



Die Medizin der Zukunft Die Möglichkeiten der tierversuchsfreien Forschung

Foto: 123rf.com/Alexander Rath

Die wenigsten Menschen wissen, welche Vielfalt an Forschungsmethoden der Wissenschaft zur Verfügung stehen. Denn über das immense Potential tierversuchsfreier Forschungsmethoden gelangen kaum je Informationen an die Öffentlichkeit.

Ein Grossteil unserer Gesellschaft ist deshalb davon überzeugt, dass Medikamente nur dann sicher für den Menschen sind, wenn diese im Tierversuch getestet wurden. Geprägt vom Slogan «Es geht leider nicht ohne», glauben viele, dass eine tierversuchsfreie Forschung unmöglich ist.

Tierversuchsgegner, die eine gänzlich tierversuchsfreie Forschung fordern, werden als blauäugig angesehen. Zudem signalisieren vermeintlich «tierversuchskritische» Gesetzesanpassungen wie das Einführen sogenannter Ersatz- und Alternativmethoden (3R-Prinzip) dem Volk, dass

schon «so viel wie möglich» gegen Tierversuche unternommen werde. Die meisten Menschen sind sich somit nicht bewusst, auf welche Weise und in welchem Ausmass Tierversuche die moderne Forschung behindern.

Die Gefahren der Tierversuche und der sogenannten Ersatz-

Jeder, der sich schon mal mit der Packungsbeilage eines Medikamentes befasst hat, ist wohl schon auf einen Satz wie «An Kindern unter 12 Jahren nicht getestet» gestossen.

Wenn schon die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus klinischen Studien innerhalb der Art Mensch nicht gegeben ist, wie verhält es sich dann erst recht mit der Übertragbarkeit von Tier auf Mensch?

Die verschiedenen Arten unterscheiden sich bezüglich Stoffwechsel und Organfunktionen so sehr voneinander, dass die Annahme, Resultate aus Versuchen an der einen Art seien auf eine andere Art übertragbar, schlichtweg leichtsinnig ist.

Eine Studie der amerikanischen Arzneimittelzulassungsstelle FDA hat ergeben, dass 92% aller Medikamente, welche im Tierversuch erfolgversprechend sind und als unbedenklich gelten, bei Menschen wirkungslos oder sogar gefährlich sind und daher gar nicht erst zugelassen werden.^{1,2} Von den übrig bleibenden 8% der Medikamente, die auf den Markt kommen, muss aufgrund schwerwiegender Nebenwirkungen die Hälfte wieder vom Markt genommen oder deren Beipackzettel ergänzt werden.³

Während viele Stoffe aufgrund der Resultate im Tierversuch fälschlicherweise als unbedenklich und sicher für den Menschen erklärt werden, geschieht es in der Tierversuchsforschung laufend, dass Stoffe, die für den Menschen unbedenklich wären, im Tierversuch durchfallen und deshalb als gefährlich für den Menschen eingestuft werden.

Der deutsche Forscher Thomas Hartung hat wissenschaftlich belegt, dass rund 60% der Stoffe, die in Tierversuchen als giftig eingestuft und deshalb nicht weiter untersucht werden, für Menschen ungiftig sind. Handkehrum werden bis zu 40% der giftigen Stoffe im Tierversuch nicht erkannt und somit für Menschen als ungiftig erklärt.⁴

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Übertragbarkeit, Wissenschaftlichkeit, Kosten und Dauer der verschiedenen Forschungsmethoden

Übertragbarkeit, Wissenschaftlichkeit, Kosten und Dauer der verschiedenen Forschungsmethoden	
	Tierversuch <ul style="list-style-type: none"> ● In vivo (lat. im Lebendigen) = Eingriffe am lebenden Organismus
Übertragbarkeit  <p>Medikamente werden nicht dank Tierversuchen entdeckt. Penicillin zum Beispiel wurde dank A. Flemings Unordentlichkeit entdeckt: Als er aus einem Urlaub in sein Labor zurückkam, bemerkte er, dass seine Bakterienkulturen, die er während seiner Abwesenheit offen hatte stehen lassen, von einem Pilz befallen waren. Er konnte feststellen, dass die Bakterien, die mit dem Pilz in Berührung gekommen waren, abgestorben waren.</p> <p><small>Foto: pixelio/Andrea Damm</small></p>	<p>Die Übertragbarkeit ist erwiesenermassen nicht gegeben.</p> <p>(siehe Links Kasten: Studie der amerikanischen Arzneimittelzulassungsstelle FDA)</p>
Genauigkeit, Aussagekraft und Zuverlässigkeit  <p>Tierversuche dienen Forschern dazu, herauszufinden, wie sie den Schaden, den sie dem Tier zufügen, wieder beheben können.</p> <p><small>Foto: PeTA Deutschland e.V.</small></p>	<p>Anders als die tierversuchsfreien Forschungsmethoden wurden Tierversuche nie einer Untersuchung auf ihre Sicherheit, Zuverlässigkeit, Aussagekraft oder Übertragbarkeit unterzogen. Tierversuche werden zugelassen, ohne dass sie je auf ihren Nutzen untersucht worden sind.</p> <p>Der Tierversuch ist aus vielen Gründen eine unglaublich schlechte Wissenschaft. Der Stress, dem die Tiere während des Experiments ausgesetzt sind, hat weitreichende Auswirkungen auf ihr Verhalten, das Immunsystem und den Hormonhaushalt. Die Aussagekraft der Testergebnisse ist dementsprechend schlecht. Fatalerweise gelten im Tierversuch häufig Verhaltensänderungen und Reaktionszeit als Indikatoren dafür, ob der Test positiv oder negativ gewertet wird. Wenn man bedenkt, wie individuell ein Tier unter so qualvollen Umständen reagiert, wird klar, wie unwissenschaftlich der Tierversuch ist. Da die Bedingungen, unter denen Tierversuche</p>

und Alternativmethoden

	Ersatz- und Alternativmethode	Tierversuchsfreie Methode
	<ul style="list-style-type: none"> ● In-vivo-Eingriff, der dem 3R-Prinzip entspricht, <p>unter Einsatz von tierischem Material/ Tieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● In vitro = Zellkulturen, organisches Material ausserhalb des Körpers; ● In silico = analytische Verfahren, Modelle und Simulatoren; ● Bildgebende Verfahren; etc. 	<p>Unter Einsatz von humanem Material/ Menschen</p> <ul style="list-style-type: none"> ● In vitro; ● In silico; ● Bildgebende Verfahren; ● Microdosing; etc. ● Klinische Forschung
<p>Zusätzlich zu den naturgegebenen Unterschieden zwischen verschiedenen Arten führt das Manipulieren der Tiere (operative Eingriffe, Giftinjektion,...) zu unrealistischen, unnatürlichen physischen Eigenarten.</p>	<p>Wie die In-vivo-Methoden sind auch alle anderen Methoden, bei denen tierisches Material zum Einsatz kommt, nicht übertragbar. Es macht überhaupt keinen Sinn, funktionelle Magnetresonanztomographie an Affen anstatt an Menschen durchzuführen. Es spielt, betreffend Übertragbarkeit, auch keine Rolle, ob Sonnencremesubstanzen an der lebendigen Maus oder in vitro an Mäusehaut getestet werden.</p>	<p>Die Ergebnisse sind direkt übertragbar. Dank tierversuchsfreien Forschungsmethoden ist es sogar möglich, gezielt auf Menschen mit speziellen Bedürfnissen (Alter, bestimmte Einschränkungen) oder individuellen Lebensgewohnheiten (Ernährung, Rauchen) einzugehen. Durch Auswahl und Kultur spezieller Zellen kann in vitro ganz genau auf die Fragestellung und die menschlichen Bedürfnisse eingegangen werden. So ist es zum Beispiel möglich, in vitro menschliche Hautzellen der verschiedenen Hauttypen (Hauttyp I–VI) zu kultivieren und Sonnencremesubstanzen direkt an den verschiedenen Hauttypen zu testen.¹⁵</p>
<p>durchgeführt werden, von Labor zu Labor variieren, führt ein und derselbe Tierversuch je nach Umständen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Deshalb und wegen der Tatsache, dass weder Ablauf noch Ergebnis eines Tierversuches publiziert oder zentral erfasst werden müssen, wird ein und derselbe Tierversuch unnötigerweise unzählige Male von Labor zu Labor erneut durchgeführt. Die katastrophale wissenschaftliche Qualität der Ergebnisse aus Tierversuchen wird durch eine aktuelle Untersuchung einer englischen Forschergruppe aufgezeigt. So lässt sich belegen, dass die meisten Tierversuche den wissenschaftlichen Qualitätskriterien widersprechen und bei nur 1 % aller Tierversuchsstudien methodisch korrekt und seriös vorgegangen wird. Bei den meisten Tierversuchen wird auf wichtige wissenschaftliche Verfahren (Randomisierung, Verblindung etc.) verzichtet. Dies führt unweigerlich zu nachweislich fehlerhaften Forschungsergebnissen.^{16, 17}</p>	<p>Ohne den Einsatz von Tieren sind Ersatz- und Alternativmethoden aussagekräftiger als Tierversuche. Realistische, kontrollierbare Testbedingungen und einheitliche, reproduzierbare Abläufe machen es möglich, dass Versuchsdaten erfasst, gespeichert und mit anderen verglichen werden können.</p>	<p>Im Gegensatz zum Tierversuch müssen tierversuchsfreie Forschungsmethoden auf ihre Aussagekraft, Sicherheit und Zuverlässigkeit überprüft werden, damit sie behördlich akzeptiert und zugelassen werden.</p> <p>Bei diesen Methoden zählt nicht die Reaktion eines Individuums als Indikator dafür, ob eine Substanz für eine bestimmte Art Lebewesen schädlich ist.</p> <p>Die tierversuchsfreien Forschungsmethoden liefern klare, eindeutige und objektive Ergebnisse unter kontrollierten Bedingungen. Das Anlegen von Datenbanken ermöglicht einen Informationsaustausch zwischen verschiedenen Laboren und führt zu wichtigen Erkenntnissen. Die Testabläufe sind nachvollziehbar und können bei Bedarf genau rekonstruiert werden. Systeme reagieren wesentlich empfindlicher auf toxische Einflüsse als das lebende Tier.</p>

Folgender Ausschnitt des Zeitungsberichtes «Fortschritte in der Aids-Forschung» verdeutlicht, wie die Forschung mit der gezielten Publikation vermeintlich bahnbrechender Tierversuchsergebnisse für Tierversuche wirbt.

Am 12.9.2011 veröffentlichte «Süddeutsche.de» den Artikel «Transgene Tiere – Leuchten für die Aids-Forschung»:

(...) Wissenschaftler haben Katzen mit einem Affen-Gen ausgestattet, das sie möglicherweise vor der Katzen-Immunschwäche schützt. Es handelt sich dabei um eine Seuche, die Aids bei Menschen ähnelt. Auslöser ist ein Verwandter des HI-Virus, das FIV (Felines Immundefizienz-Virus) (...)

Als Nebeneffekt des Experiments leuchten die Katzen in UV-Licht, da sie zugleich mit dem sogenannten GFP-Gen ausgestattet wurden, einem Gen, das ursprünglich aus Quallen stammt und dazu führt, dass der Träger ein grün fluoreszierendes Protein produziert (...)

Die Katzen tragen nun auch ein Gen zur Produktion des Proteins TRIMCyp. Und dieser sogenannte Restriktionsfaktor bewahrt die Makaken davor, sich mit dem Katzen-Aids-Virus FIV zu infizieren. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass nun auch die Katzen vor einer solchen Infektion geschützt sind (...)¹⁹

Der Titel dieses Berichtes suggeriert dem Publikum, dass durch den publizierten Tierversuch «Fortschritte in der Aids-Forschung» erzielt werden. **Dass genmanipulierte, künstlich FIV-infizierte Katzen nichts mit HIV-infizierten Menschen gemein haben, wird dabei gern ignoriert.**

Es ist unfassbar, wie viel Geld und Zeit für Tierversuche wie diesen verschwendet werden.

Tierversuch

Dauer und Kosten



Forschungsnachrichten suggerieren dem Konsumenten fälschlicherweise, dass wissenschaftliche Innovationen Tierversuchen zu verdanken seien. Die Tatsache, dass innovative Therapien ohne Tierversuche entwickelt werden und der anschließende Tierversuch bloss der Absicherung dient, wird nicht publiziert.

Die Tierversuchsforschung führt unweigerlich dazu, dass viele potentiell wirkungsvolle Medikamente oder auch medizinische Techniken gar nicht erst weiter überprüft und dem Menschen vorenthalten bleiben.^{4, 5, 6, 7}

Penicillin wäre nicht als Medikament zugelassen worden, wenn man sich schon in der Zeit seiner Entdeckung auf Tierversuche verlassen hätte. Penicillin ist für viele Tierarten schädlich und wäre somit bei der heutigen Vorgehensweise der Wirkstoffzulassung durchgefallen.⁸

Heutzutage gängige Bypassoperationen unter Verwendung körpereigener Venen wären uns ebenfalls beinahe vorenthalten geblieben. Diese hatten sich in Versuchen an Hunden als unmöglich herausgestellt und wurden deshalb am Menschen nicht durchgeführt. Erst aufgrund von Berichten erfolgreicher Operationen aus Kriegsgeländen wurden diesbezüglich menschenbezogene Untersuchungen angestrengt.⁹

Hinzu kommt, dass im Tierversuch an künstlich erzeugten Krankheiten geforscht wird. Das Tier wird durch medizinische Eingriffe so manipuliert, dass es die Symptome einer bestimmten Krankheit zeigt. Diese künstlich hervorgerufenen Krankheitssymptome haben mit der Krankheit, wie diese beim Menschen vorkommt, kaum etwas gemein.

Je nach Experiment liefern Tierversuche erst nach Stunden, Tagen oder gar Jahren Ergebnisse. Da ein Tierversuch an einer bestimmten Tierart nichts darüber aussagt, was dieser Versuch an einer anderen Tierart ergeben würde, und Tierversuchsergebnisse nicht kommuniziert werden (müssen), leiden unzählige Tiere jahrelang sinnlos. Tierversuche sind unverhältnismässig teuer. Bloss schon der jährliche Unterhalt der Tiere (exklusive Versuchs- und Personalkosten) in der Schweiz verursacht Kosten von mehr als hundert Millionen Franken.

Da Tierversuche häufig geheim gehalten und/oder ihre Ergebnisse nicht kommuniziert werden, bedeuten Tierversuche eine doppelte

Damit ein für Versuche verwendetes Tier die gewünschten Krankheitssymptome zeigt, werden häufig zusätzliche Gene in dessen Erbgut eingebracht oder Gene ausgeschaltet. Die Produktion einer sogenannten transgenen Tierlinie ist sehr zeitintensiv und kostet unglaublich vielen Tieren das Leben.¹⁰ Durch den gentechnischen Eingriff wird nicht bloss ein Gen ein- oder ausgeschaltet, die Genmanipulation führt zu diversen Wechsel- und Nebenwirkungen. Diese können so ausgeprägt sein, dass das Tier nicht mehr «lebensfähig» ist und getötet werden muss.

Gelingt es schliesslich nach vielen Jahren, eine transgene Tierlinie nach Wunsch herzustellen, zeigt das genmanipulierte Tier die Krankheitssymptome unter völlig realitätsfremden, konstruierten Umständen. Diese künstlich hervorgerufenen Krankheitssymptome beim Tier und die Krankheit beim Menschen haben keinerlei Zusammenhang.

Die Umstände, unter denen Krankheitssymptome beim Menschen auftreten – die Mechanismen der Krankheit selbst –, werden beim Tierversuch völlig ausser acht gelassen.

Wird eine neue Substanz an einem Tier getestet, liefert das Ergebnis lediglich Erkenntnis darüber, wie dieses Tier auf die verwendete Substanz unter den gegebenen, manipulierten Umständen re-

	Ersatz- und Alternativmethode	Tierversuchsfreie Methode
<p>Geldverschwendung – nicht bloss, dass Geld für überflüssige Experimente ausgegeben wird, jedes Experiment muss gleich unzählige Male finanziert werden.¹⁸</p> <p>Forscher können frei darüber entscheiden, welche Tierversuchsergebnisse an die Öffentlichkeit gelangen. So werden bloss die vermeintlich bahnbrechenden Erkenntnisse publiziert. Diese Publikationen führen leider oft dazu, dass beim Publikum der Eindruck entsteht, der Tierversuch sei eine vielversprechende Forschungsmethode. Tatsächlich haben diese Forschungsergebnisse meist keinerlei praktischen Nutzen, geschweige denn Relevanz für den Menschen.</p>	<p>Abgesehen von den In-vivo-Methoden haben die Ersatz- und Alternativmethoden zumindest den Vorteil, dass sie meist schneller und günstiger sind als Tierversuche.</p>	<p>Die Methoden der tierversuchsfreien Forschung liefern Ergebnisse um einiges schneller. Hinzu kommt, dass verschiedene Tests automatisierbar sind und parallel ablaufen können. Da die tierversuchsfreien Methoden zielorientiert und zweckmässig sind, ermöglichen sie eine Forschung, die um ein Vielfaches produktiver als Tierversuche ist. Sie sind, sobald sie einmal etabliert sind, billiger als Tierversuche.</p>

agiert. Man kann bloss raten, welche Wirkung die Substanz auf eine andere Art unter anderen Umständen hat.

Die Tierversuchsforschung ist in einer Sackgasse. Es werden Unmengen an Zeit und Geld investiert, um herauszufinden, wie man ein Tier manipulieren muss, damit es die gewünschten Symptome zeigt. Findet sich unter Umständen sogar ein Heilmittel gegen die künstlich erzeugten Krankheits-symptome des Tieres, bedeutet dies jedoch nicht, dass sich die «entsprechende» Krankheit beim Menschen mit diesem Mittel heilen lässt. So ist es tatsächlich seit vielen Jahren möglich, Affen erfolgreich gegen HIV zu impfen und Krebs bei Mäusen zu heilen.^{11, 12}

Seit einiger Zeit sind Forscher(innen) in Europa dazu angehalten, das «3R-Prinzip» anzuwenden. Die 3R-Forschung und die sogenannten Alternativmethoden mögen auf den ersten Blick zwar fortschrittlich sein und sind dem Tierversuch vorzuziehen, jedoch propagieren sie leider die Meinung, dass Forschung ohne Tierversuche nicht möglich ist.

Die 3R-Forschung und die Alternativmethoden orientieren sich an den Forschungsergebnissen aus Tierversuchen. Ihr Ziel ist, einen Tierversuch durch eine alternative Methode zu ersetzen, die in der Lage ist, dasselbe Resultat hervorzu-

bringen wie der entsprechende Tierversuch.

Die 3R-Forschung verfolgt das Ziel, Tierversuche zu ersetzen sowie die Zahl und die «Belastung» der Tiere zu reduzieren: Replace = Ein Tierversuch soll, wenn möglich, durch eine Alternativmethode ersetzt werden; Reduce = Die Zahl der verwendeten Tiere soll möglichst tief gehalten werden; Refine = Die Tiere sollen im Versuch möglichst wenig «belastet» werden.¹³

«Replace» bedeutet nicht etwa, dass nun Forschungsmethoden entwickelt und eingesetzt werden, die auf die Bedürfnisse des Menschen eingehen, indem an menschlichem Material oder am Menschen geforscht wird.

In der Praxis bedeutet «Replace» bloss, dass ein Tierversuch dann ersetzt wird, wenn sich eine Alternativmethode finden lässt, die bei einem bestimmten Versuch das gleiche Ergebnis liefert wie der zu ersetzende Tierversuch.

3R-Forschung bedeutet auch nicht, dass fortschrittliche Methoden (in vitro, in silico oder bildgebende Verfahren) die Eingriffe am lebendigen Tier ersetzen – auch der Einsatz einer alternativen Tierart und das Entwickeln eines neuen, weniger qualvollen Tierversuches entsprechen dem 3R-Prinzip. So werden zum Beispiel in der EU 12 Millionen dafür ein-

gesetzt, dass der Zebrafisch die Maus in der Krebsforschung ablöst.¹⁴

Den 3R kann man sehr schnell gerecht werden; so bedeutet laut dieser Regelung z.B. auch der Einsatz einer kurzlebigen Tierart eine verminderte Qual für das einzelne Individuum.

Es bringt die Forschung nicht weiter, wenn eine Versuchsmethode (Tierversuch), die zu einem schlechten Ergebnis führt, durch eine andere Methode (Ersatz- und Alternativmethode), die zum gleichen schlechten Ergebnis führt, ersetzt wird.

Unsinnigerweise werden, im Rahmen der 3R-Forschung, fortschrittliche Techniken meistens unter Einsatz von tierischem anstatt menschlichem Material angewandt. Damit führen Alternativmethoden zwar dazu, dass weniger Tiere leiden müssen, sie bedeuten jedoch keinen wissenschaftlichen Fortschritt bezüglich Übertragbarkeit und humanspezifischer Forschung.

Die Möglichkeiten der tierversuchsfreien Forschungsmethoden

Erst durch den Einsatz tierversuchsfreier Forschungsmethoden ist es möglich, die Erkenntnisse und Forschungsergebnisse zu erlangen, die für den Menschen von Bedeutung sind.

Tierversuchsfreie Forschungsmethoden – Forschung an humanem Material oder direkt am Menschen

Mikrodosierung



Mikrodosierung ist eine sichere und effektive Methode, um zu erforschen, wie ein Arzneimittel auf einen Menschen wirkt

Durch die Kombination von Microdosing und Accelerator Mass Spectrometry (AMS) lässt sich die Wirkung von Testsubstanzen direkt am Menschen untersuchen. Dabei wird die Testsubstanz in einer so niedrigen Dosierung verabreicht, dass die Substanz keine pharmakologische Wirkung hat und im Körper der Person bloss mittels Präzisionsanalyse (AMS) nachgewiesen werden kann. Durch das Zählen einzelner Atome ist AMS in der Lage, geringste Mengen der Testsubstanz in Blut- und Harnproben nachzuweisen. Durch regelmässige Blutentnahmen kann der Weg der Substanz verfolgt werden. Die Verstoffwechslung, Verteilung, Absorption und Ausscheidung einer Testsubstanz kann so genau und realitätsgetreu an Menschen mit verschiedenen physischen Voraussetzungen, die Krankheiten mit sich bringen, bestimmt werden.^{20, 21}

In vitro



Dank In-vitro-Methoden ist es heutzutage möglich, komplette Zellkulturen und sogar menschliche Organe nachzubilden

Die In-vitro-Forschung umfasst eine grosse Vielzahl an verschiedenen Methoden. Sie alle ermöglichen die Forschung an organischem Material ausserhalb eines Körpers. Durch Probenentnahmen bei Patienten lassen sich spezifische menschliche Zellen gewinnen. Diese können im Labor auf einem geeigneten Nährboden angesiedelt und «gezüchtet» werden. Die kultivierten Zellen behalten dabei ihr natürliches Verhalten bei. Zelluläre Prozesse, wie zum Beispiel der Zellstoffwechsel, können anhand von Zell- und Gewebekulturen genau untersucht werden. Dank diverser Techniken und auch dem Einsatz von Hilfsmitteln wie Bioreaktoren oder Inkubationsgefässen ist es möglich, Gewebe dreidimensional aufzubauen und ganze Organsysteme herzustellen. Bioreaktoren und Inkubationsgefässe sorgen für organismustypische Bedingungen, Stoffversorgung und -austausch. Durch den Einsatz von In-vitro-Techniken lässt sich zum Beispiel das menschliche Auge mit all seinen Schichten nachbilden. Dank den Kulturen lassen sich die verschiedensten Vorgänge im menschlichen Körper unter beliebig manipulierbaren Umständen (Immunsystem, Krankheiten) erforschen. Die Wirkung von Testsubstanzen kann unter realistischen Umständen genau erfasst und bewertet werden.²¹

In silico



In-silico-Zellmodellierung liefert zum Beispiel Aufschluss darüber, wie Stoffe chemisch aufgebaut sein müssen, damit sie im menschlichen Körper an der richtigen Stelle Wirkung zeigen

Zu den In-silico-Methoden zählen viele verschiedene computergestützte Techniken wie Computermodelle, mathematische Berechnungen, analytische Verfahren und molekulare Modellbildung. In-silico-Methoden sind in der Lage, eine grosse Anzahl von bereits bekannten menschlichen Daten zu erfassen und diese der Fragestellung entsprechend zu nutzen, indem kombiniert und berechnet wird oder komplexe Abläufe simuliert werden. Dank Methoden wie In-silico-Modellierung können die Eigenschaften (Molekularstruktur, Wirkung und Giftigkeit) eines Stoffes und deren Auswirkungen auf andere Stoffe oder Stellen innerhalb des menschlichen Körpers genauestens ermittelt werden. So ist es möglich, herauszufinden, wie eine Substanz chemisch aufgebaut werden muss, damit sie im Körper an der richtigen Stelle auf die benötigte Weise wirken kann. Mittels Verfahren aus der analytischen Chemie können unter anderem chemische Eigenschaften von Substanzen analysiert und kleinste Stoffbestandteile aufgespürt werden. Moderne Analyseverfahren ermöglichen eine extrem präzise Diagnose von diversen Krankheiten.^{21, 22}

Biochips

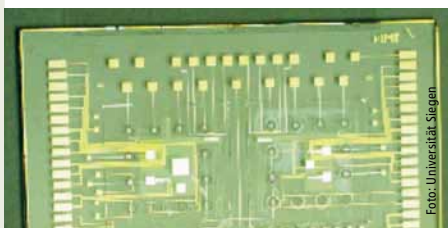


Foto: Universität Siegen

Ein Biochip fungiert als Mini-Labor und vereint In-vitro- und In-silico-Methoden

Ein Biochip vereint In-vitro und In-silico-Techniken. Im Grunde genommen ist er ein Mikrochip, der als Zellträger fungiert und je nach Zelleinsatz ein bestimmtes miniaturisiertes System darstellen kann. Es lassen sich nicht bloss spezielle Zellkulturen ansiedeln, sondern sogar Organe oder ein komplettes Organismussystem. Der Biochip ermöglicht eine extrem schnelle Auswertung verschiedenster Daten auf sehr kleinem Raum.

Es ist damit möglich, die Verstoffwechslung einer bestimmten Substanz in einem zusammenhängenden realitätsgetreuen System zu untersuchen. Die Bedingungen, unter denen die Untersuchung ablaufen soll, können je nach Fragestellung verändert werden. So kann z.B. auf spezielle physische Voraussetzungen, die Krankheiten mit sich bringen, gezielt eingegangen werden. Verteilung und Wirkung einer Testsubstanz können genau verfolgt und ihre Abbauprodukte präzise lokalisiert werden.²¹

Bildgebende Verfahren



Foto: Uniklinik Magdeburg

Bildgebende Verfahren machen es möglich, dass das menschliche Gehirn ohne Eingriff studiert werden kann

Dank der verschiedenen modernen bildgebenden Verfahren können Abläufe im menschlichen Körper auf einem Monitor sichtbar gemacht werden. So ist es beispielsweise möglich, mit funktioneller Magnetresonanztomographie das Hirn beim Arbeiten zu beobachten und dabei festzustellen, welche Hirnareale unter verschiedenen Umständen aktiv sind und wie sie auf bestimmte Einflüsse reagieren. Es ist heutzutage auch möglich, eine Testsubstanz so zu behandeln (markieren), dass diese im Gehirn mittels Positronen-Emissionstomographie beobachtet werden kann. Ihre Verteilung und Anreicherung kann auf diese Weise genauestens lokalisiert und gemessen werden. Mittels Magnetresonanzspektroskopie können verschiedenste Stoffe, wie zum Beispiel Neurotransmitter, im Gehirn ermittelt und gemessen werden. Dies gibt unter anderem darüber Aufschluss, womit und auf welche Weise Stoffwechselforgänge im Hirn beeinflusst werden.

Da der Patient bei diesen schonenden, sogenannten nicht-invasiven Methoden (Prozeduren, bei denen Geräte oder Katheter nicht in den Körper eindringen), bei Bewusstsein ist, kann er sein Befinden während der Untersuchung mitteilen.^{21, 23}

Klinische Forschung



Foto: Universität Leipzig

Die klinische Forschung nutzt gesammelte Daten aus Patientenbehandlungen

Die klinische Forschung macht sich Erkenntnisse aus Patientenbehandlungen zunutze. Bei dieser Forschungsmethode werden Patientenbehandlungsdaten gesammelt und erfasst. Das ermöglicht der Forschung, direkte Rückschlüsse zu ziehen und die Datenauswertung für weitere Behandlungen zu nutzen. So kann die klinische Forschung unter anderem den Anstoss zur Reduktion von Therapie-Nebenwirkungen geben. Das Studieren der Parallelen und Abweichungen zwischen verschiedenen Therapieauswirkungen liefert einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von Behandlungsstrategien.

Obwohl der Grossteil des heutigen medizinischen Wissensstandes auf der Beobachtung kranker Menschen basiert, bleibt diese Forschungsmethode in der Praxis weitgehend ungenutzt.²⁴

Dies ist nur eine Auswahl von tierversuchsfreien Forschungsmethoden.

In der Praxis werden verschiedene Methoden kombiniert angewandt. Je nach Forschungsschwerpunkt und Fragestellung ist die eine tierversuchsfreie Methode besser geeignet als die andere.

Argumente der Tierversuchsbefürworter wie: «Die Einzelzelle hat keinen Blutdruck! Sie hat keine Psyche! Komplexe Abläufe des Nervensystems lassen sich nicht in der Einzelzelle untersuchen»²⁵ sind völlig sinnlos und basieren meist auf Unwissenheit, Bequemlichkeit oder Ignoranz.

Natürlich stimmt dies bezogen auf die Einzelzelle. Um komplexe Abläufe des

menschlichen Nervensystems veranschaulichen zu können, ist eine einzelne Zelle genauso wenig geeignet wie ein Tiermodell. Natürlich bedient sich die tierversuchsfreie Forschung nicht einer einzelnen isolierten Zelle, um komplexe Abläufe des Nervensystems zu untersuchen. Je nach Fragestellung können hier zum Beispiel Biochips zum Einsatz kommen.

Das Argument, dass Tierversuche nicht durch tierversuchsfreie Forschungsmethoden ersetzt werden können, stimmt allerdings – mit tierversuchsfreien Methoden ist es nicht möglich, Mäusen Krebs anzuzüchten oder die Schmerzgrenze eines Affen zu erforschen.

Alles, was den Menschen betreffend erforscht werden muss, kann und soll mit tierversuchsfreien Forschungsmethoden erforscht werden.

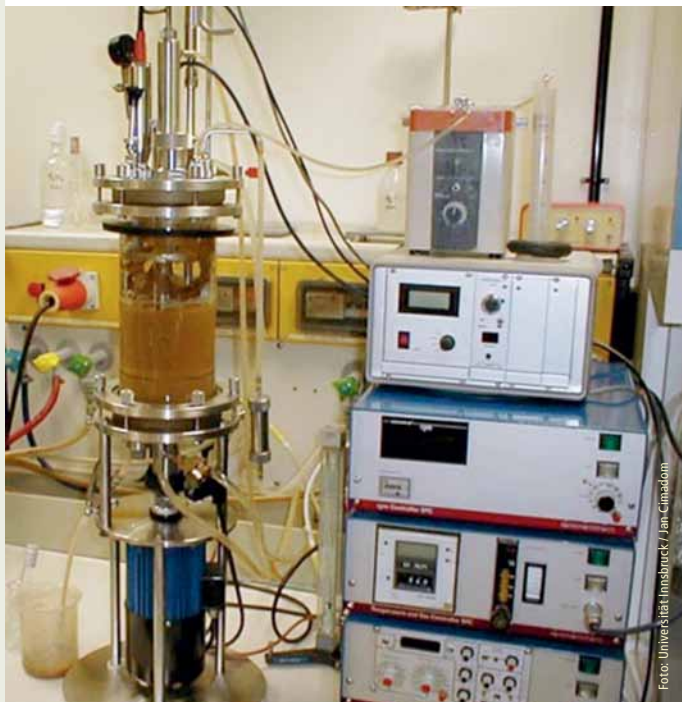
Nur durch den Einsatz tierversuchsfreier Methoden kann fortschrittliche Forschung, die auf die Bedürfnisse des Menschen eingeht, betrieben werden. Im Gegensatz zur Tierversuchsforschung hat die tierversuchsfreie Forschung ein enorm riesiges Potential.

Die Qualität der drei Forschungsmethoden im Vergleich

Tierversuch

Pharmakologie

Wie wirkt sich ein bestimmter Stoff nach einer gewissen Verabreichungsdauer auf die Leber aus?



Bioreaktor

Qualitätskontrolle

Ist ein Impfstoff durch Pyrogene (entzündlich wirkender Stoff, der Fieber auslösen kann) verunreinigt?



Menschliches Blut aus Blutspenden

Schmerzforschung

Wie wirkt ein neues potentielles Schmerzmittel auf die Schmerzempfindung?

Stoffwechselfest an Ratten

Die Testsubstanz wird mehreren Ratten gleichzeitig verabreicht. Um herauszufinden, welche Wirkung die Testsubstanz zu verschiedenen Zeitpunkten auf die Leber des Tieres hat, wird jede Ratte dieser Gruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt getötet. Die Leber wird entnommen und auf Schädigungen untersucht.

- Die Ergebnisse aus Tierversuchen sind überhaupt nicht auf den Menschen übertragbar. Zudem sind Leberschäden nicht allein von der Dosis und Verabreichungsdauer einer Substanz abhängig, sondern auch von den individuellen Reaktionen eines Organismus. Hinzu kommt, dass die Leber der Ratte durch deren Tod weiter geschädigt wird und die schädigenden Effekte von Testsubstanz und Tod meist nicht mehr auseinandergehalten werden können. Der Einsatz von Tieren im Forschungsbereich Lebertoxizität ist besonders fahrlässig.²⁶
- Dieser Test ist weder zweckmässig noch produktiv. Er kostet sehr vielen Ratten das Leben und gefährdet durch seine Unzuverlässigkeit unnötig Menschenleben.

Pyrogentest

Um herauszufinden, ob der zu testende Stoff durch Pyrogene verunreinigt ist, wird dieser mehreren Kaninchen injiziert. Die Kaninchen werden für mehrere Stunden in einer kleinen Box fixiert, wo ihre Körpertemperatur ununterbrochen rektal mittels Thermometer gemessen wird.

Steigt die Körpertemperatur eines Kaninchens während des Tests an, schliesst der Forscher daraus, dass die Testsubstanz verunreinigt ist. Umgekehrt gilt eine Testsubstanz als nicht pyrogen, wenn die Körpertemperatur des Kaninchens nicht ansteigt.²⁹

- Der Kaninchen-Pyrogentest bedeutet keine Sicherheit für den Menschen – bloss weil ein Kaninchen kein Fieber bekommt, kann nicht davon ausgegangen werden, dass ein Stoff pyrogenfrei ist.³⁰
- Für diesen Test müssen viele Kaninchen ihr Leben lassen. Der Kaninchen-Pyrogentest ist viel zu zeitaufwendig.

Schmerzforschung an lebenden Tieren

Um die Wirkung eines neuen Schmerzmittels zu erforschen, wird einer Ratte ein Katheter ins Rückenmark gelegt und ihr auf diesem Weg das zu testende Mittel verabreicht.

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Ersatz- und Alternativmethode

Schweineleberzellkultur im Bioreaktor

Da sich mit Hilfe eines Bioreaktors der Zellverbund einer Leber nachstellen lässt, kann er als dreidimensionales Leberkulturmodell dienen. Der Bioreaktor besteht aus mehreren voneinander unabhängigen Hohlfasermembransystemen. Hohlfasermembransysteme sind hohle Fasern, deren Wände teildurchlässig sind und wie Membranen im lebendigen Organismus einen Stoffaustausch zwischen abgegrenzten Systemen ermöglichen. Eines dieser Systeme wird mit den Endothelzellen (Lymph- und Blutgefässwandzellen mit wichtigen Eigenschaften als Regulatoren und Produzenten diverser Stoffe) einer Schweineleber gefüllt. Die restlichen Systeme sind je für die Zell-Nährstoff-, die Zell-Sauerstoffversorgung und für den Abtransport von Abfallprodukten verantwortlich. Zwischen diesen Hohlfasermembransystemen werden Schweineleberzellen angesiedelt. Dank der Membraneigenschaft der einzelnen Hohlfasermembransysteme sind alle Systeme miteinander verwoben, und die Leberzellen wachsen dreidimensional zwischen den verschiedenen Systemen.

Um zu untersuchen, wie eine Testsubstanz auf die Schweineleber wirkt, wird diese dem System beigegeben und zu verschiedenen Zeitpunkten mengenbestimmt. Durch das Messen des Sauerstoffverbrauchs, des Zuckerstoffwechsels und der Menge bestimmter Enzyme lässt sich ausserdem die Giftigkeit des Stoffes messen.²⁷

- Diese In-vitro-Methode erspart vielen Ratten grosses Leid und ist aussagekräftiger, günstiger und schneller als der Tierversuch. Wegen des Einsatzes tierischer Zellen sind jedoch auch die Ergebnisse dieser Methode nicht auf den Menschen übertragbar.

Limulus-Amböbozyten-Lysat-Test (LAL-Test)

Für diesen Test wird Pfeilschwanzkrebse Blut abgenommen. Die Testsubstanz wird zu einer Lösung aus den blutkörperchenähnlichen Zellen des Pfeilschwanzkrebsblutes gegeben. Falls die Testsubstanz durch Pyrogene verunreinigt ist, verklumpen die Zellen in der Lösung.²⁹

- Obwohl der LAL-Test weniger Tierleid und aussagekräftigere Ergebnisse bedeutet, sind die Ergebnisse wegen des Einsatzes tierischen Blutes nicht auf den Menschen übertragbar.

Kultivierte Spinalganglien

Aus dem Rückenmark von Rattenembryos werden Nervenzellen gewonnen. Die Nervenzellen werden kultiviert und bilden dabei ein Netz aus Nervenzellen mit funktionierenden Synapsen (Kontakt- und Um-

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Tierversuchsfreie Methode

HepaTox

HepaTox ist ein miniaturisierter 3D-Bioreaktor, der nach dem gleichen Grundprinzip wie der «Schweineleberzellkultur-Bioreaktor» ein dreidimensionales Leberkulturmodell darstellt. Allerdings wird bei HepaTox humanes Biomaterial verwendet, womit der Zellverbund in der menschlichen Leber sehr realistisch nachgestellt wird. Dank des Einsatzes verschiedener Leberzellen von unterschiedlichsten Patienten lässt sich auf das grosse Problem der individuellen Leber-Unverträglichkeiten eingehen.

- + HepaTox liefert zielgerichtete, aussagekräftige und genaue Ergebnisse, die auf den Menschen übertragbar sind.
- + Diese In-vitro-Methode ist weit wissenschaftlicher als der Tierversuch, da reproduzierbare Ergebnisse unter kontrollierbaren Bedingungen zustande kommen. Verschiedene Parameter, wie Druck, Temperatur, Fluss und Sauerstoff-Partialdruck, werden ständig kontrolliert. Mit dem Bioreaktor können die Verhältnisse des menschlichen Organismus nachgeahmt werden.
- + Da Sauerstoffverbrauch, Zuckerstoffwechsel und Enzymmengen genauestens gemessen werden können, sind die Ergebnisse dieser Methode sehr aufschlussreich.
- + Im Gegensatz zum Tierversuch bedeutet HepaTox eine günstigere, schnellere und, aufgrund ihrer Aussagekraft, eine zuverlässigere Forschung.²⁸

PyroDetect

Bei dieser Methode wird menschliches Blut aus Blutspenden verwendet. Die Testsubstanz wird zum Blut dazugegeben und auf menschlicher Körpertemperatur gehalten. Ist die Testsubstanz durch Pyrogene verunreinigt, bilden sich – wie dies durch das Immunsystem auch im menschlichen Körper der Fall wäre – Antikörper und Botenstoffe, welche ganz eindeutig nachgewiesen werden können.^{31, 32}

- + Dank dem Einsatz von menschlichem Blut sind die PyroDetect-Ergebnisse für den Menschen sehr aussagekräftig.
- + PyroDetect ist viel empfindlicher als der Kaninchen-Pyrogentest und kann eine grössere Bandbreite an Pyrogenen aufdecken.
- + Diese Methode ist um einiges schneller, kostengünstiger und weit aus zuverlässiger als die anderen beiden.³³

Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

Um ein neues Schmerzmittel auf seine Wirkung zu untersuchen, wird dieses dem Schmerzpatienten verabreicht, und mittels fMRT werden Aufnahmen seines Gehirnes gemacht. Schmerz bedeutet eine erhöhte

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Tierversuch

Fortsetzung Schmerzforschung



CT-Bild eines menschlichen Hirnes

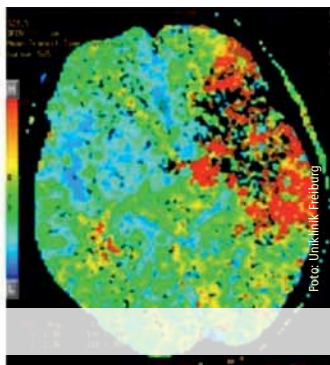


Photo: Uniklinik Freiburg

Anschliessend wird ein heisser Lichtstrahl auf den Schwanz gerichtet und beobachtet, wie heftig die Ratte auf den Schmerz reagiert. Als Indikator für die Wirksamkeit des Testmittels gilt dabei die Zeit – je länger es dauert, bis die Ratte ihren Schwanz aus dem Lichtstrahl zieht, um so besser schneidet das Schmerzmittel im Versuch ab.³⁴

- Dieser Versuch ist äusserst unwissenschaftlich
- Abgesehen davon, dass Schmerzempfinden sehr subjektiv und von Individuum zu Individuum verschieden ist, ist es mehr als fahrlässig, die Reaktionszeit einer Ratte als Indikator für die Schmerzmittelbeurteilung zu nutzen. Da der Test extremen Stress für die Ratte bedeutet, sind ihr Verhalten und ihr Reaktionsvermögen schwer einzuschätzen.
- Bei dieser Art der Forschung wird die Tatsache, dass die Wirkung eines Schmerzmittels von der Verabreichungsform abhängt, völlig ignoriert. Es ist ein Unterschied, ob ein Schmerzmittel über das Rückenmark aufgenommen oder, wie in der Humanmedizin üblich, als Tablette eingenommen wird.
- Diese Methode ist reine Zeit- und Geldverschwendung.

Magen-Darm-Forschung

Welche Auswirkungen haben Medikamente auf den Magen-Darm-Trakt?



TIM-1

Photo: Rutgers.edu

Untersuchung am Schwein

Um die Auswirkung bestimmter Stoffe auf den Magen-Darm-Trakt zu untersuchen, werden Schweinen künstliche Öffnungen in den Darm gelegt. Diese dienen den Forschern als Darmzugänge, durch welche während der laufenden Untersuchung von aussen durch die Körperwand hindurch Proben aus dem Darm genommen werden. Je nach Fragestellung wird der Magen-Darm-Trakt des Schweins vor der Untersuchung chirurgisch manipuliert, zum Beispiel indem ihnen die Gallenblase abgebunden wird.³⁷

- Der Magen-Darm-Trakt von Schweinen und Menschen unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich nicht auf den Menschen übertragen. Dazu kommt, dass Magen-Darm-Trakt-Manipulationen unnatürliche Bedingungen schaffen und keinesfalls die Gegebenheiten menschentypischer Krankheiten simulieren.
- Die Untersuchung am Schwein ist sehr belastend, langwierig und aufwendig.

Fortsetzung nach dem Shop

Ersatz- und Alternativmethode

schaltstelle für die Erregungsübertragung zwischen den Nervenzellen). Die Zellkulturen werden mit Neurokinen (Botenstoffe, die Informationen über die Synapse von einer Nervenzelle zur anderen weitergeben) behandelt. Die Übertragung dieser Botenstoffe kann nun genauestens nachvollzogen werden, da sich die elektrische Signalübertragung von Sender- zu Empfängernervenzellen feststellen und studieren lässt. Da Schmerzmittel den Zweck haben, diese Erregungsleitung zu erschweren, können sie durch Überprüfung des elektrischen Signals in der Empfängerzelle bewertet werden.

- Anders als im Tierversuch können *in vitro* verschiedene Zelltypen getrennt voneinander untersucht und so Schmerzentstehung und -weiterleitung genau studiert werden. Der Einsatz tierischer Nervenzellen verhindert jedoch, dass die Ergebnisse auf den Menschen übertragbar sind.³⁵

Simulatoren für die verschiedenen Verdauungsorgane

Beim Darmsimulator Colon-Simulationstechnik («Cositec») handelt es sich um eine Anlage, die aus mehreren Inkubationsgefässen besteht. Diese sogenannten Inkubationsgefässe sorgen dafür, dass die Stoffwechselprozesse zu kontrollierten Bedingungen, wie zum Beispiel ein darmcharakteristisches Mikroklima und darmtypische Temperatur, ablaufen können. Um zu untersuchen, wie sich bestimmte Stoffe auf den Darm auswirken, wird die Testsubstanz zusammen mit tierischem Darminhalt in die Gefässe gefüllt. Auf diese Weise werden die Stoffwechselprozesse im Darm nachgeahmt. Um die Verdauung und Resorption im Magen zu simulieren, wird unter anderem BioOK, ein Magensimulator, bei dem ebenfalls Schweinedarm zum Einsatz kommt, verwendet.^{38, 39}

- Zwar führt der Simulator zu aussagekräftigeren Ergebnissen als der Tierversuch, allerdings sind diese wegen der Verwendung von tierischem Material nicht auf den Menschen übertragbar.

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Tierversuchsfreie Methode

Aktivität der schmerzverarbeitenden Hirnregionen und kann dank der Bildgebung genau beobachtet werden. Die Wirksamkeit des Schmerzmittels lässt sich danach bewerten, wie schnell die erhöhte Aktivität der schmerzverarbeitenden Hirnregionen auf normalem Niveau ist. Stoffverhalten und Stoffwechselfvorgänge lassen sich bei Bedarf durch weitere tomographische Verfahren, wie Positronen-Emissionstomographie oder funktionelle Magnetresonanztomographie, untersuchen.

- + Dank moderner Bildgebung ist es möglich, direkt auf individuelle Schmerzmechanismen beim Menschen einzugehen.
- + Nicht bloss akuter, sondern auch chronischer Schmerz kann untersucht werden.
- + Da das Gehirn schmerzhafte Reize auch unter Betäubung registriert, können auch Schmerzmechanismen unter Narkose studiert werden.³⁶
- + Die Tomographie liefert sehr schnell aussagekräftige Ergebnisse.
- + Da die meisten Kliniken über Tomographen verfügen, müssen diese für die Forschung nicht extra angeschafft werden.

Gastrointestinal Models (TIM)

Das dynamische computergesteuerte In-vitro-Verdauungsmodell (TIM) macht es möglich, dass die menschliche Verdauung unter verschiedensten realitätsgetreuen Bedingungen untersucht werden kann. Das Verdauungsmodell besteht aus Modell TIM-1, welches Magen und Dünndarm mit all dessen Abschnitten (Zwölffinger-, Leer- und Krummdarm) darstellt, und Modell TIM-2, welches den Dickdarm simuliert. Die Hauptbestandteile von TIM-1 sind vier miteinander verbundene Reaktionsräume, welche Magen, Zwölffinger-, Leer- und Krummdarm simulieren. Das Herzstück von TIM-2 ist das Reaktionsgefäss, welches den Dickdarm darstellt.

Die Testsubstanz wird zusammen mit Speichelerersatz dem Gefäss, das den Magen simuliert, beigegeben. Entsprechend der menschlichen Verdauung passiert die Testsubstanz nach dem Magengefäss die verschiedenen Darmgefässe. Dabei wird die menschliche Verdauung im Magen-Darm-Trakt, unter Berücksichtigung individueller Bedingungen wie Peristaltik, Enzymvorkommen, Verdauungssaftsekretion und Magen-Darm-Füllung, simuliert. Unverdauliches wird von TIM-2 ausgeschieden.

Die Auswirkungen der Testsubstanz können in allen Verdauungsstadien untersucht werden. Abbauprodukte und Wechselwirkungen lassen sich durch beliebige Probenentnahmen aus den Gefässen oder Analyse der unverdaulichen Ausscheidungen untersuchen.⁴⁰

- + Je nach Auswahl der Parameter (Einsatz von gesunder oder kranker menschlicher Darmflora, Dosierung von Magen- und Pankreassaft, Galle, Speichelflüssigkeit und Enzymen) kann die Verdauung eines Menschen mit individuellem Bedürfnis (Alter, Krankheit) simuliert werden.
- + Dank TIM kann unter realistischen Bedingungen (besondere körperliche Bedingungen, bestimmte Krankheiten) die Wirkung von Substanzen, Nahrungsbestandteilen oder ganzen Menüs auf den menschlichen Magen-Darm-Trakt untersucht werden. Dabei

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Tierversuch

Fortsetzung Magen-Darm-Forschung

Krebsforschung

Wie verhalten sich Krebszellen hinsichtlich ihrer Ausbreitung?

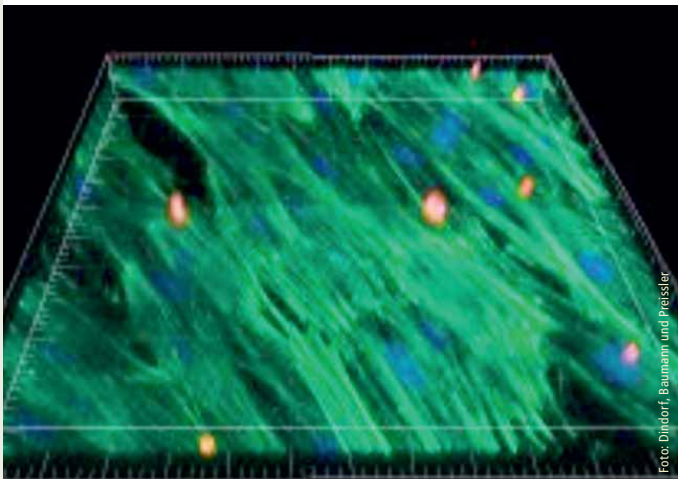


Foto: Dindorf, Baumann und Preisler

Zellkultur auf einem Biochip (Modell)

Parkinson-Forschung

Wie lässt sich die Parkinson-Krankheit behandeln?

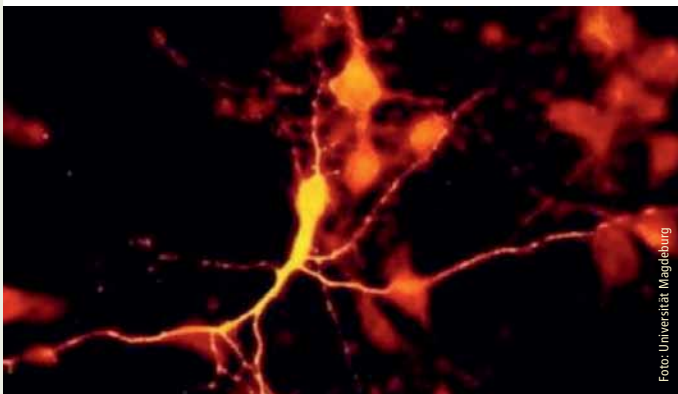


Foto: Universität Magdeburg

Nahaufnahme einer Nervenzelle

Krebsmodell Maus

Um das Verhalten von menschlichen Krebszellen studieren zu können, werden Mäusen menschliche Tumorzellen implantiert. Da ein gesunder Organismus die fremden Zellen abstossen würde, werden genmanipulierte Mäuse eingesetzt. Als Krebsmodell eignen sich vor allem Mäuse mit angezüchteter Immunschwäche, da diese die fremden Zellen nicht abstossen, sondern riesige Tumore entwickeln. Nun werden das Verhalten der Tumore und die Metastasenbildung beobachtet. Die Maus wird getötet und die Tumorzellen untersucht.⁴²

- Das Mäuse-Krebsmodell liefert realitätsfremde Ergebnisse. Die Krankheitsentstehung durch «Krebsinjektion» entspricht in keiner Weise den Vorgängen, wie sie beim Menschen vorkommen. Der Einsatz genmanipulierter Tiere relativiert die Ergebnisse zusätzlich.
- Dieser Versuch kostet unzählige Leben. Für die Herstellung transgener Tiere wird sehr viel Geld und Zeit verschwendet. Das Experiment an sich – in diesem Fall die «Krebszucht» – ist nochmals sehr zeitintensiv.

Forschung an Primaten

Die Parkinson-Forschung mittels Tierversuch betreibt ihre Forschung an Tieren, indem sie durch die Injektion von Nervengift die Symptome der Parkinson-Krankheit simuliert.

Dazu wird Affen MPTP, ein Nervengift, welches bei der fehlerhaften Herstellung von synthetischem Heroin entsteht, injiziert.⁴⁹ MPTP zerstört die Zellen, die für die Herstellung des Neurotransmitters Dopamin zuständig sind. Als Folge zeigen die Tiere den Parkinson-typischen Dopaminmangel mit den Symptomen wie Bewegungsprobleme, übermässiger Speichelfluss und erhöhte Muskelaktivität. Anschliessend werden den Affen Elektroden in die primäre motorische Hirnrinde implantiert oder/und Substanzen injiziert und deren Auswirkungen auf die Parkinson-ähnlichen Symptome beobachtet. Abschliessend wird das Gehirn entnommen und untersucht.⁵⁰

- Beim Tierversuch werden die Krankheitsmechanismen selbst ausser acht gelassen. Die Untersuchung simulierter Parkinson-ähnlicher Symptome bei Affen liefert keine aussagekräftigen, auf den Menschen übertragbaren Ergebnisse.
- Primatenexperimente sind sehr teuer und langwierig.

Ersatz- und Alternativmethode

Tierversuchsfreie Methode

Krebsmodell Zebrafisch

Als Krebsmodell dient hier der genmanipulierte Zebrafisch. Durch gezielte Züchtung kann dieser keine Pigmente bilden, wodurch sämtliche Organe durch seine transparente Haut hindurch einsehbar sind.

Um das Verhalten menschlicher Krebszellen im Zebrafisch studieren zu können, werden diese mittels Injektion eingebracht. Die Krebszellen können von aussen durch die Haut beobachtet werden. Schlussendlich wird das Tier getötet, die Zellen entnommen und untersucht.^{43, 44}

- Obwohl es sich bei dieser Alternative ganz klar um einen belastenden Tierversuch handelt, entspricht der Wechsel von Maus zu Fisch in diesem Fall dem 3R-Prinzip.^{45, 46}
- Wie das Mäuse-Krebsmodell liefert auch das Zebrafisch-Krebsmodell keine auf den Menschen übertragbaren Ergebnisse.

- können realistisches individuelles Essverhalten und verschiedene Magen-Darm-Füllungszustände simuliert werden.
- + Dieses Modell liefert aussagekräftige und genaue Ergebnisse. Die Verfügbarkeit und die Auswirkungen eines Stoffes können genau verfolgt und bestimmt werden.⁴¹
- + TIM ermöglicht eine zielgerichtete, schnelle und, einmal etabliert, auch kostengünstige Forschung.

Zellmodellierung auf Biochips

Diese Technik ermöglicht der Forschung, die noch unbekanntes molekulare Mechanismen der Kommunikation zwischen Tumor- und gesunden Zellen zu untersuchen. Die Mechanismen der Metastasierung lassen sich mit Hilfe dieses Zellkommunikations-Modells lebenssecht erforschen. Um die Zellkommunikation zwischen Krebszellen und Zellen prämetastatischer Nischen erforschen zu können, werden menschliche Zellen auf speziellen Zellträgern, sogenannten Biochips, in Bioreaktoren kultiviert. Prämetastatische Nischen sind die Stellen im Körper von Krebspatienten, die sich sozusagen im Stadium vor der Bildung von Metastasen befinden. Tumorzellen sorgen mit Botenstoffen dafür, dass sich eigentlich noch gesundes Gewebe so verändert, dass sich Krebszellen später an diesem bestimmten Ort ansiedeln können, um Metastasen zu bilden.

Die Interaktionen zwischen Krebs- und gesunden Zellen und die Entstehung von Metastasen können dank dieser Methode unter den Bedingungen, wie sie auch beim menschlichen Krebspatienten gegeben sind, erforscht werden.^{47, 48}

- + Dank der Zellmodellierung auf Biochips kann die Entstehung von Metastasen unter menschentypischen Bedingungen erforscht werden.
- + Diese Technik liefert aussagekräftige, genaue und reproduzierbare Ergebnisse.
- + Diese Methode ist kosten- und zeitsparender als Tier-Krebsmodelle

Gold-Nanopartikel-Zellmarkierung in Tieren

Auch bei dieser Methode müssen zuerst die Symptome der Parkinson-Krankheit durch die Injektion von Nervengift simuliert werden.

Anschliessend werden Zellen des im Versuch verwendeten Tieres mit Gold-Nanopartikeln versehen. Die Gold-Nanopartikel dienen als Zellmarkierung und sorgen dafür, dass das Verhalten der markierten Zellen langfristig mittels Röntgenbildverfahren beobachtet werden kann.

Diese Methode ermöglicht es den Forschern, den Einfluss verschiedener Behandlungsstrategien auf die Zellen eines Tiers mit Parkinson-ähnlichen Symptomen zu studieren.

- Um das Zellverhalten verfolgen zu können, werden die Tiere üblicherweise zu verschiedenen Zeitpunkten getötet. Durch die Nanopartikel-Zellmarkierung kann das Geschehen von aussen her beobachtet werden, weshalb bei dieser Methode vergleichsweise weniger Tiere getötet werden. Jedoch liefert auch diese Methode keine übertragbaren, menschenbezogenen Erkenntnisse.⁵¹

Humane Nervenzellkultur

Dank dieser Methode lässt sich genau der Typ menschlicher Hirnzellen studieren, der bei der Parkinson-Krankheit degeneriert und verantwortlich für die Parkinsonsymptome ist.

Diese speziellen Nervenzellen lassen sich aus Hautzellen von Parkinson-Patienten, die an einer Mutation des Parkin-Gens leiden, anzüchten. Anhand der Zellkulturen lässt sich nun unter anderem erforschen, wie die für die Parkinson-Krankheit typische Dopamin-Funktionsstörung zustande kommt und wie dem entgegengewirkt werden kann.

- + Die Forschung an humaner Zellkultur liefert aussagekräftige, realitätsbezogene Ergebnisse.
- + Die jetzt verfügbaren Parkinson-Neuronen erleichtern die Suche nach neuen Medikamenten und die Entwicklung neuer Behandlungsmethoden, die für die diversen Formen der Parkinson-Krankheit einsetzbar sein könnten. Die weitere Erforschung des Parkin-Gens ist ebenfalls vielversprechend.^{52, 53}
- + Diese Methode ist nicht nur sinnvoller, sondern auch schneller und günstiger als Versuche an Tieren.

Wieso überhaupt noch Tierversuche und gleichwertige Alternativmethoden durchgeführt werden

Im Grunde genommen geht es vor allem um Gewohnheit, Bequemlichkeit und Geld.

Tierversuche sind in der Forschung ganz einfach der «Goldstandard» – man hat es schon immer so gemacht und macht es auch in Zukunft so.

Goldstandard Tierversuch

In Forscherkreisen sind Tierversuche seit langem fest etabliert und geniessen ein bedeutend höheres Ansehen als tierversuchsfreie Forschungsmethoden.

Der Tierversuch ist in den allermeisten Labors seit vielen Jahren ein sehr wichtiger Bestandteil. Für diese Forscher ist es undenkbar, auf Tierversuche zu verzichten.

Aus Angst, nicht mehr «dazuzugehören», kommt es für Tierversuchsbefürworter kaum je in Frage, vom Tierversuch auf tierversuchsfreie Forschung umzustellen. Nicht nur, dass sich diese Forscher dann eingestehen müssten, dass ihre bisherige Forschung sinnlos war – da die tierversuchsfreien Forschungsmethoden weit anspruchsvoller als Tierversuche sind, müssten diese Forscher auch anerkennen, dass ihr Know-how nicht den Anforderungen der modernen Forschung entspricht.

Gesetzgebung und Finanzierung

Dementsprechend sehen auch die heutigen Regelungen und Gesetze aus.

Dank des grossen Einsatzes der Tierversuchslobby sind die Konzerne, die ihre Produkte am Tier testen, gesetzlich vor Regressansprüchen geschützt. Sie können dadurch nicht haftbar gemacht werden, falls sich das Produkt als schädlich für den Menschen herausstellt. Da die Nicht-

übertragbarkeit von Tierversuchsergebnissen erwiesen ist, schützt dieses Gesetz den Hersteller sogar dann, wenn sich das Produkt bereits im Tierversuch als schädlich herausgestellt hatte.^{54, 55}

Hinzu kommt, dass es der tierversuchsfreien Forschung an finanziellen Mitteln fehlt.

In der Schweiz unterstützen Bund und Kantone die Tierversuchsforschung jährlich mit mehreren hundert Millionen Franken Steuergeld. An die 3R-Forschung gehen knapp 400 000 Franken. Explizit tierversuchsfreie Forschungsmethoden werden vom Bund nicht gefördert.⁵⁶

Validierung

Auch die in bestimmten Forschungsbereichen vorgeschriebene Validierung verhindert eine sinnvolle Forschung. Die Validierung dient der Überprüfung und Bewertung neuer Forschungsmethoden. Jedoch dienen zur Bewertung nicht etwa bekannte Daten aus der Humanmedizin, sondern Tierversuchsergebnisse. Die «Validierungsvereinbarung» besagt, dass die zu überprüfende Forschungsmethode mit den Ergebnissen eines entsprechenden Tierversuches übereinstimmen muss, um anerkannt zu werden.^{57, 58}

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine tierversuchsfreie Forschungsmethode aner-

kannt wird, ist sehr gering. Da die Ergebnisse aus Tierversuchen selten einheitlich sind, ist es beinahe unmöglich, eine entsprechende Forschungsmethode zu entwickeln, die zu denselben Ergebnissen führt.⁵⁹

In Anbetracht der Tatsachen, dass die Nichtübertragbarkeit von Tierversuchsergebnissen auf den Menschen wissenschaftlich erwiesen ist und dass der Tierversuch selbst nie «validiert» wurde, erscheint es mehr als absurd, dass sich eine tierversuchsfreie Methode am unzuverlässigen Tierversuch messen lassen muss.

Es ist offensichtlich, dass Tierversuche und gleichwertige Ersatz- und Alternativmethoden in vielerlei Hinsicht gefährlich sind. Abgesehen davon, dass Tierversuche zu fehlerhaften Forschungsergebnissen führen, verhindern sie wissenschaftliche Fortschritte, indem sie den Einsatz erfolgversprechender tierversuchsfreier Forschungsmethoden behindern.

Damit in der Medizin Fortschritte erzielt werden können, muss sich die Wissenschaft am Menschen orientieren und dabei die Ursachenforschung und die Vorbeugung gegen Krankheiten in den Vordergrund stellen.

- Marietta Haller, Biologiestudentin

Quellenverzeichnis:

- ¹ Innovation Stagnation. Challenge and Opportunity on the Critical Path to New Medical Products. U.S. Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration (FDA), 2004, S.8
- ² Crawford, Lester M: Speech before PhRMA Annual Meeting. FDA (U.S. Food and Drug Administration), 2004
- ³ FDA Drug Review: Postapproval Risks 1975-1985. U.S. General Accounting Office, Washington D.C.
- ⁴ Hartung T.: Toxicology for the twenty-first century. Nature. 2009 Jul 9; 460(7252):208-12.
- ⁵ <http://www.agstg.ch/fragen-und-antworten-zu-tierversuchen.html>
- ⁶ Perel P, Roberts I, Sena E, Wheble P, Briscoe C, Sandercock P: Comparison of treatment effects between animal experiments and clinical trials: systematic review. BMJ, 2007, 334 (7586): 197.
- ⁷ Pound P, Ebrahim S, Sandercock P, Bracken MB, Roberts I: Where is the evidence that animal research benefits humans? BMJ, 2004, 328: 514-517
- ⁸ http://www.aerzte-gegen-tierversuche.de/images/infomaterial/woran_soll_man_testen.pdf, Zugriff: 30/2011
- ⁹ Hejazi S. Gefäßchirurgie – ein historischer Rückblick. Hessisches Ärzteblatt 2001(8/2001):379-381
- ¹⁰ <http://www.interpharma.ch/biotechlerncenter/de/Tierversuche.asp>
- ¹¹ Gauduin, M. C.; Parren, P. W.; Weir, R.; Barbas, C. F.; Burton, D. R. und Koup, R. A.: Passive immunization with a human monoclonal antibody protects hu-PBL-SCID mice against challenge by primary isolates of HIV-1. Nat Med, 1997, 3(12), S.1389-1393
- ¹² Diseases, National Institute of Allergy and Infectious: Clinical Trials of HIV Vaccines. URL: <http://niaid.nih.gov/factsheets/clinsch.htm>, National Institutes of Health. U.S. Department of Health and Human Services, Abruf: 25.09.2008
- ¹³ <http://www.forschung3r.ch/de/information/index.html>, Zugriff: 35/2011.
- ¹⁴ <http://newsroom.interpharma.ch/blutgefuesseforschung-tumore-und-tierversuche>, Zugriff: 06/2012
- ¹⁵ http://www.aerzte-gegen-tierversuche.de/images/infomaterial/woran_soll_man_testen.pdf, Zugriff: 15/2011
- ¹⁶ C. Kilkenny, N. Parsons, E. Kadyaszewski, M.F. Festing, I.C. Cuthill, D. Fry, J. Hutton and D.G. Altman: «Survey of the quality of experimental design, statistical analysis and reporting of research using animals». PLoS One vol. 4, no. 11, 2009.
- ¹⁷ «Analyse – Weltgrösste Untersuchung zur wissenschaftlichen Qualität von Tierversuchen» unter: <http://www.agstg.ch/magazin/wissenschaftliche-qualitat-von-tierversuchen.html>
- ¹⁸ http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20111085, Zugriff 09/2012
- ¹⁹ <http://www.sueddeutsche.de/wissen/transgene-tiere-leuchten-fuer-die-aids-forschung-1.1141891>, Zugriff: 48/2011
- ²⁰ <http://www.savetheprimates.org/primatban/germansummary/zusammenfassung-primaten-ersetzen>, Zugriff: 05/2012
- ²¹ http://www.aerzte-gegen-tierversuche.de/images/infomaterial/woran_soll_man_testen.pdf, Zugriff: 30/2011
- ²² http://www.zet.or.at/subnode,4,107,de,Reduce_reduzieren,infocenter.php, Zugriff: 50/2011
- ²³ <http://hirnforschung.kyb.mpg.de/methoden/mrs.html>, Zugriff: 02/2012
- ²⁴ http://www.aerzte-gegen-tierversuche.de/images/infomaterial/woran_soll_man_testen.pdf, Zugriff 04/2012
- ²⁵ <http://home.datacomm.ch/germline/Seite311Material.htm>, Zugriff: 02/2012
- ²⁶ <http://www.datenbank-tierversuche.de/x-standard/popup.php4?mode=gemeinsam&submode=tierversuch&&id=13>, Zugriff: 15/2011
- ²⁷ <http://www.datenbank-tierversuche.de/x-standard/popup.php4?mode=gemeinsam&submode=tierversuch&&id=44>, Zugriff: 03/2012
- ²⁸ <http://www.bionity.com/de/news/80573/hepatox-neues-leberkulturmodell-zur-vorhersage-von-arzneistoff-nebenwirkungen.htm>, Zugriff: 09/2012
- ²⁹ <http://www.datenbank-tierversuche.de/x-standard/popup.php4?mode=gemeinsam&submode=tierversuch&&id=19>, Zugriff: 48/2011
- ³⁰ <http://www.versuchstier-des-jahres.de/2009/herstellung.htm>, Zugriff: 06/2012
- ³¹ <http://www.invitrojobs.com/index.php/de/aktuelles-archiv/87-quantensprung-im-nachweis-von-pyrogenen-setzt-neue-massstaebe-im-tierschutz.html>, Zugriff: 12/2011
- ³² <http://www.invitrojobs.de/index.php/de/aktuelles-archiv/149-ag-im-potrait-klinisches-forschungslabor-kinderherzchirurgie.html>, Zugriff: 12/2011
- ³³ <http://www.datenbank-tierversuche.de/x-standard/popup.php4?mode=gemeinsam&submode=tierversuch&&id=19>: Zugriff: 43/2011
- ³⁴ <http://www.datenbank-tierversuche.de/perspektiven/index.php4?mode=gemeinsam&submode=one&id=24&printmode=yes&PHPSESSID=595abbba0b312727751bd12913dbb20b&HPSESSID=595abbba0b312727751bd12913dbb20b>, Zugriff: 48/2011
- ³⁵ <http://www.datenbank-tierversuche.de/x-standard/popup.php4?mode=gemeinsam&submode=tierversuch&&id=24>, Zugriff: 48/2011
- ³⁶ <http://www.organische-chemie.ch/chemie/2008jan/schmerzforshung.shtm>, Zugriff: 48/2011
- ³⁷ <http://www.versuchstier-des-jahres.de/2010/tierversuche-beispiele.htm>, Zugriff: 20/2011
- ³⁸ <http://www.versuchstier-des-jahres.de/2010/tierversuchs-ersatzverfahren-magen-darm.htm>, Zugriff: 20/2011
- ³⁹ http://elib.tiho-hannover.de/dissertations/kuhnm_ss09.html, Zugriff: 05/2012
- ⁴⁰ http://www.ernaehrungs-umschau.de/media/pdf/pdf_2007/08_07/EU08_450_455.qxd.pdf, Zugriff: 05/2012
- ⁴¹ http://www.tno.nl/content.cfm?context=thema&content=markt_product&laag1=891&laag2=195&laag3=320&item_id=1100&taal=2, Zugriff 02/2012
- ⁴² <http://www.datenbank-tierversuche.de/x-standard/popup.php4?mode=gemeinsam&submode=tierversuch&&id=32>, Zugriff: 50/2011
- ⁴³ <http://www.zeit.de/2009/34/N-Zebrafische/seite-1>, Zugriff: 07/2012
- ⁴⁴ <http://www.netzeitung.de/genundmensch/225831.html>, Zugriff: 07/2012
- ⁴⁵ <http://newsroom.interpharma.ch/tags/tierversuche-3r>, Zugriff: 08/2012
- ⁴⁶ <http://newsroom.interpharma.ch/blutgefuesseforschung-tumore-und-tierversuche>, Zugriff: 08/2012
- ⁴⁷ <http://www.heilpraxisnet.de/naturheilpraxis/krebsforschung-ohne-tierversuche-praemiert-2787.php>, Zugriff: 35/2011
- ⁴⁸ http://www.kit.edu/besuchen/pi_2011_7833.php, Zugriff: 35/2011
- ⁴⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/MPTP>, Zugriff: 20/2011
- ⁵⁰ <http://www.curado.de/Parkinson/Parkinson-Stimulation-der-primären-motorischen-Hirnrinde-eine-neue-Therapieoption-595/>, Zugriff: 17/2011
- ⁵¹ http://www.tierrechte-bw.de/index.php?option=com_content&view=article&id=563:verleihung-des-forschungspreises-fuer-ersatz-und-ergaenzungsmethoden-zum-tierversuch-2010-&catid=71:forschungspreis-bw&Itemid=95, Zugriff: 18/2011
- ⁵² <http://www.invitrojobs.com/index.php/de/aktuelles-archiv/255.html>, Zugriff: 43/2011
- ⁵³ http://www.wissenschaft-aktuell.de/artikel/Parkinson_Aus_Hautzellen_erzeugte_Hirnzellen_erleichtern_die_Forschung1771015588264.html, Zugriff: 08/2011
- ⁵⁴ www.kosmetik-ohne-tierversuche.ch/de/tierversuche, Zugriff: 03/2012
- ⁵⁵ <http://aerzte-gegen-tierversuche.de/infos/tierversuchsfreie-forschung/110-forschung-ohne-tierleid>, Zugriff: 05/2012
- ⁵⁶ http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20111085, Zugriff: 06/2012
- ⁵⁷ <http://www.zet.or.at/subnode,4,247,de,Prozess%20zur%20Anerkennung%20einer%20Alternativmethode,infocenter.php>, Zugriff: 03/2012
- ⁵⁸ <http://www.forschung3r.ch/de/information/index.html>, Zugriff: 03/2012
- ⁵⁹ <http://aerzte-gegen-tierversuche.de/infos/tierversuchsfreie-forschung/762-huerde-validierung.html>, Zugriff: 03/2012