

Der Myograph im Physiologie-Unterricht: praktische Validierung in Deutschland

Franz Paul Gruber¹ und Horst Spielmann²

¹FFVFF (Stiftung Fonds für versuchstierfreie Forschung), CH-Zürich und ²ZEBET (Zentralstelle zur Erfassung und Bewertung von Ersatz- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch, im BgVV), D-Berlin

Zusammenfassung

Der Myograph ist ein neu entwickeltes Gerät zum Ersatz der klassischen Froschversuche im Physiologie-Unterricht. Die Versuche finden an Freiwilligen statt, üblicherweise üben die Studierenden an sich selbst. Die ersten Erfahrungsberichte im Physiologie-Unterricht von vier Universitäten werden zusammengefaßt und bewertet. In weiteren vier Instituten war der Myograph ebenfalls im praktischen Einsatz. Der Myograph ist sowohl wissenschaftlich als auch didaktisch den klassischen Froschversuchen überlegen. Die Kosten für die Beschaffung und den Unterhalt von Myographen dürfen kein Hindernis darstellen, mit der versuchstierfreien Methode im Hochschul-Unterricht zu arbeiten. Die technische Entwicklung und die praktische Evaluierung des Myographen wurden vom Bundesministerium für Bildung, Forschung und Technologie (BMBF) gefördert.

Summary: Replacement of the frog test in physiology teaching by the myograph: practical validation in Germany.

The myograph is a newly developed instrument to replace the classical frog experiments in physiology teaching by testing on volunteers, usually by self-testing of the students. First experiences with the myograph obtained during physiology teaching at four universities in Germany are summarised and evaluated. The myograph was tested in four additional universities. The myograph proves to be superior to the classic frog experiments both from the scientific and educational point of view. Costs of puchasing and maintaining the myograph will not be an obstacle for introducing the new teaching device into higher education. Technical development and practical evaluation of the myograph were funded by the German Ministry of Education and Research BMBF.

Keywords: education, physiology, frog experiments, replacement, volunteers

1 Ein neues Gerät ist auf dem Markt: Der Myograph

Wie ALTEX bereits kurz meldete (ALTEX 13, 2, S. 98), ist das BMBF-Forschungsvorhaben zur "Technologie-Entwicklung für einen Physiologie-Unterricht ohne die Notwendigkeit von Froschversuchen" (Fördernummer 0310535A) abgeschlossen. Es liegt ein kurstaugliches Gerät vor, das nun auf seinen Einsatz an möglichst vielen Universitäten des In- und Auslandes wartet. Das Gerät ist in Europa, den USA und in Japan patentrechtlich geschützt.

Eine Kurzbeschreibung des Leistungsumfanges des Myographen ist in *Der Tierschutzbeauftragte 2/96*, S. 106–108, zu finden. Eine Systembe-

schreibung und der Abschlußbericht (Kuck, 1996) können auch beim Entwickler und Hersteller* angefordert werden.

An dieser Stelle soll untersucht werden, inwieweit es sinnvoll ist, gängige Validierungskriterien auf eine solche Entwicklung anzuwenden, und ob nach solchen Kriterien das Gerät als validiert bezeichnet werden kann. Ohne in die Lehrfreiheit von Hochschullehrern einzugreifen, könnte dies enorme Konsequenzen für den Physiologie-Unterricht an Hochschulen haben.

2 Validierungskonzepte

Nach Balls et al. (1990) hat man sich international darauf geeinigt, daß

durch die Validierung einer Ersatzmethode ihre Reproduzierbarkeit und Relevanz im Vergleich zum Tierversuch ermittelt werden soll. Hartung und Spielmann (1995) weisen darauf hin, daß unterschiedliche Anwendungsgebiete, in ihrem Fall die Pharmakologie und die Toxikologie, auch unterschiedliche Validierungskonzepte erfordern. Sollen hochschultaugliche Unterrichtsmethoden validiert werden, muß zu den Kriterien Reproduzierbarkeit und Relevanz das Kriterium "didaktisches Profil" hinzugefügt werden. Auch muß die Relevanz der Methode Lehrinhalte und Lehrziele einschlie-Ben, sie darf sich nicht auf den bloßen Nachweis des Ersatzes des tierverbrauchenden Unterrichts beschränken. Zur Relevanz darf hier nicht nur der Aspekt gezählt werden, ob die Lehrinhalte des herkömmli-

Fa. KUCK Medizin-Elektronik GmbH. Schönfeldstr. 15. D-83022 Rosenheim



chen Unterrichts vermittelt werden können, sondern auch, ob das Lehrziel, den Studierenden grundlegende experimentelle Versuchsansätze, durchführungen und -auswertungen zu vermitteln, erreicht werden kann.

Bei den herkömmlichen Validierungsansätzen spricht man von der "Testentwicklung", wenn in einer Vorphase geprüft wurde, ob eine Methode prinzipiell geeignet ist, einen Tierversuch zu ersetzen. Diese Testentwicklung wurde für den Myographen bereits 1987 von Oetliker eingeleitet und weiterentwickelt (Oetliker, 1987; Oetliker et al., 1993; Zhang et al., 1993). Auch Niels Meyer stellte schon 1990 das Funktionsmuster eines Myographen vor und ließ es im Physiologiepraktikum der Universität Frankfurt praktisch auf seine Relevanz hin erpro-

Die nächste Stufe der Validierung, die Evaluierung der Methode, bei der ein erarbeitetes alternatives Testverfahren auf seine tatsächliche mechanistische Ähnlichkeit mit den Gegebenheiten in vivo untersucht werden muß, erübrigt sich in diesem Fall. Denn hier haben wir es mit dem Sonderfall zu tun, daß die Ersatzmethode ein in vivo Versuch (an freiwilligen Probanden) ist, die zu ersetzende Methode ein ex vivo Versuch, an vorher getöteten Fröschen. Die an Testpersonen gewonnenen in vivo Daten sind auf jeden Fall im Hinblick auf den in den Unterrichtseinheiten "Nerv" und "Skelettmuskel" geforderten Lehrinhalt als evaluiert zu betrachten, da sie mit klinischen Werten des Menschen identisch sind.

Zur Prävalidierung einer Ersatzmethode müssen nach Hartung und Spielmann (1995) verschiedene Fragen beantwortet werden, die sich nur schwer den Gegebenheiten einer hochschuldidaktisch angelegten Unterrichtseinheit anpassen lassen. Die Frage nach der Notwendigkeit des Versuches ist hier in das Ermessen des Hochschullehrers gestellt, dem es natürlich vorbehalten bleibt, auf die Unterrichtseinheiten "Nerv" und

"Skelettmuskel" auch ersatzlos zu verzichten.

Bei der Validierung selbst sollen letztlich vier Arten von Informationen erzielt werden:

- Besteht bei der Ersatzmethode eine Korrelation mit biologischen Parametern?
- 2) Kann der Ersatzversuch an verschiedenen Institutionen zu den gleichen Aussagen führen?
- 3) Ist die Methode präzise genug, um die tatsächlichen Lebensvorgänge zuverlässig wiedergeben zu können?
- 4) Ist die Ersatzmethode relevant für die angestrebten Lehrinhalte und Lehrziele? Ist das didaktische Profil für den Hochschulunterricht ausreichend?

3 Validierung des Myographen

3.1 Versuchsansatz

Nach einer Evaluationsphase (Pilotprojekt) an der Universität Frankfurt 1990–1992 wurde eine vom BMBF geförderte Entwicklung des Myographen zur Kurstauglichkeit angestrebt. Die Arbeitsaufteilung war gegliedert:

- Die Fa. Kuck (Rosenheim) war Hauptauftragnehmer für das gesamte Projekt, sie trug die Gesamtverantwortung gegenüber dem BMBF für die Entwicklung und Realisation des Myographen. Ihre Aufgabe war die Umsetzung der Anforderungen in ein Seriengerät für den Praktikumseinsatz, also die Entwicklung, Konstruktion und Programmierung des Prototypen und Seriengerätes. Auflage war die Zusammenarbeit mit der
- Universität Frankfurt, Zoologisches Institut, Prof. Winter (F)

Zusätzliche beteiligte Institute mit intensivem Praktikumseinsatz über mehrere Semester:

- Universität Leipzig, Physiologisches Institut, Prof. Asmussen (L)
- Universität Würzburg, Physiologisches Institut, Prof. Schmidt, Prof. Silbernagel (W)

 Universität Marburg, Zoologisches Institut, Prof. Kalmring (M)
Weitere Institute, die an der Prüfung

des Myographen für den Praktikumseinsatz beteiligt waren:

- Universität Bochum, Physiologisches Institut, Prof. Eysel
- Universität Gießen, Zoologisches Institut, Prof. Schwartz
- Universität Jena, Physiologisches Institut, Dr. Rost
- Universität Mainz, Zoologisches Institut, PD Dr. Behrend

Die Zusammenarbeit mit mehreren Hochschulinstituten war ein Kernpunkt des Projektes. Das Kriterium zur Auswahl war, den Myographen unterschiedlichen Praktikumsbedingungen aussetzen zu können: Praktika für Diplombiologen, Lehramtskandidaten und Mediziner; ausführliche Praktika mit einer Experimentalzeit von fünf Stunden gegenüber komprimierten Praktika mit einer Experimentalzeit von nur einer Stunde. Das Ziel sollte ein auf Laufsicherheit und Bedienbarkeit geprüftes Gerät sein. Mit Hilfe einer universal einsetzbaren Benutzeroberfläche sollte den unterschiedlichen Bedürfnissen der verschiedenen Hochschullehrer und der Studierenden Rechnung getragen werden (zitiert aus dem Schlußbericht der Universität Frankfurt an das BMBF).

3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden mit dem Prototypen-Gerät erarbeitet. Dies geschah mit der Absicht, die daraus resultierenden Ergebnisse und Änderungswünsche in das Seriengerät einfließen zu lassen. Das Seriengerät ist unverändert mit allen abgeschlossenen Entwicklungsarbeiten seit Sommer 1995 verfügbar.

3.2.1 Aus der Sicht der Hochschullehrer

Unter verschiedenen Parametern werden in der Tabelle Zitate der hauptsächlich an der Erprobung des Myographen beteiligten Institute angeführt. Die Aussagen sind mit (F) (L) (M) (W) gekennzeichnet.



Tabelle: Aussagen der an der Erprobung des Myographen beteiligten Institute, zitiert aus den Anhängen des Schlußberichts an das BMBF (F=Frankfurt, M=Marburg, W=Würzburg, L=Leipzig)

Allgemeine Aussagen: Der Myograph ist im Unterricht zuverlässig und reproduzierbar (F).

Hervorragendes Konzept, anschauliche und verständliche Versuchsergebnisse (M).

Die Ergebnisse sind zuverlässig und von hoher Qualität (W).

Bedienbarkeit:

Übersichtlich und selbsterklärend (F).

Vergleich zum Frosch:

Zumindest gleichwertig, häufig besser als traditioneller Froschversuch.

Die experimentellen Bedingungen sind komplex und vielfältiger als beim Froschversuch (F).

Umfang und Reproduzierbarkeit viel besser als beim Froschversuch.

Besser zur Vertiefung des Lehrstoffes geeignet. Es können auch isometrische Kontraktionen

aufgezeichnet werden (L).

Präsentierbarkeit der Ergebnisse ist unvergleichlich viel besser als bei den Apparaten für

den Froschversuch (W).

Didaktisches Profil:

Wahrnehmung mit allen Sinnen. Bessere Einprägung. Physiologische Meßwerte werden nicht als isolierte Wissenseinheiten aufgenommen, sondern in eigene Erfahrungswirklichkeit inte-

griert. Didaktisch eindeutige Verbesserung (F).

Entspannung der Tierversuchsproblematik im Praktikum kommt nicht nur dem Lehrkörper. sondern offensichtlich auch den Studierenden zugute. Die Versuche belasten die Versuchspersonen nicht, und die Studierenden nehmen auch gerne und interessiert als Versuchsperson teil. Das Muskelpraktikum wurde durch die Umstellung auf Selbstversuche didaktisch eindeutig

verbessert. Studierende können teilweise selbständig und doch zeiteffizient arbeiten (W).

Lernerfolge:

Bei leichten Klausurfragen hatten Studierende aus der Froschgruppe und aus der Myographen-

gruppe gleiches Wissen. Bei schweren Klausurfragen hatten die Studierenden aus der

Myographengruppe signifikant höhere Lernerfolge (F).

Akzeptanz bei Studierenden: Sehr gut, es gab immer mehr Freiwillige als benötigt wurden (F).

Große Akzeptanz, von Studierenden durchwegs positiv aufgenommen (L).

Sehr gute Akzeptanz (M).

Fazit:

Der Myograph stellt eine thematische Erweiterung und Vertiefung des Praktikums dar (F).

Der Myograph ist eine sinnvolle Alternative zum Froschversuch (L).

Wir halten das Konzept für hervorragend, das Gerät kann in vielfältiger Weise eingesetzt

werden (M).

Ein gelungenes Projekt, an dem wir uns gerne beteiligt haben (W).

3.2.2 Aus der Sicht der Studierenden

In den Anlagen zum BMBF-Forschungsbericht finden sich zwei Stellungnahmen von Studierenden und fünf Praktikumsberichte.

Es folgen Zitate aus den Stellungnahmen:

"Rückblickend läßt sich feststellen, daß die Versuche am Myographen sowohl die biologischen Vorgänge einprägsam darstellen als auch sehr deutlich die wissenschaftliche Arbeitsweise vermitteln. . . Deutlicher als in anderen Versuchen konnte der direkte Zusammenhang von Nervenreizung und Muskelkontraktion von den Probandinnen und Probanden sozusagen "am eigenen Leib" erfahren werden, was eine Erweiterung zur rein visuellen Wahrnehmung bei den herkömmlichen Versuchen darstellt." (6 Studierende der Biologie, 5. Semester, Frankfurt,

"Für alle Beteiligten war der Versuch ein sehr guter Beitrag zur Vermeidung unnötigen Tierverbrauchs im Grundstudium. Doch nicht nur das: insgesamt wird der Nerv-/Muskelversuch in dieser Form als lehrreicher bewertet als die ursprünglichen Experimente zum Nerven bzw. Muskel. . . Der Versuch kann in aller Ruhe vor sich gehen, und einzelne Schritte können bei Bedarf . . . wiederholt werden. . . Anders als bei den meisten Versuchen ergibt sich . . . eine Datenfülle, die im gesamten biologischen Grundstudium Maßstäbe setzt. . . Die Tabellen können vom Protokollanten genau ausgewertet und in weitergehende Information umgesetzt werden, während die Graphen jedem Praktikumsteilnehmer einen sofortigen Einblick in die qualitativen Gesetzmäßigkeiten gewähren. Gerade bezüglich der Sicherheit und Aussagekraft der gewonnenen Daten kann der Tierversuch nicht mithalten . . . Im Vergleich zu den sonst vorgesehenen Tierversuchen muß man sagen, daß der Myograph besser abschneidet als der Tierversuch: didaktisch ebenso wie wissenschaftlich. Wenn dem Tierversuch Vorrang gegeben wird, dann liegt es wohl eher daran, daß es sich um den prinzipiellen Standpunkt handelt, der Tierversuch sei die Art, wie man in der Biologie arbeitet." (Student der Biologie, 5. Semester, Frankfurt, 1995)



Dem Abschlußbericht liegen fünf ausführliche, mit zahlreichen Diagrammen und Tabellen versehene Praktikumsberichte bei. Es würde zu weit gehen, aus diesen Berichten zu zitieren. Alle Protokolle belegen die Eignung des Myographen als Kursgerät.

4 Diskussion

Müssen Unterrichtsversuche an Hochschulen, deren Tauglichkeit ja nach der deutschen Gesetzgebung in letzter Instanz ex cathedra vom Kursleiter bestätigt werden muß, überhaupt validiert werden? Wenn ja, wie? Das Anlehnen an die Validierungsschritte in der Toxikologie in dieser Studie stellt lediglich einen unter mehreren möglichen Ausgangspunkten dar. In ein Validierungskonzept von Alternativmethoden bei Ausbildungsversuchen in den biomedizinischen Hochschulfächern müssen selbstverständlich didaktische Parameter einbezogen werden. Die bei der Prävalidierung toxikologischer Alternativmethoden von Hartung und Spielmann (1995) gestellte Frage, ob der zu ersetzende Tierversuch denn an sich tatsächlich nötig sei, er also nicht etwa auch ersatzlos gestrichen werden könne, kann so bei Unterrichtsversuchen nicht gestellt werden. Natürlich können Hochschullehrer bestimmte Unterrichtseinheiten streichen. Auf einen früheren Versuch, der das Stoffgebiet Resorption an der Froschhaut vermitteln sollte, wurde an den meisten Universitäten Deutschlands verzichtet, als keine amphibischen Frösche mehr importiert werden durften und der Versuch am Xenopus wegen dessen andersartiger Hautphysiologie nicht möglich war. Diese Möglichkeit steht aber hier nicht zur Diskussion.

Das erste Augenmerk bei der Validierung gilt der Frage, ob die Ersatzmethode eine Korrelation zu biologischen Parametern hat. Dies ist hier eindeutig der Fall. Anders als bei reinen Computersimulationen spielt der Rechner beim Myographen zwar

eine zentrale Rolle, aber nur bei der Auswertung und Präsentation von originären experimentellen in vivo Daten. Wirft man einen Blick in den 4. Teil der Gelben Listen des Deutschen Tierschutzbundes, in denen Alternativmethoden in der Lehre aufgeführt sind, finden wir beim Muskel-Nerv-Versuch als Alternativen Computersimulationen, Videos und Selbstversuche. Nur letztere können jedoch eine echte in vivo Korrelation anbieten. Es gibt zwar auch Computersimulationen, die von der Qualität her sehr brauchbar sind, die Lehrziele werden dabei aber nicht in einem biologischen Experiment, sondern in computo erreicht. Zwei solche Programme (SimNerv und SimMuscle) werden von Hirsch und Koch (1996) ausführlich beschrieben. Eine Ausnahme zur reinen Computersimulation stellt ein in Kiel entwickeltes Unterrrichtsverfahren dar, bei dem die Originaldaten eines Froschversuchs im Rechner abgespeichert sind und per simuliertem Experiment abgerufen werden können (zitiert nach Rusche und Sauer, 1996). Abgesehen davon, daß die meisten Computersimulationen mathematischen Formeln folgen, werden jedoch lediglich die für in vivo Situationen beim Säuger völlig irrelevanten Gegebenheiten beim toten Frosch präsentiert. Es hat niemals eine Evaluierung des Froschversuches stattgefunden, inwieweit die an ihm gewonnenen Daten tatsächlich mit in vivo Daten übereinstimmen.

Die Reproduzierbarkeit der Methode ist ausreichend dokumentiert. Unterschiedliche Ergebnisse an verschiedenen Probanden entsprechen der biologischen Variation, die als Lerninhalt besser vermittelt werden kann als der Versuch am toten Frosch. In die Diskussion bei den Arbeitsgruppen kann bereits die Tatsache einbezogen werden, warum verschiedene Probanden unterschiedliche Stimuli für optimale Versuchsergebnisse benötigen und warum gleiche Nervenreizungen unterschiedlich unangenehm empfunden werden. Die Aussagen der einzelnen Hochschulen in diesen Punkten sind sehr übereinstimmend.

Die Präzision der Methode hängt von der Sorgfalt der am Myographen vorzunehmenden Einstellungen ab. Es handelt sich nicht um ein Gerät, das wie ein Automat funktioniert. Die Drehachse des Daumens, der Sitz der Elektroden, das Einspannen der Hand und die Software-Einstellungen müssen experimentell erkundet und optimiert werden. Dies entspricht dem gewünschten Lehrziel, experimentelles Arbeiten zu vermitteln, und wird von allen Beteiligten bestätigt. Bei optimalen Einstellungen kann der Myograph auch zu wissenschaftlichen Untersuchungen herangezogen werden, es handelt sich also nicht um eine für Unterrichtszwecke abgespeckte Entwicklung. Im Gegensatz zu verschiedenen Eigenbauten, die vor allem an Universitäten der Schweiz bisher zum Einsatz kamen, bietet der Myograph mehr Bedienungskomfort und mehr Parameter bei den Versuchsansätzen. Im Frühjahr 1995 am Prototypen erkannte technische Mängel und fehlende Funktionen waren bereits im Sommer 1995 behoben bzw. installiert.

Die Relevanz für die angestrebten Lehrinhalte und Lehrziele wird von allen Instituten einstimmig positiv bewertet. Dem Froschversuch ist der Myograph in vieler Hinsicht überlegen. Dies war natürlich zu erwarten, ist der Froschversuch doch alles andere als relevant für die zu vermittelnden Lehrinhalte.

Das didaktische Profil zeichnet sich besonders durch die Qualität des Lernens aus. Es wird nicht nur visuell, sondern mit allen Sinnen aufgenommen. Bei den Lernerfolgen hat sich dies als signifikant besser herausgestellt. Die Freude am Erwerben neuer Einsichten und Erkenntnisse, die im Hochschulunterricht oft sträflich vernachlässigt wird, indem Kursversuche von Hochschullehrern per Gerichtsentscheid erzwungen werden, kommt mit dem Myographen in die Kurssäle zurück.

Nach §1 des deutschen Tierschutzgesetzes muß das Töten einen ver-

Was ist Leben?

50 Jahre nach Erwin Schrödinger



Michael P. Murphy / Luke A. O'Neill (Hrsg.) Was ist Leben?

Die Zukunft der Biologie

Eine alte Frage in neuem Licht – 50 Jahre nach Erwin Schrödinger

In der Nachfolge von Erwin Schrödingers einflußreichem Buch Was ist Leben? stellen sich in diesem Band – 50 Jahre Jahre später – führende Biologen und Physiker erneut jener Schlüsselfrage der Biologie. Ihre Antworten überspannen ein Themenspektrum von der chemischen Evolution bis zur Chaostheorie, von der Entwicklungsbiologie bis zur Physik des Bewußtseins. Sie gewähren nicht nur faszinierende Einblicke in das Denken bedeutender Wissenschaftler unserer Tage, sondern zeigen auch, wohin sich die Biologie in den nächsten 50 Jahren entwickeln könnte. ca. 224 S., geb.

DM 48,-/öS 351,-/sFr 46,-ISBN 3-8274-0120-8

Zu den **Autoren** zählen Nobelpreisträger wie Manfred Eigen und Christian de Duve, Biologen wie Stephen J. Gould, Jared Diamond und Lewis Wolpert und Physiker wie Roger Penrose und Hermann Haken.

Eine Bestellkarte finden Sie im Heft.



nünftigen Grund haben. Die Zuwiderhandlung gegen diesen Grundsatz ist keine Ordnungswidrigkeit, sondern ein Straftatbestand. Bei Tierversuchen darf nach §9 ein Versuch nicht mit größeren Belastungen für Tiere verbunden sein, wenn dies mit finanziellen Gründen begründet wird. Analog sollte in der Rechtssprechung eigentlich auch beim Tod von Tieren argumentiert werden. Da es oft einzig finanzielle Gründe sind, die den Einzug des Myographen in die Kurssäle verhindern, müßten die Hochschulhaushalte durch entsprechende Umverteilungen so gestaltet werden, daß keine Verstöße gegen den §1 des Tierschutzgesetzes mehr möglich sind. Die Verantwortung liegt dabei nicht nur bei den Hochschullehrern und Kursleitern, sondern auch in den Haushaltsabteilun-

Literatur

gen der Universitäten.

Balls, M., Blaauboer, B., Brusick, D., Frazier, J., Lamb, D., Pemberton, M., Reinhardt, C., Roberfroid, M., Rosenkranz, H., Schmid, B., Spielmann, H., Schmid, B., Stammati, A.-L. und Walum, E. (1990). Report and recommendations of the CAAT/ERGATT workshop on the validation of toxicity test procedures. *ATLA* 18, 313–337.

Gelbe Liste (1995). B. Rusche und U. G. Sauer (Hrsg.), Tierversuche - Alternativen. 4. Teil: Tierverbrauchsfreie Verfahren in der Ausbildung von Biologen, Medizinern und Veterinärmedizinern. Akademie für Tierschutz. Bonn: Köllen Druck & Verlag GmbH.

Hartung, T. und Spielmann, H. (1995). Der lange Weg zur validierten Ersatzmethode. *ALTEX 12*, 98–103.

Hirsch, M. C. und Koch, C. (1996). SimNerv und SimMuscle – zwei Multimedia-Simulationen. In T. Rieg, B. Völlm, Anya Feddersen und C. Gericke, Bundesverband SATIS (Hrsg.), Über Leichen zum Examen? Tierversuche im Studium, 2. Auflage (111–123). Bochum: TIMONA-Verlag.

Kuck, W. (1996). BMBF-Schlußbe-



richt Forschungsvorhaben 0310 535A. Technologie-Entwicklung für einen physiologischen Unterricht ohne die Notwendigkeit von Froschversuchen. Kann beim Projektträger BEO in Jülich, Forschungszentrum GmbH angefordert werden.

Oetliker, H. (1987). Summation und Tetanus am Menschen. *Alternativen zu Tierexperimenten Nr.* 7, 52–62.

Oetliker, H., Zhang, W., Mojon, D. und Oetliker, M. (1993). Summation und Tetanus am Menschen. In H. Schöffl, H. Spielmann, F. Gruber, B. Koidl und Ch. Reinhardt (Hrsg.), Alternativen zu Tierversuchen in Ausbildung, Qualitätskontrolle und Herz-Kreislaufforschung (42–48). Wien, New York: Springer-Verlag.

Rusche, B. und Sauer, U. G. (1996). Tierverbrauchsfreie Verfahren in der Ausbildung von Biologen, Medizinern und Veterinärmedizinern. In F. P. Gruber und H. Spielmann (Hrsg.), Alternativen zu Tierexperimeneten (257–270). Berlin, Heidelberg, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag

Zhang, W., Mojon, D. und Oetliker H. (1993). Bestimmung der Leitungsgeschwindigkeit des Nervus ulnaris und Lokalisation der motorischen Endplatte am M. abductor digiti minimi. In H. Schöffl, H. Spielmann, F. Gruber, B. Koidl und Ch. Reinhardt (Hrsg.), Alternativen zu Tierversuchen in Ausbildung, Qualitätskontrolle und Herz-Kreislaufforschung (49–53). Wien, New York: Springer-Verlag.

Korrespondenzadresse

PD Dr. Franz Gruber FFVFF Biberlinstr. 5 CH-8032 Zürich