner gegenüber nicht-simultaner Reizdarbietung (Maskierung) herbeigeführt haben. Die Instruktion zur Diskrimination zweier Reizorte, eine für den inneren und äußeren Reiz *getrennte* Forced-Choice-Abfrage, und eine damit induzierte verteilte Aufmerksamkeitsfokussierung mögen zur Abnahme der viszeralen Sensibilität bei simultaner Reizung beigetragen haben. In einer weiteren Studie könnten unter Abänderung der psychophysiologischen Randbedingungen weitere Aspekte der Interaktion viszeraler und somatischer Sinneskanäle untersucht werden. Dabei wäre insbesondere die oben postulierten Summation von Interesse. Die vorliegende Studie erlaubt die vorläufige Schlußfolgerung, daß vor allem bei *extratomaler* somatischer Reizung sowie unter Anweisung zur somatoviszzeralen Diskrimination eine Abschwächung des viszeralen Signals in der zentralen Verarbeitung auftritt. Die pro Reizbedingung bestimmten Beziehungen zwischen Entscheidungsverhalten und subjektiver Empfindung deuten darauf hin, daß bei extero-interozeptiver Diskrimination unter Simultanreizung nicht bewußt repräsentierte viszeral afferente Signale weniger für das Antwortverhalten genutzt werden können. In einer Nachfolgestudie, mit der Summationseffekte demonstriert werden sollen, müßten diese Randbedingungen entsprechend modifiziert werden.

Literatur

- Adám, G. Interoception and behavior. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1967.
- Adám, G., Balász, L., Vidos, T. & Keszler, P. Detection of colon distension in colostomy patients. *Psychophysiology*, 27 (4), 1990, 451-456.
- Airapetjan, E.S. (Materialien zur Physiologie des internen Analysators des Menschen. Mitteilung II. Über die Rolle des bedingten Reflexes bei der Entstehung und Veränderung des pathologischen Prozesses.) *Trudy Instituta Fiziologii imeni I. P. Pavlova*, 5, 1956, 396-406.
- Airapetjan, E. S., Lobanowa, L. V., Tscherkasowa, L. S. (Materialien zur Physiologie des internen Analysators des Menschen. Mitteilung I. Die innere Signalgebung bei der Reizung der Hamblase; Rezeptoren des Menschen.) *Trudy Instituta Fiziologii imeni I. P. Pavlova*, 1, 1952, 3-20.
- Bykov, K.M. The cerebral cortex and the internal organs (translated and edited by W.H. Gantt). New York: Chemical Publishing, 1957.
- Cerulli, M.A., Nikoomanesch, P., Schuster, M.M. Progress in biofeedback conditioning for fecal incontinence. *Gastroenterology*, 76, 1979, 742-746.
- Erasmus, L.-P. Methoden gastrointestinaler Psychophysik. Methodik und Apparatur zur intrakolonischen und intrarektalen Interozeptionsmessung. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1991.
- Erasmus, L.-P., Sarno, S., Hölzl, R. Bestimmung der lokalen Diskrimination viszeraler Dehnungsreize durch adaptive, selbstkalibrierende Verfahren. *Forschungsberichte aus dem Otto-Seiz-Institut, Universität Mannheim*, 22, 1993a.
- Erasmus, L.-P., Sarno, S., Hölzl, R. Auswirkungen der Elastizität der Darmwand auf die Wahrnehmung schmerzhafter und nichtschmerzhafter Dehnungsreize bei Gesunden und Patienten mit Irritabilem Kolon. *Forschungsberichte aus dem Otto-Seiz-Institut, Universität Mannheim*, 25, 1993b.
- Erasmus, L.-P., Neidig, C.W., Möltner, A., Hölzl, R. Modification of visceral sensitivity by somatic afferent signals. Abstract submitted to *Journal of Psychophysiology*, 1993c.
- Erasmus, L.-P., Püll, O., Sarno-Manetti, S. & Hölzl, R. Determination of interoceptive thresholds by adaptive, self-calibrating tracking procedures. *Proceedings of the 1st European Psychophysiological Conference*. Tilburg: Psychon, 1991.
- Hölzl, R., Kröger, C. Verhaltensmedizinische Aspekte funktioneller Verdauungsstörungen. In: H.-U. Wittchen, I. Hand (Eds.), *Verhaltenstherapie und Medizin*. Berlin: Springer, 1988.
- Hölzl, R., Püll, O., Erasmus, L.-P. & Kratzmair, M. Properties of discrete tracking procedures with forced choice to assess interoceptive thresholds continuously in time. *Journal of Psychophysiology*, 2, 1988, 137-138 (Abstract).
- Kröger, Ch.: Funktionelle Darmstörungen. Beschwerdebild und psychophysiologische Charakteristika des Irritablen Kolons. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1986

- McKenzie, J. Symptoms and their interpretation (pp. 1-206). London: Shaw & Sons, 1909.
- McKimmey, M.B., Silverstein, F.E., Bonica, J.J. Diseases of the gastrointestinal tract. In: J.J. Bonica (Ed.), The management of pain. (pp. 1186-1213.) Philadelphia: Lea & Febiger, 1990.
- Neidig, C.W., Erasmus, L.-P., Möltner, A., Hölzl, R. Influence of somatic afferents on interoceptive thresholds in the gastrointestinal tract. Abstrakte zur 21. Tagung Psychophysiologische Methodik. 09.-12.06. Würzburg, 1993.
- Pschonik, A. T. (Der cerebrale Cortex und die Rezeptorfunktionen des Organismus). Moskau: GIZ, 1952.
- Razran, G. The observable unconsciousness and the inferable conscious in current Soviet psychophysiology: Interoceptive conditioning, semantic conditioning, and the orienting reflex. Psychological Review, 68, 1961, 81-147.
- Razran, G. Mind in evolution. An east-west synthesis of learned behavior and cognition. Boston: Houghton Mifflin Company, 1971.
- Sarno, S., Erasmus, L.-P., Haslbeck, M., Hölzl, R. Visceral perception of distension stimuli and gut changes in diabetic neuropathy. Forschungsberichte aus dem Otto-Selz-Institut, Mannheim, 26, 1993.
- Whitehead, W.E., Engel, B.T., Schuster, M.M. Perception of rectal distension is necessary to prevent fecal incontinence. In: G. Adám, I. Meszaros, E.I. Banyai (Eds.), Advances in physiological sciences: Vol. 17. Brain and behavior (pp. 203-209). Budapest: Akadémiai Kiadó, 1981.
- Whitehead W.E., Holtkotter, B., Enck, P., Hölzl, R., Holmes K.D., Anthony, J., Shabsin, H.S., Schuster, M.M. Tolerance for rectosigmoid distension in irritable bowel syndrome. Gastroenterology, 98, 1990, 1187-1992.