

Biologische Risiken im Kanton Zürich:

Biotechnologie und Störfallvorsorge

Wer in den bisherigen Ausgaben der ZUP den Bereich der Störfallvorsorge verfolgt hat, könnte den Eindruck gewinnen, die Störfallvorsorge im Sinne der Störfallverordnung (StfV) beschränke sich auf Betriebe mit chemischem Gefahrenpotential. Schon der erste Artikel der StfV weist jedoch darauf hin, dass die StfV auch für Betriebe gilt, die Mikroorganismen (MO) in einem geschlossenen System verwenden. Im Kanton Zürich fallen zur Zeit 29 Betriebe wegen MO unter die StfV,

dies sind mehrheitlich Forschungslaboratorien der Universität, des Universitätsspitals sowie der ETH Zürich.

Im folgenden Beitrag führen wir in die komplexe Beziehung zwischen Mensch und Mikroorganismen (MO) ein, zeigen das mögliche Gefahrenpotential im Umgang mit MO für Bevölkerung und Umwelt auf und beschreiben die Schutzmassnahmen, die im Kanton Zürich diesbezüglich getroffen werden.

**Redaktionelle Verantwortung
für diesen Beitrag:
Direktion des Innern
Koordinationsstelle für Störfallvorsorge
Daniel Fischer
8090 Zürich
Telefon 01 291 41 41**



Zeichnung: Martin Hulliger, Safenwil

STÖRFALLVORSORGE



Abb. 1: Gefahrensignet Biologie

Menschen und Biotechnologie

Mikroorganismen

Mikroorganismen (MO) sind mikroskopisch kleine Lebewesen, die, wie der Name schon signalisiert, erst unter dem Mikroskop als Individuen zu erkennen sind. Während unter dem Begriff Mikroorganismen im «klassischen» Sinn Bakterien, Protozoen (z.B. Amöben), Pilze und Algen gemeint waren, versteht man unter MO heute grundsätzlich alle zellulären und nichtzellulären mikrobiologischen Einheiten, die zur Vermehrung oder Weitergabe von genetischem Material fähig sind. Damit werden auch Zellkulturen, Parasiten, Viren, Prionen und weiteres, biologisch aktives Erbmaterial (z.B. Plasmide, Viroide) erfasst.

Bis heute wurden weit über 100 000 verschiedene Arten beschrieben. MO besiedeln

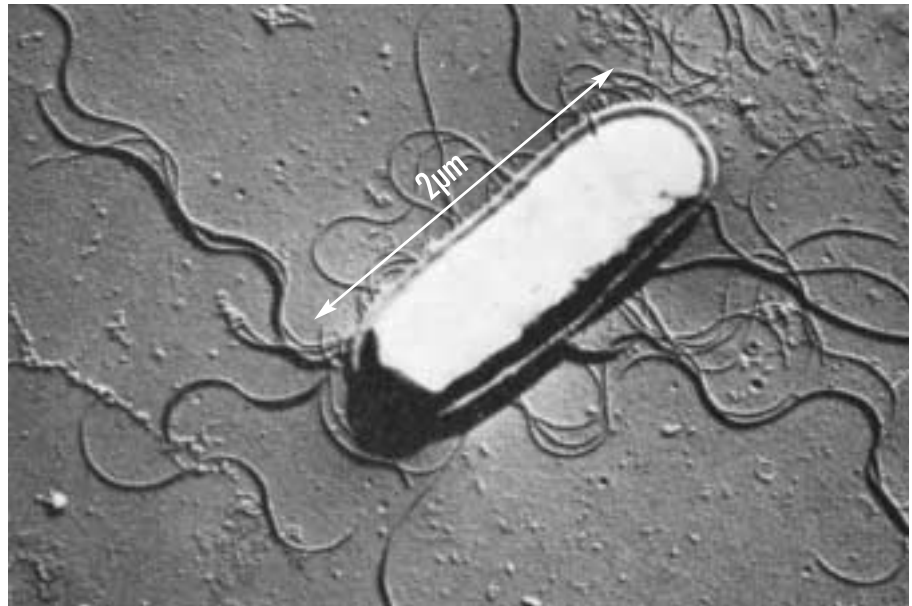


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme von einem begeißelten Stäbchenbakterium. Die Länge beträgt ungefähr 2 Mikrometer

Foto: Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Zürich

annähernd alle Substrate und Oberflächen. Also auf dem Boden, auf dem Tisch, an der Wand, in der Luft, im Wasser, auf unserer Haut – überall finden sich unzählige MO – die sogenannte mikrobiologische Normalflora (siehe Abb. 3 und 4). Die Artenvielfalt ist auch auf kleinstem Raum überraschend gross; so lassen sich in jedem Kubikzentimeter Blumentopferde über hundert verschiedene Pilz- und Bakterienarten isolieren – und alle erfüllen ihre spezielle (uns meist unbekannte) Aufgabe im System.

So verschiedenartig die MO-Populationen in unserem Lebensraum sind, so vielfältig sind auch ihre Funktionen. Einige wenige Arten haben allerdings eine für uns Menschen besonders wichtige Bedeutung: Einerseits sind viele Krankheiten auf den Einfluss von MO zurückzuführen, denken wir nur an Pest, Grippe, AIDS oder Tuberkulose. Andererseits sind wir auf gewisse MO dringend zum Überleben angewiesen: Die menschliche Verdauung beispielsweise wäre ohne die Unterstützung der nützlichen Bakterien im Darm völlig undenkbar.

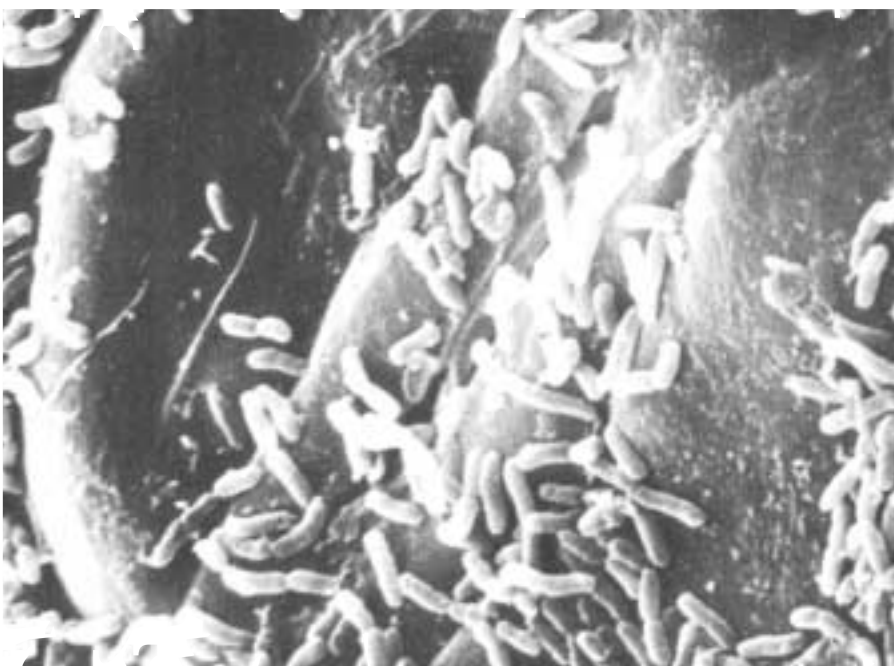


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Abbildung von Stäbchenbakterien auf der Oberfläche von einzelnen Gewebefasern.

Foto: Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Zürich

Biotechnologie

Den gezielten Umgang mit MO, also die Schaffung von geeigneten Lebensräumen, damit diese gut wachsen können, oder die Steuerung von deren Populations-Zusammensetzung, praktizierten schon unsere frühen Vorfahren, beispielsweise bei der Weinherstellung mittels Hefen. Allerdings wussten diese frühen Mikrobiologen noch nichts über die Existenz einzelner MO und nichts über den kausalen Zusammenhang zwischen dem Wachstum der MO und dem gewünschten Effekt.

Zwar wurde bereits im Mittelalter bei kriegerischen Auseinandersetzungen die gegnerische Festung mittels geeignetem Inokulum* (Pestleichen als Wurfgeschoss) erfolgreich infiziert. Die Feldherren hatten dieses Verfahren jedoch noch nicht so im Griff, eine Pestepidemie war die Folge.

Als mögliche Ursache von Infektionskrankheiten vermuteten die damaligen For-

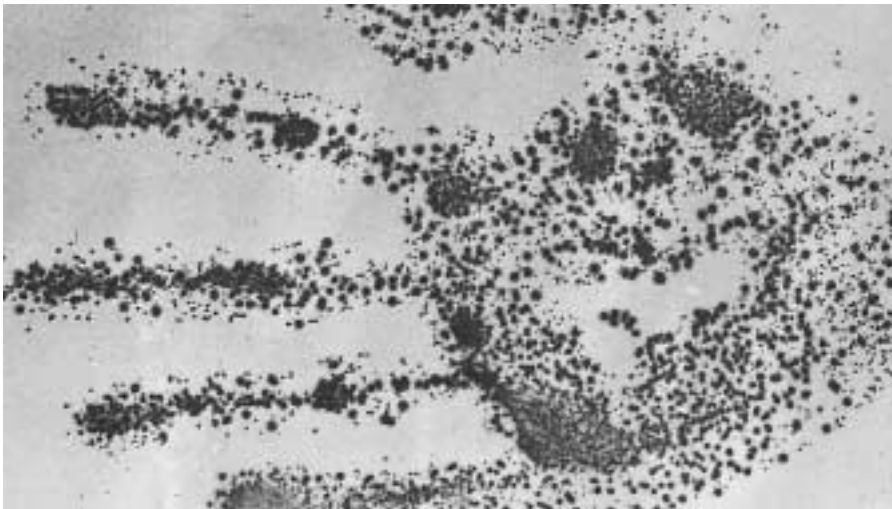


Abb. 4: Handabklatsch auf sterilem Agarmedium. Eine nicht gewaschene Hand wird auf ein festes Nährmedium gedrückt. Einzelne Bakterien bleiben auf dem Agar kleben. Nach 3 Tagen bei Raumtemperatur ist überall dort, wo die Haut das Medium berührt hat, eine Bakterienkultur gewachsen.

Foto: Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Zürich

scher eher die «verhexte» Luft (Miasmenlehre) oder ein heimtückisches Pestmännchen als kleine, aber wirklich existierende Erreger. Auch später, als Impfkationen gegen die Pocken bereits erstaunliche Erfolge zeigten – Napoleon liess beispielsweise schon 1807 seine Truppen vakzinieren* –, wusste niemand so recht, wie diese Immunisierung funktionierte.

Obwohl schon Ende 17. Jh. mittels eines einfachen Mikroskops erstmals Bakterien beschrieben wurden, setzte sich die Idee, dass MO aktive, sich reproduzierende und ihre Umgebung beeinflussende Lebewesen sein könnten, erst vor etwas über hundert Jahren durch. Zwar stellte man an offenen Wunden von verstorbenen Personen Bakterien fest, doch entstanden diese nach damaliger Lehrmeinung aus toter, organischer Materie. Diese

Glossar

Antibiotika	Zum Beispiel Penicillin. Antibiotika wirken nur gegen nichtresistente Bakterien (und überhaupt nicht gegen Viren).
CJD	Die Creutzfeldt-Jacob-Krankheit führt zum Verfall von geistigen und motorischen Funktionen und wird wahrscheinlich durch ein falsch gefaltetes Prion-Protein verursacht. Trifft pro Jahr einen von 1 Million Menschen, meist ältere Opfer. In England wird seit einem Jahr gehäuft das Auftreten einer CJD-ähnlichen Krankheit bei jüngeren Personen beobachtet. Es wird vermutet, dass sich diese mit dem Erreger der BSE-Krankheit von Rindern angesteckt haben.
dual-use	Eigenschaft von Produkten, die ohne grössere Veränderungen sowohl für rein zivile wie auch für militärische Zwecke benutzt werden können, beispielsweise die Sicherheitswerkbanken.
Fermenter	Geschlossene Anlage für die Massenkultur von MO in Forschung und Industrie.
Freisetzungsversuch	Jeder Umgang mit Organismen in der Umwelt (zu Forschungs- oder Entwicklungszwecken oder anderen Zwecken) mit Ausnahme des Inverkehrbringens.
Geschlossenes System	Eine Einrichtung, die durch physikalische Schranken oder durch eine Kombination physikalischer mit chemischen oder biologischen Schranken den Kontakt der Organismen mit Mensch oder Umwelt begrenzt oder verhindert.
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen: Organismen, deren genetisches Material so verändert worden ist, wie dies unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt.
Inokulum	Impfkultur. Die Menge einer Reinkultur von MO, die ausreicht, um die MO auf einem neuen Substrat auf- und weiterzuzüchten.
Inverkehrbringen	Abgabe von Organismen an Dritte, insbesondere das Verkaufen, Tauschen, Schenken, Vermieten, Verleihen und Zusenden zur Ansicht.
klonieren	Durch künstlich herbeigeführte ungeschlechtliche Vermehrung genetisch identische Exemplare von Lebewesen herbeiführen. Es ist weder in der StfV, noch in den neuen Verordnungen über Biotechnologie geregelt. Auch die Genschutzinitiative verbietet die Herstellung von klonierten Schafen (Dolly) nicht.
Mikrometer (µm)	Der tausendste Teil eines Millimeters. Die meisten Bakterien sind zwischen 0,5 und 3 µm klein, Viren nochmals 10- bis 15mal kleiner.
Pandemie	Eine sich weit verbreitende, ganze Länder oder Landstriche erfassende Seuche, also eine sehr grosse Epidemie.
pathogen	Eigenschaft, bei Pflanzen, Tieren oder Menschen eine Krankheit verursachen zu können.
Prionen	Ein Eiweiss, das eine normale und eine krankheitsverursachende räumliche Anordnung (Faltung) haben kann. Letztere gilt als infektiös.
Risiko	Wird bestimmt durch das Ausmass der möglichen Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt infolge von Störfällen und der Wahrscheinlichkeit, mit der diese eintreten.
Sicherheitsmassnahmen	Bauliche, technische, organisatorische und personelle Einschliessungs- und Überwachungsmassnahmen, die beim Umgang mit gentechnisch veränderten oder pathogenen Organismen zum Schutz von Mensch und Umwelt notwendig sind.
SKBS	Schweizerische Kommission für biologische Sicherheit (private Trägerschaft): Sie registriert alle Versuche mit gentechnisch veränderten Organismen in der Schweiz. Sie wird 1997 durch die EFBS und die Meldestelle des Bundes (BUWAL) abgelöst.
Umgang	Als Umgang gilt jede Tätigkeit im Zusammenhang mit Organismen, insbesondere das Vermehren, Verändern, Ein-, Aus- oder Durchführen, Inverkehrbringen, Verwenden, Lagern, Transportieren oder Entsorgen.
Vakzine	Impfstoffe. Wenn Pustelinhalte von der harmlosen Kuhpocken-Krankheit (Kuh = vacca lat.) einem gesunden Menschen inokuliert werden, ist dieser nachher gegen den echten Pockenvirus geschützt.
Zellkulturen	In-vitro-Vermehrungen von Zellen, die aus vielzelligen Organismen isoliert wurden.

Kriegführung mit Mikroorganismen?

Mikroorganismen als Waffe von David gegen Goliath? Viele Kleinstaaten, für welche Atomwaffen ausserhalb der «Reichweite» liegen, könnten in Versuchung geraten, Mikroorganismen als biologische Waffe im Kriegsfall einzusetzen. Obwohl 1972 113 Staaten eine Konvention unterschrieben haben (die Schweiz ratifizierte sie 1976), welche Entwicklung, Herstellung, Einsatz und Weitergabe von biologischen Waffen verbietet, ist nicht auszuschliessen, dass beispielsweise die Länder Iran, Irak, Libyen, Syrien oder Nordkorea biologische Kampfstoffe entwickeln und lagern. Zudem traut man vermehrt terroristischen Organisationen oder extremen Sekten Aktivitäten in diesem Bereich zu.

Die Entwicklung und der Einsatz von Mikroorganismen und Toxinen ist auch geschichtlich bereits belegt: Bei der Belagerung der Genuesen-Stadt Kaffa auf der Krim im Jahre 1346 schleuderten die belagernden Tataren ihre Pesttoten in die Stadt. Als Folge starben viele Bewohner an der Krankheit, und die übrigen flohen infiziert in ihre italienische Heimat, von wo aus sich die Pest rasant verbreitete und Millionen von Menschenleben kostete.

Im Jahre 1763 wurden Wolldecken aus einem Pockenspital an Indianer abgegeben mit der Absicht, die Krankheit unter den Eingeborenen zu verbreiten. Milzbrand, ein Bakterium, das beim Menschen mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Tod führt, wurde durch die Engländer im Zweiten Weltkrieg für Versuche auf einer kleinen Insel vor Schottland freigesetzt. Die Sporen dieses Bakteriums waren derart stabil, dass erst nach 40 Jahren die Insel so weit entseucht werden konnte, dass heute darauf wieder Schafe weiden können. Die Japaner führten im Zweiten Weltkrieg Versuche mit Milzbrand an Gefangenen durch, welche den Versuchen zu Tausenden zum Opfer fielen. Gemäss einer Studie würde das Absprühen von 50 kg Milzbranderreger über einer Stadt mit 500 000 Einwohnern zu ca. 60 000 Erkrankungen führen, wovon 24 000 tödlich verliefen.

Der einzige dokumentierte Kriegseinsatz von biologischen Kampfstoffen in diesem Jahrhundert geschah in den vierziger Jahren, als Japan Pestbakterien gegen China einsetzte.

1984 erkrankten in Oregon (USA) 750 Personen, nachdem ein Mitglied der Bhagwan-Sekte Salmonellen in Salattheben von vier benachbarten Restaurants aussetzte. Die Bakterien wurden in Labors auf dem Gelände der Sekte gezüchtet.

Irak hat mittlerweile gestanden, 1991 während des Golfkriegs Scud-Raketen mit biologischen Kampf-

stoffen besessen zu haben. Die Angst der israelischen Zivilisten, die während Wochen im Freien Gasmasken trugen, war daher nicht unbegründet.

Im Oktober 1992 reisten 40 Mitglieder der Aum-Sekte (Sarinanschlag in der U-Bahn von Tokyo 1995) nach Zaire, um angeblich den Ebola-Opfern zu helfen. Die wahre Absicht war jedoch, gemäss dem ständigen Untersuchungsausschuss des US-Senates, die Beschaffung und Kultivierung von Virusproben zur Herstellung einer biologischen Waffe. Grundsätzlich unterscheidet man folgende «Sorten» von biologischen Kampfstoffen:

- Viren (Pocken, Gelbfieber, Ebolavirus usw.)
- Bakterien (Pest, Milzbrand, Q-Fieber...)
- Toxine (durch Mikroorganismen ausgeschiedene Giftstoffe) wie Botulin.

Der Einsatz von biologischen Kampfstoffen kann sehr verlockend wirken, hat doch ein Gramm eines Toxins beispielsweise ein Tötungspotential von bis zu 100 000 oder sogar einer Million Menschen, während ein Gramm eines hochwirksamen chemischen Kampfstoffes im Extremfall rund 500–1000 Menschen umzubringen vermag.

Obwohl man keine absolute Garantie hat, dass B-Waffen nie eingesetzt werden, haben sie doch einige markante Nachteile, welche einen grösseren Einsatz auch in Zukunft fraglich erscheinen lassen: Für deren Herstellung sind wesentlich grössere Fachkenntnisse und Infrastrukturen notwendig als beispielsweise für die Herstellung von Sprengstoffbomben. Auch ist die Wirkung im Ziel schlecht vorzusehen, da sie von einer Vielzahl von Variablen abhängt (u.a. dem Wetter: Temperatur, Niederschlägen usw.). Auch die Latenzzeiten sind teilweise so lang, dass biologische Waffen eher als Terrormittel denn als Waffe auf dem Gefechtsfeld eingesetzt werden könnten. Generell ist die Kontrollierbarkeit von freigesetzten biologischen Kampfstoffen derart gering, dass in der Regel die Nachteile eines Einsatzes solcher Kampfstoffe grösser eingeschätzt werden als dessen Vorteile.

Durch die rasanten Entwicklungsschritte in der modernen Biotechnologie hat sich die Bedrohungslage nicht entschärft. Man denkt dabei weniger an die Erfindung von neu «zusammengebauten» Organismen als vielmehr daran, dass mittels gentechnologischer Methoden bekannte pathogene Erreger kriegstauglicher gemacht werden könnten. Die Entwicklungen in diesem Bereich sind genau zu verfolgen, insbesondere darum, da die Produktionsmittel zu biologischen Kampfstoffen grundsätzlich «dual-use»*-Charakter aufweisen und somit nicht kontrolliert werden können.

Doktrin der Urzeugung konnte erst durch die Forschungserfolge von Louis Pasteur widerlegt werden. Er entdeckte 1854, dass die alkoholische Gärung immer durch MO hervorgerufen wird und diese durch Hitze abgetötet werden können.

Robert Koch wies dann 1876 erstmals einen lebenden Organismus (Bazillus anthracis) als Ursache einer Infektionskrankheit (Milzbrand) nach. Grosse Cholera-Pandemien* im letzten Jahrhundert führten schliesslich zu den ersten überzeugenden Hygienekonzepten in den europäischen Grossstädten.

Um die schädlichen MO zu bekämpfen und die gewünschten MO zu fördern, wurden nun immer ausgeklügelte Einrichtungen entwickelt. Auf sterilen Nährböden liessen sich einzelne Bakterienstämme isolieren, züchten und untersuchen (Abb. 5) und bald darauf in grossen Fermentern* die gewünschten MO kultivieren und deren Stoffwechselprodukte herstellen. Als Alexander Fleming 1928 zufällig das Antibiotikum* Penicillin entdeckte und die Substanz während des 2. Weltkrieges erstmals in grösserem Massstab erfolgreich gegen Infektionen eingesetzt wurde, glaubte man, dass Seuchen, die schlimmste Geissel der Menschheit, bald für immer verschwinden würden. Ein Irrtum, wie man heute erkennen muss. Hielt der Optimismus auch nach der Entdeckung von ersten Penicillinresistenzen 1945 vorerst noch an, gilt heute das Problem der inzwischen multi-resistenten MO (das heisst, dass diese gegenüber verschiedenen Antibiotika resistent geworden sind) als die neue Geissel der Menschheit. Im August 1997 wurde aus Amerika die Entdeckung eines Stammes von Staphylococcus aureus (Entzündungs- und Eitererreger, vor allem nach Operationen oder Hautverletzungen) gemeldet, der gegen alle bekannten Antibiotika resistent sein soll.

Unterdessen sind biotechnologische Verfahren mit MO weit verbreitet. Man verwendet MO bei der Herstellung von Nahrungsmitteln (Brot, Wein, Bier, Salami, Yoghurt, Käse, Saucen, Sojaprodukten usw.), Waschmitteln und Medikamenten. Bekannt und allgemein anerkannt ist auch, dass MO in der Kläranlage, im Kompost, bei Bodensanierungen oder in der biologischen Schädlingsbekämpfung eine wichtige Rolle spielen. Stets geht es darum, die richtigen MO mit den richtigen Eigenschaften zur rechten Zeit am richtigen Ort einzusetzen – oder deren Wachstum planmässig zu verhindern.

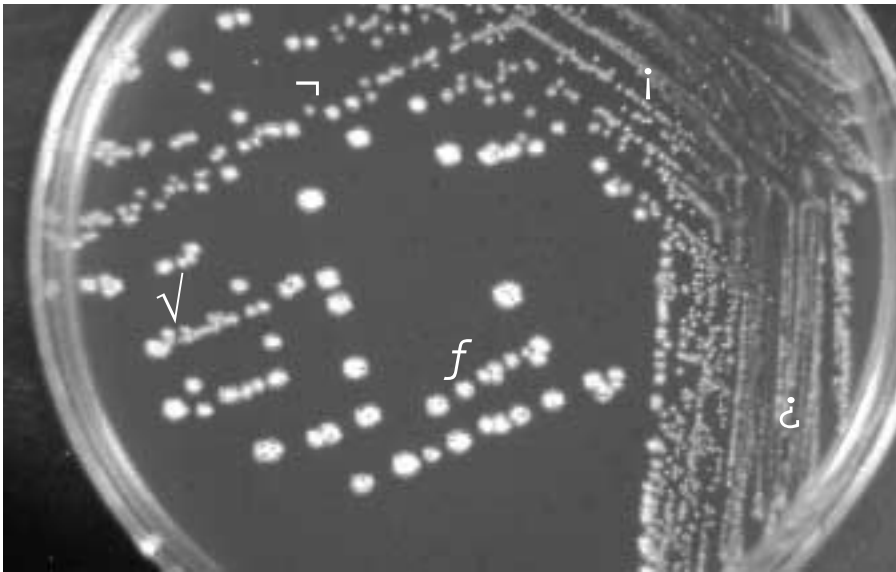


Abb. 5: Ausplatten von Bakterien auf einem sterilen Nährmedium. Durch fortwährendes Verdünnen (1 bis 5) des Inokulums erhält man Kulturen, die aus einem einzigen Bakterium gewachsen sind.

Foto: Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Zürich

Mittels molekularbiologischer Methoden lassen sich die Eigenschaften von gewissen MO gezielt verändern, z. B. eine Reduktion der Pathogenität (Eigenschaft, eine Krankheit hervorzurufen). Das heisst, der gentechnisch veränderte Organismus (GVO*) behält die meisten seiner Eigenschaften bei, kann aber zusätzlich etwas Neues produzieren oder verliert ein Merkmal.

Forschung und Entwicklung heute und morgen
Produkte und Verfahren, bei welchen MO beteiligt sind, bilden einen wesentlichen Bestandteil unseres täglichen Lebens. Die Biotechnologie wird als die Schlüsseltechnologie der Zukunft bezeichnet. Die Schweiz weist im internationalen Vergleich ein hohes Niveau bezüglich des Ausbildungsstandes in den Biowissenschaften und bezüglich der Qualität in der Grundlagenforschung auf. Mit dabei an vorderster Front liegen Institute der Universität, des Universitätsspitals sowie der ETH Zürich. Bei der Umsetzung dieser neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis, also der Gründung neuer Firmen und Schaffung von qualifizierten Arbeitsplätzen, hapert es in der Schweiz noch merklich. Auch im Kanton Zürich haben bisher eher wenige Biotechnologiefirmen Fuss gefasst, obwohl das Potential an möglichen Anwendungen aus der Forschung eigentlich riesig ist.

Die intensive Grundlagenforschung an den Hochschulinstututen erfordert gelegentlich die Verwendung von Verfahren, welche

den Umgang mit pathogenen oder genveränderten MO bedingen. Oft geht es dabei um die Erforschung einer bakteriellen oder viralen

Krankheit. Es werden beispielsweise die Mechanismen untersucht, wie ein Virus in die Wirtszelle eindringen kann, wie die Zelle darauf reagiert und welche Möglichkeiten der Mensch oder das Tier hat, sich dagegen zu wehren. In der Krebsforschung geht es darum herauszufinden, wie Krebs entsteht und warum beispielsweise einzelne Personen weniger anfällig sind als andere. Weiter versucht man aufgrund dieser Erkenntnisse, ein neues Medikament zu entwickeln und es zu testen. Dazu kommen neben MO oft auch Versuchstiere, in der Regel Labormäuse, zur Verwendung.

Einige Forscherteams befassen sich mit der Heilung von Erbkrankheiten mittels Gentherapie. Unter Verwendung von mikrobiologischen und gentechnologischen Methoden wird dem kranken Organ ein Gen eingesetzt, das dafür sorgen soll, dass der Patient wieder normal «funktioniert», also gesund wird.

Auf Hochtouren läuft in Zürich die Priorienforschung. Dabei arbeiten verschiedene Forschergruppen an den bisher immer tödlich

Biotechnologie: die Schlüsseltechnologie der Zukunft

Das wirtschaftliche Potential bei der herkömmlichen und der neuen (zusätzlich rekombinante DNA-Technologie) Biotechnologie wird in folgenden Bereichen als gut bezeichnet:

Pharmaindustrie: Die Herstellung und Entwicklung neuer Therapeutika, Diagnostika und Impfstoffe für Mensch und Tier wird weiter ausgeweitet.

Chemische Industrie: Ersatz der konventionellen Verfahren bei der Herstellung von Chemikalien durch Biotechnologie; reduzierter Rohstoffverbrauch, geringerer Energiekonsum, weniger giftige Abfälle und Abluft, weniger Abwasser, tiefere Prozesstemperaturen. Zudem wird die Produktion in der Regel billiger.

Nahrungsmittelindustrie: Anwendung und Optimierung von biotechnologischen Prozessen in der Verarbeitung. Neue Nahrungsmittel, vor allem als Eiweisslieferanten (Pilzschnitzel statt Rindsteak).

Agroindustrie: Genetische Züchtung krankheits-, schädlings- und herbizidresistenter Pflanzen, Entwicklung neuer Pflanzenschutzmittel, Züchtung gentechnisch veränderter Tiere. Auch die Entwicklung von neuen Agentien für biologische Schädlingsbekämpfung ist wichtig (Pilz gegen Schadpilz, Viren gegen Schadinsekten usw.) oder die Aufwertung von Saatgut, indem man unterstützende MO direkt zugebt (Pilze oder Bakterien, die in Symbiose mit Wurzel leben).

Umwelt: Einsatz von natürlichen oder gentechnisch veränderten MO zum Abbau von Schadstoffen in Böden, Abwässern und Abluft. Ausscheidung von Schwermetallen aus kontaminiertem Material.

Rohstoffe: Anwendung von biotechnologischen Prozessen in der Rohstoffgewinnung und -umwandlung (z. B. Golderz → Gold, Holzabfälle → Zucker, Alkohol, Proteine).

Neue Materialien: Ersatz chemischer Produkte durch biologische Substitute (in der Regel biologisch abbaubar).

Bioelektronik, Neuroinformatik: Entwicklung von Biosensoren und Biochips.

Kosmetik- und Reinigungsmittelindustrie: Allgemein schonendere und umweltverträglichere Verfahren. Enzyme von MO im Waschmittel sparen Energie und senken den Waschmittelverbrauch.

Aromaindustrie: Anwendung biotechnologischer Verfahren bei Entwicklung und Produktion von Aromen, Düften, Vitaminen, Farbstoffen usw.

verlaufenden Hirnkrankheiten BSE (bei Rindern), Scrapie (bei Schafen) und Creutzfeldt-Jacob-Disease (beim Menschen). Hier gilt es, möglichst schnell herauszufinden, wie gefährlich der Umgang im Zusammenhang mit diesen Krankheiten tatsächlich ist. Je nach Ergebnis der Forschung werden die neuen Kenntnisse auf die Sicherheitsmassnahmen bei Tätigkeiten mit infektiösem Material grossen Einfluss haben. Noch ist zu wenig bekannt über die Übertragungswege, die Inkubationszeit und die Dosis, geschweige denn über ein Medikament, das diese Krankheiten kurieren könnte.

Biologische Sicherheit und Störfallverordnung

Die Entwicklung neuer Technologien erfordert auch immer eine Neubeurteilung der

damit verbundenen möglichen Gefahren für Mensch und Umwelt.

Daher bezieht sich die Störfallverordnung (StfV) in ihrem «biologischen Anwendungsbereich» speziell auch auf Betriebe, welche MO in einem geschlossenen System* verwenden. Ein geschlossenes System ist beispielsweise ein Reaktionsgefäss, eine Sicherheitswerkbank oder ein Gebäude, welches den Kontakt zwischen MO und Mensch/Umwelt verhindert.

Typische Betriebe, die MO in geschlossenen Systemen verwenden, sind Forschungs- und Dienstleistungslaboratorien (z. B. Hochschulen), Spital- und Kliniklaboratorien, biotechnologische Pilot- und Produktionsanlagen oder Gewächshäuser sowie Tierhaltungsräume, sofern darin Versuche mit MO erfolgen.

Biologische Sicherheitswerkbank:

Biologische Sicherheitswerkbanken zeichnen sich dadurch aus, dass durch die kontrollierte Führung eines Luftstromes über die Arbeitsfläche entweder der Benutzer oder sowohl der Benutzer als auch das bearbeitete Produkt geschützt werden. Zur Reinigung der Luft werden Hochleistungs-Schwefstofffilter aus Wirrfaservlies (HEPA) eingesetzt. Je nach Konstruktionstyp werden drei Klassen unterschieden:

Klasse 1:

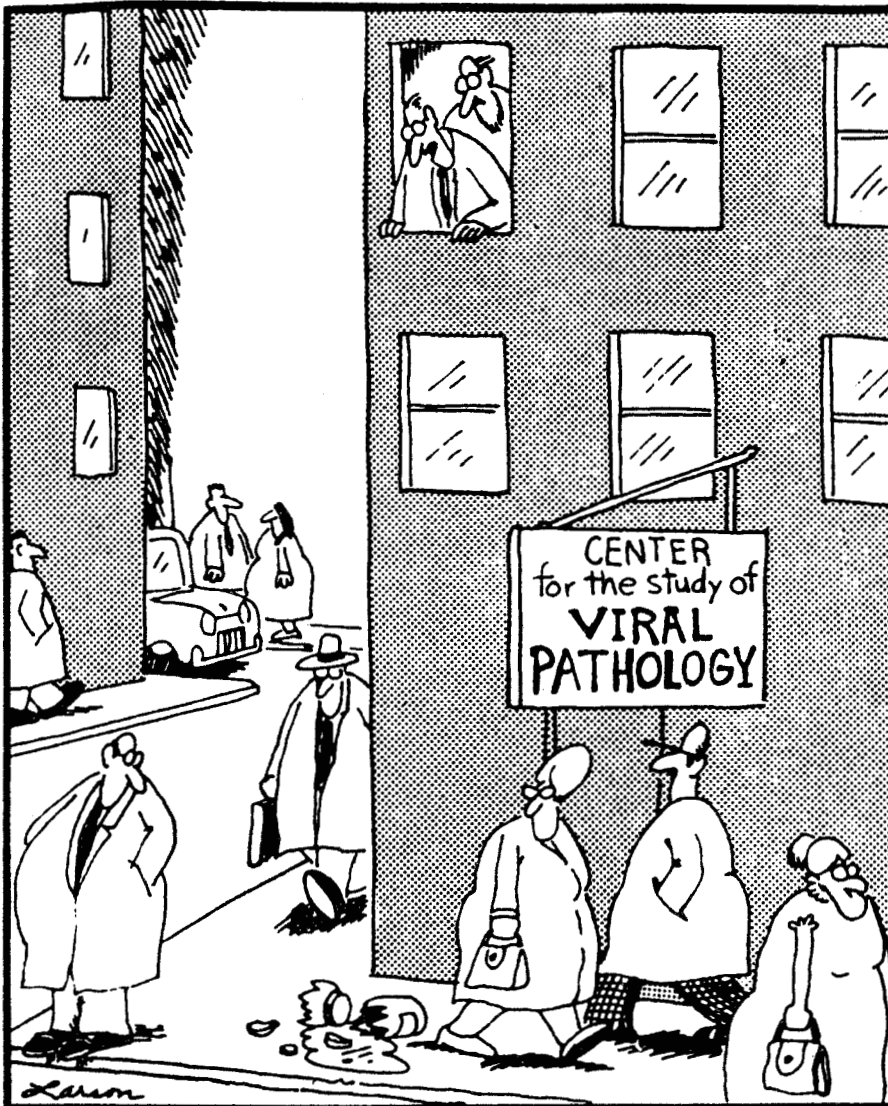
Front teilweise offen: Die Zuluft wird über die Arbeitsöffnung angesogen, die Abluft über einen Filter weggeleitet. Geschützt ist nur der Benutzer. Das Produkt kann über die Zuluft kontaminiert werden.

Klasse 2:

Front teilweise offen: Die Zuluft wird im Bereich der Arbeitsöffnung angesogen und über einen Filter auf die Arbeitsfläche geführt. Ca. 2/3 der gefilterten Luft zirkulieren innerhalb der Werkbank, der Rest wird über einen Abluftfilter weggeleitet. Geschützt sind sowohl der Benutzer als auch das Produkt.

Klasse 3:

Die Werkbank ist rundum geschlossen. Der Zugriff erfolgt über Handschuheingriffe oder Manipulatoren. Zu- und Abluft werden über Filter geführt.



«Uh-oh.»

Cartoon: The FAR SIDE Gallery

Umsetzung der Störfallverordnung

B-Schutzkonzept

Der Schutz der Bevölkerung vor atomaren und chemischen Ereignissen wurde im Kanton Zürich schon seit Jahren vorangetrieben. Entsprechend hat der Regierungsrat schon in den späten achtziger bzw. frühen neunziger Jahren ein Konzept für den Schutz der Bevölkerung vor atomaren bzw. vor chemischen Ereignissen (A-Schutzkonzept, C-Schutzkonzept) verabschiedet und die Direktionen beauftragt, die entsprechenden Schutzmassnahmen in die Wege zu leiten. Nicht zuletzt aufgrund dieser Konzepte ist im Kanton Zürich ein relativ dichtes und schlagkräftiges Netz von zwölf Chemiewehr- und Strahlenschutzstützpunkten errichtet worden, die durch die Feuerwehren betrieben werden und welche die Ortsfeuerwehren bei entsprechenden Schadenereignissen wirkungsvoll unterstützen können.

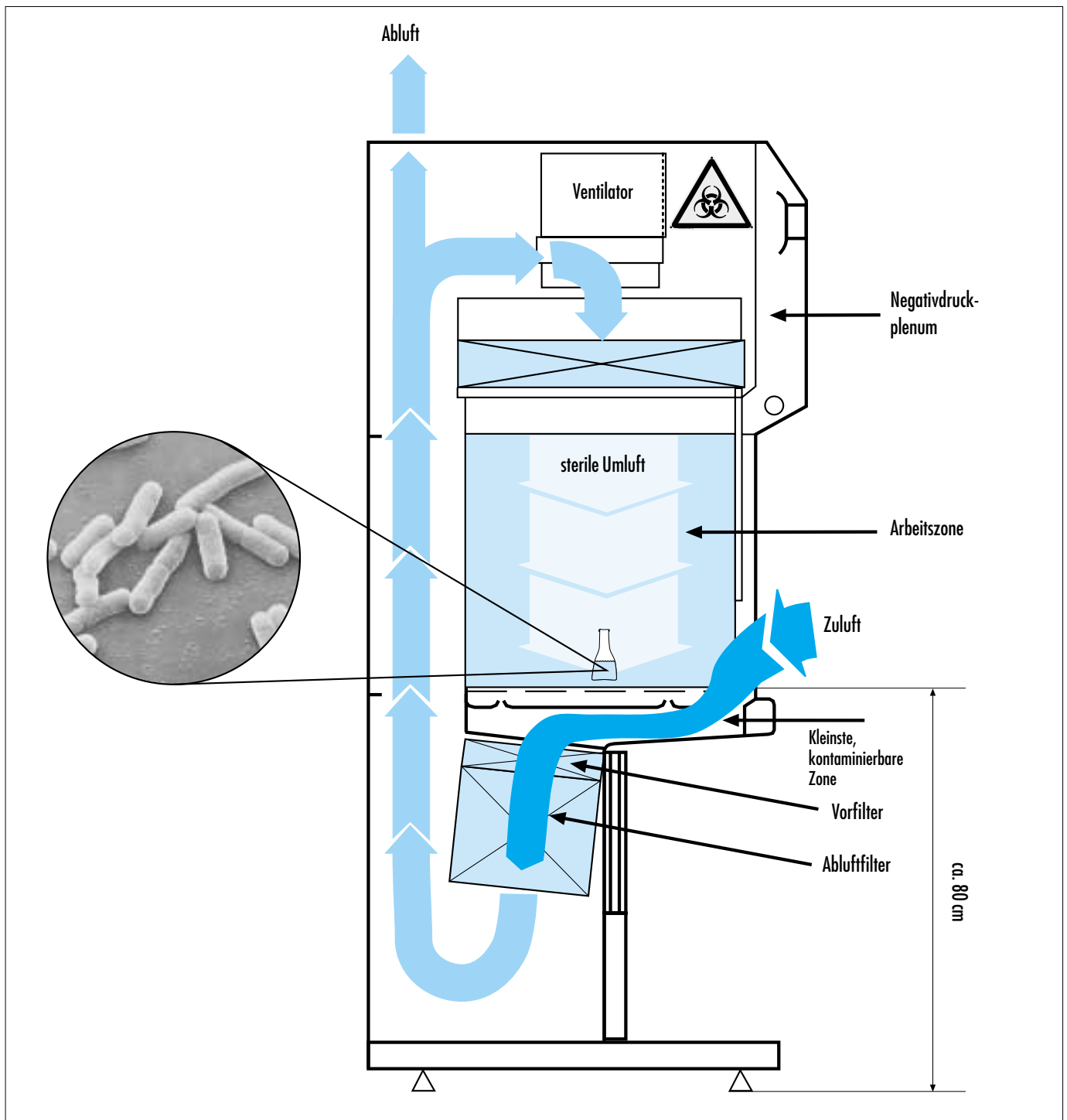


Abb. 7: Konzept einer typischen Sicherheitswerkbank der Stufe 2, wie sie an vielen Instituten in Zürich verwendet wird

Die StfV ist im Bereich der MO im Kanton Zürich auf knapp 30 Betriebseinheiten anwendbar. In Ergänzung dazu wurde von der Koordinationsstelle für Störfallvorsorge (KSF) ein Konzept für den B-Schutz in Friedenszeiten erarbeitet. In diesem Konzept sind insbesondere Massnahmen für die Bewältigung von akuten Schadenereignissen als Folge von Anwendungen biologischen Materials in den Bereichen Forschung, Industrie und

Dienstleistung definiert. Damit ergänzt das B-Schutzkonzept die StfV, welche primär die Ereignisvorsorge regelt, optimal und ermöglicht eine gesamtheitliche Behandlung des Schutzes der Bevölkerung vor biologischen Schadenereignissen. Der Regierungsrat hat das B-Schutzkonzept im Mai 1994 zur Kenntnis genommen und die betroffenen Direktionen mit der Umsetzung des Konzeptes beauftragt.

Verantwortung der Betriebe – Beaufsichtigung durch die Behörden

Im Grundsatz ist jeder Betrieb, der mit MO in geschlossenen Systemen umgeht*, selber dafür verantwortlich, dass er die gesetzlichen Auflagen erfüllt. Die KSF kontrolliert und unterstützt ihn dabei.

Für jedes Projekt ist als erstes zu beantworten, ob eine schwere Schädigung bei einem Störfall überhaupt möglich ist. Falls

Der gelbe Ordner «Bio-Sicherheit»

Inhaltsverzeichnis

1. Ausführlicher Leitfaden für Sicherheitsbeauftragte für biologische Sicherheit mit Checklisten und Fallbeispielen
2. Anleitung zur Erstellung des Kurzberichtes (Grundlage zur Beurteilung eines Projektes)
3. Anleitung zur Erstellung der Sicherheitsdokumentation zuhanden Ereignisdienste
4. Gesetzliche Grundlagen: StfV (1991), B-Schutzkonzept (1994) und eine 13seitige Zusammenfassung des Handbuchs II der StfV; Richtlinien für Betriebe mit Mikroorganismen vom BUWAL (1992)
5. Formularset: Notfallpläne, Hygienepläne, Laborbeschriftung

Verfasser: Dr. S. Eglin

Bezug: Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Direktion des Innern, 8090 Zürich, Telefon 01 291 41 41

Preis: Fr. 50.–

eine solche schwere Schädigung möglich ist, muss abgeklärt werden, ob die Eintretenswahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses genügend klein ist. Falls Störfallausmass und Eintretenswahrscheinlichkeit zu keinen Sorgen Anlass geben, ist noch zu prüfen, ob der Stand der Sicherheitstechnik gemäss der StfV in genügendem Umfang gewährleistet ist.

Ordner Bio-Sicherheit

Jeder Betrieb, der zufolge des Umganges mit MO unter die StfV fällt, muss einen Verantwortlichen für biologische Sicherheit (BSV) bestimmen. Diese Personen erhalten den von der KSF erstellten Ordner «Bio-Sicherheit». Diese Arbeitshilfe für den Vollzug enthält alle relevanten Unterlagen und Formulare und gewährleistet, dass sämtliche Biobetriebe mit der gleichen Elle gemessen werden.

Kurzbericht

In einem Kurzbericht teilt der BSV seine Beschreibung und seine Beurteilung des Projektes mit MO der KSF mit. Es versteht sich von selbst, dass diese Fragen in Abhängigkeit von der Gefährlichkeit der in einem Betrieb verwendeten MO beantwortet werden müssen. Je gefährlicher ein MO ist und in je grösseren Mengen er in einem Betrieb verwendet wird, umso strengere Sicherheitskriterien müssen durch den Betrieb erfüllt werden. So wird zuerst nach der Identität und den Eigenschaften der verwendeten MO gefragt. Je nach dem Grad ihrer Gefährlichkeit werden die Mikroorganismen in vier «Risikogruppen» eingeteilt, von harmlos bis sehr gefährlich.

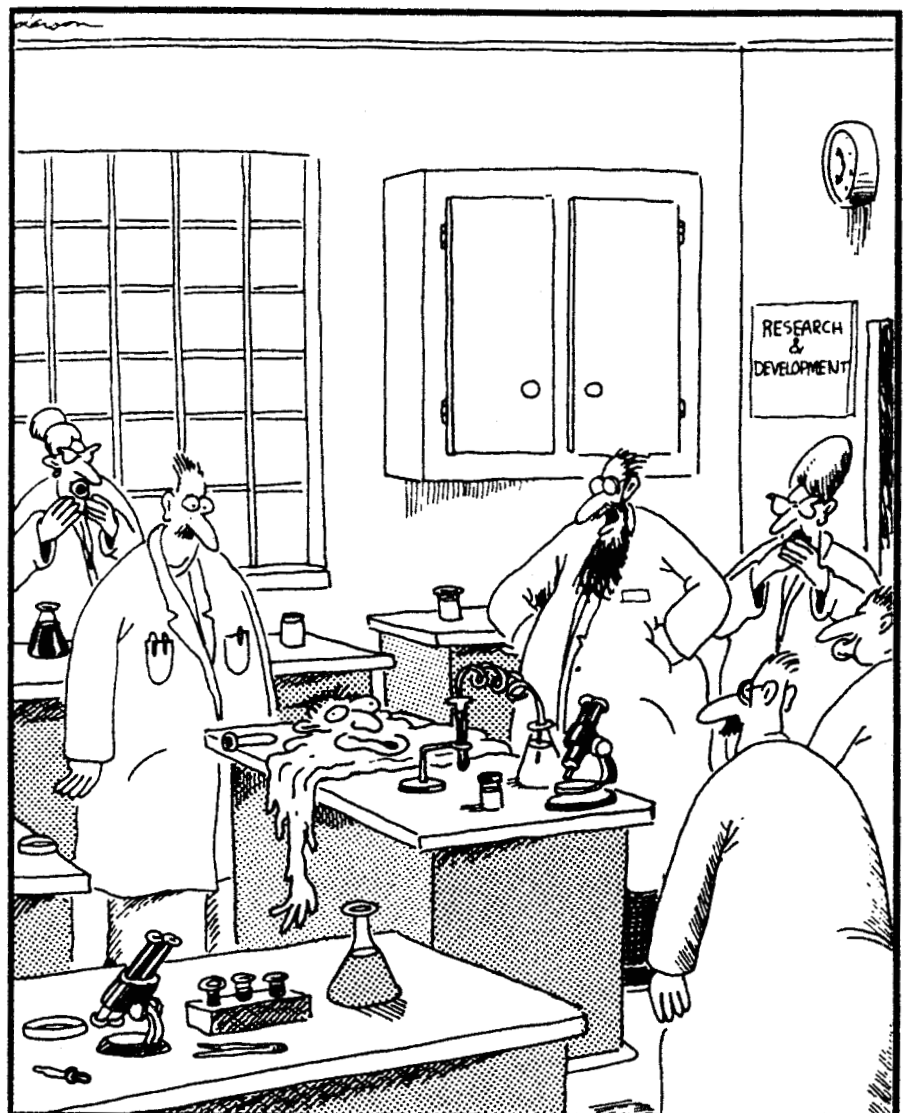
Neben der Risikogruppe stellt der Geltungsbereich der StfV auch auf die Menge, d. h. den Anwendungsmassstab, ab. Die Grenze zwischen einem sogenannten kleinen bzw.

grossen Massstab wurde vom Gesetzgeber bei 100 Litern (Risikogruppe 1) bzw. bei 10 Litern (Risikogruppe 2) gezogen (siehe Kästchen auf der folgenden Seite).

Sicherheitsdokumentation und Koordination

Im Rahmen der Vorsorge koordiniert die KSF auch den Informationsfluss mit den Ereignisdiensten. Dazu gehört, dass jeder Betrieb zuhanden der Feuerwehr eine Sicherheitsdokumentation erstellt, welche diejenigen Angaben enthält, die im Falle eines Einsatzes wichtig sind.

Einen Schwerpunkt der Tätigkeiten der KSF im Bereich der biologischen Betriebe bildet die sicherheitstechnische Beratung und Überwachung der Betriebe. In diesem Sinne wurde im Frühjahr 1997 eine Publikation «Biologische Sicherheitswerkbanken» veröffentlicht, die den durch die StfV betroffenen Betrieben konkrete Ratschläge und Checklisten für den Umgang mit biologischen Sicherheitswerkbanken zur Verfügung stellt.



«Mein Gott! Es ist Professor Dickle! ... Weinberg, Sie versuchen festzustellen, woran zum Teufel er gearbeitet hat, und die anderen gehen wieder auf ihre Plätze.»

Cartoon: The FAR SIDE Gallery

Risikogruppen und Sicherheitsstufen:

Die Einteilung der MO, in Abhängigkeit ihres Gefährdungspotentials in vier «Risikogruppen», geht auf die «Guidelines for Research Involving Recombinant DNA Mole-cules» der National Institutes of Health (USA, 7. Mai 1986) zurück und hat sich mittlerweile international durchgesetzt:

- Risikogruppe 1: vernachlässigbares Risiko
Bsp.: Bierhefe, Joghurtbakterien
- Risikogruppe 2: geringes Risiko
Bsp.: Salmonellen, Choleraerreger, Grippeviren, Tollwutvirus
- Risikogruppe 3: mässiges Risiko
Bsp.: Milzbrand-, Tuberkulose-, Pesterreger, HIV, Erreger der CJD, Gelbfiebertvirus
- Risikogruppe 4: hohes Risiko
Bsp.: Ebola-, Marburg-, Pockenvirus, Lassa-Fiebertvirus

Mikroorganismen der Risikogruppen 1–4 müssen unter der entsprechenden Sicherheitsstufe gehandhabt werden.

- Sicherheitsstufe 1: «Gute mikrobiologische Praxis» (Sorgfalt, Hygiene)
- Sicherheitsstufe 2: Freisetzung minimieren (abgegrenzter Arbeitsbereich)
- Sicherheitsstufe 3: Freisetzung verhindern (hermetisch abgetrennter Sicherheitsbereich)
- Sicherheitsstufe 4: Freisetzung verhindern (mehrfach abgetrennter Hochsicherheitsbereich)

Natürliche pathogene MO		
Risiko-Gruppe	Massstab	
	klein	gross
1		
2		
3		
4		

Gentechnisch veränderte MO		
Risiko-Gruppe	Massstab	
	klein	gross
1		
2		
3		
4		

Geltungsbereich der Störfallverordnung.

Im weiteren verfasst die KSF in loser Folge eine Informationsschrift für alle BSV im Kanton Zürich (BIO-INFO), die aktuelle Informationen über den Vollzug bzw. die Gesetzgebung vermittelt und die Verantwortlichen in den Betrieben für Sicherheitsbelange sensibilisieren soll.

Als Kompetenzzentrum für Fragen der biologischen Sicherheit unterhält die KSF intensive Kontakte zu den Vollzugsstellen anderer Kantone sowie zu Bundesbehörden, insbesondere zum Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und zum Bundesamt für Gesundheit (BAG). Die Betriebe werden einerseits beraten, wie sie sich in sicherheitstechnischen Belangen (baulicher und organisatorischer Art) verbessern können, andererseits gilt die Unterstützung auch dem administrativen Bereich, damit sie die gesetzlichen Auflagen effizienter und koordinierter erfüllen können.

Statistik

Die Schweizerische Kommission für biologische Sicherheit (SKBS) hat 1996 gesamtschweizerisch 789 Arbeitsgruppen, die Projekte mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen durchführen, registriert. Davon fallen zur Zeit 191 Projekte unter die StFV, hauptsächlich verteilt auf die Kantone Basel-Stadt, Bern, Genf, Waadt und Zürich. Der Kanton Zürich als Hochschulkanton (ETH, Universität, Universitätsspital) beherbergte 1996 rund einen Drittel (67) der Forschungsprojekte in insgesamt 29 Betrieben.

Über alles gesehen darf festgestellt werden, dass die Betriebe, die im Kanton Zürich mit MO umgehen und unter die StFV fallen, mit grossem Verantwortungsbewusstsein und auch mit grosser Sachkenntnis arbeiten. Daher ist zu erwarten, dass sich diese Fachkenntnis und das Sicherheitsdenken dahingehend auswirken, dass auch weiterhin keine

unbeabsichtigte Freisetzung von MO mit weitreichenden Schädigungen von Bevölkerung und Umwelt stattfindet.

Weltweit ist bisher noch kein Störfall bekannt geworden, der zu einer schweren Schädigung von Bevölkerung oder Umwelt geführt hat. Eine Ausnahme stellt vielleicht die verfrühte, unbeabsichtigte Freisetzung eines eingeführten Virus zur Bekämpfung der (ebenfalls importierten) Kaninchenplage in Australien dar. Der für Kaninchen tödliche Erreger breitet sich zur Zeit mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 8 km pro Tag aus. Widersprüchliche Berichte kamen aus einem Urwaldspital aus Zaire, wonach sich 1992 über 70 Personen mit dem Ebola-Virus angesteckt hätten (Todesrate bis über 90 Prozent). Mehrheitlich seien die Übertragungen allerdings auf die katastrophalen hygienischen Verhältnisse zurückzuführen, hätten doch für sämtliche Spitalpatienten nur fünf Infusionsspritzen zur Verfügung gestanden.

Unbestrittenermassen gab und gibt es heute Staaten oder einzelne Gruppen, welche sich mit der biologischen Kriegführung aktiv auseinandersetzen. (Siehe Kasten biologische Kriegführung). Es scheint, dass mit der Entwicklung der neuen Biotechnologie die Wahrscheinlichkeit eines Einsatzes von biologischen Waffen eher zugenommen hat.

Die Weiterentwicklungen im Bereich der biologischen Sicherheit in den nächsten Jahren

Die StFV präzisiert den Art. 10 des Umweltschutzgesetzes (USG). In diesem Rahmen beschränkt sich die StFV im Bereich Biologie auf den Aspekt des Katastrophenschutzes bei der Verwendung von MO in geschlossenen Systemen. Mit der Revision des USG hat sich die rechtliche Situation im Bereich der biologischen Sicherheit allerdings grundlegend geändert: Die Mitte 1997 in Kraft getretene Änderung des USG enthält neu ein Kapitel über umweltgefährdende Organismen. Als Konkretisierung sind zwei neue Verordnungen vorgesehen, die den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen sowie die versuchsweise Freisetzung und das Inverkehrbringen von pathogenen oder gentechnisch veränderten Organismen regeln werden. Daneben ist eine neue Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch MO

«Biotechnologie und Umwelt»

Grundlagen des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG):

3. Kapitel¹⁾: Umweltgefährdende Organismen

Art. 29a Umweltgerechter Umgang

- ¹ Mit Organismen darf nur so umgegangen werden, dass sie, ihre Stoffwechselprodukte oder Abfälle die Umwelt oder mittelbar den Menschen nicht gefährden können.
- ² Anweisungen von Herstellern oder Importeuren sind einzuhalten.

Art. 29b Inverkehrbringen

- ¹ Organismen dürfen nicht für Verwendungen in Verkehr gebracht werden, bei denen sie, ihre Stoffwechselprodukte oder Abfälle bei vorschriftsgemäsem Umgang die Umwelt oder mittelbar den Menschen gefährden können.
- ² Der Hersteller oder Importeur führt zu diesem Zweck eine Selbstkontrolle durch.
- ³ Der Bundesrat erlässt Vorschriften über Art, Umfang und Überprüfung der Selbstkontrolle.

Art. 29c Bewilligungspflicht für das Inverkehrbringen

- ¹ Gentechnisch veränderte oder pathogene Organismen dürfen nur mit einer Bewilligung des Bundes für Verwendungen in der Umwelt in Verkehr gebracht werden.
- ² Der Bundesrat erlässt Vorschriften über die Anforderungen und das Verfahren für die Erteilung der Bewilligung sowie die Information der Öffentlichkeit.
- ³ Für bestimmte Organismen kann er Ausnahmen von der Bewilligungspflicht vorsehen, wenn nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung eine Gefährdung der Umwelt ausgeschlossen ist.

Art. 29d Information der Abnehmer

- ¹ Wer Organismen in Verkehr bringt, muss den Abnehmer:
 - a. über deren umweltbezogene Eigenschaften informieren;
 - b. so anweisen, dass beim vorschriftsgemässen Umgang mit den Organismen die Umwelt oder mittelbar der Mensch nicht gefährdet werden kann.
- ² Wer gentechnisch veränderte Organismen in Verkehr bringt, muss den Abnehmer darüber informieren.

Art. 29e Freisetzungsversuch

- ¹ Wer gentechnisch veränderte oder pathogene Organismen, die nicht für Verwendungen in der Umwelt in Verkehr gebracht werden dürfen (Art. 29c), im Versuch freisetzen will, benötigt dafür eine Bewilligung des Bundes.
- ² Der Bundesrat erlässt Vorschriften über die Anforderungen und das Verfahren für die Erteilung der Bewilligung. Insbesondere regelt er:
 - a. die Anhörung von Fachleuten;
 - b. die finanzielle Sicherstellung der Massnahmen, mit denen allfällige schädliche oder lästige Einwirkungen festgestellt, abgewehrt oder behoben werden;
 - c. die Information der Öffentlichkeit.
- ³ Für bestimmte Organismen kann er Ausnahmen von der Bewilligungspflicht vorsehen, wenn nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung eine Gefährdung der Umwelt ausgeschlossen ist.

Art. 29f Einschliessungsmassnahmen

- ¹ Wer mit gentechnisch veränderten oder pathogenen Organismen umgeht, die er weder im Versuch freisetzen (Art. 29e), noch für Verwendungen in der Umwelt in Verkehr bringen darf (Art. 29c), muss alle Einschliessungsmassnahmen treffen, die wegen der Umweltgefährlichkeit der Organismen notwendig sind.
- ² Der Bundesrat führt für den Umgang mit diesen Organismen eine Melde- oder Bewilligungspflicht ein.

- ³ Für bestimmte Organismen kann er Ausnahmen von der Melde- oder Bewilligungspflicht vorsehen, wenn nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung eine Gefährdung der Umwelt ausgeschlossen ist.

Art. 29g Weitere Vorschriften des Bundesrates

- ¹ Der Bundesrat kann über Organismen, die aufgrund ihrer Eigenschaften, Verwendungsart oder Verbrauchsmenge die Umwelt oder mittelbar den Menschen gefährden können, weitere Vorschriften erlassen.
- ² Insbesondere kann er:
 - a. Den Transport sowie die Ein-, Aus- und Durchführung der Organismen regeln;
 - b. den Umgang mit bestimmten Organismen bewilligungspflichtig erklären, einschränken oder verbieten;
 - c. zur Bekämpfung bestimmter Organismen oder zur Verhütung ihres Auftretens Massnahmen vorschreiben.

Art. 29h Fachkommission für biologische Sicherheit

- ¹ Der Bundesrat bestellt eine Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit, der Sachverständige aus den verschiedenen interessierten Kreisen angehören. Schutz- und Nutzungsinteressen müssen angemessen vertreten sein.
- ² Die Fachkommission berät den Bundesrat beim Erlass von Vorschriften und die Behörden beim Vollzug. Sie wird zu Bewilligungsgesuchen angehört. Sie kann Empfehlungen zu diesen Gesuchen abgeben; in wichtigen und begründeten Fällen kann sie vorgängig Expertenstellungnahmen und Untersuchungen veranlassen.
- ³ Sie informiert die Öffentlichkeit periodisch über wichtige Erkenntnisse und erstattet dem Bundesrat jährlich Bericht.

¹ Eingefügt durch Ziff. I des BG vom 21. Dezember 1995 (Referendumsvorlage: BBl 1996 I 233).

vorgesehen. Die Entwürfe zu diesen Verordnungen sollen noch im laufenden Jahr in die Vernehmlassung gehen und 1998, vor der Abstimmung über die Genschutzinitiative, in Kraft treten.

Es ist das Ziel dieser neuen Verordnungen, alle relevanten Fragen im Umgang mit pathogenen oder genveränderten Organismen gesetzlich zu regeln und, zumindest teilweise, den Richtlinien der EU anzupassen. Die Genschutzinitiative hat zum Ziel, gewisse Tätigkeiten prinzipiell zu verbieten, die nach Ansicht der Initianten aus ethischen und ökologischen Gründen nicht zu verantworten sind.

Weite Kreise der Forscher an den Zürcher Hochschulen und Ärzte des Universitätsspitals befürchten jedoch, dass mit der Annahme

der Genschutzinitiative ein Grossteil ihrer Forschungstätigkeit nicht mehr möglich sein wird. Die Spezialisten mit hoher Fachkompetenz im Bereich der Biotechnologie würden ins Ausland abwandern und der Rest in die Bedeutungslosigkeit absinken. Die Verfechter der Initiative sind gegenteiliger Meinung und sprechen sogar von einem neuen Innovationsschub für alternative Technologien.

Schliesslich führte das USG-Kapitel über umweltgefährdende Organismen als neues Element auch eine Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS) ein, die bereits anfangs 1997 gegründet und eingesetzt wurde. Diese Kommission, welcher Vertreter von Forschung, Industrie, Land- und Forstwirtschaft sowie Umwelt-

und Konsumentenorganisationen angehören, berät insbesondere den Bundesrat bzw. die nachgeordneten Dienststellen bei der Bewilligung von Gesuchen und der Vorbereitung von Regelungen im Bereich der biologischen Sicherheit.

Zusammenfassung

Zusammenfassend darf festgestellt werden, dass das Sicherheitsdenken beim Umgang mit Mikroorganismen im Kanton Zürich – wie auch in der ganzen Schweiz – stark entwickelt ist. Es wird der Hoffnung Ausdruck gegeben, dass durch ständige Bemühungen um die Aufrechterhaltung eines hohen Sicherheitsstandards die Schweiz und der Kanton Zürich auch in Zukunft wegweisend sein können.