



Jahresbericht 2013

LABOR SPIEZ

$E = \sum_T W_T H_T = \sum_T W_T \sum_R W_R D_T$

$\frac{\phi}{A} = \frac{\gamma(E)}{2} \frac{\rho}{M_s} E_2$

$E_2(x) = x \int_0^{\infty} \frac{e^{-t}}{x + t^2} dt$

$E_y = \frac{m_e \cdot c^2 \cdot E_1}{m_e \cdot c^2 + E_1}$

R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , R_7 , R_8 , R_9 , R_{10}

$p=0$, $p=0$, $p=0$, $p=0$, $p=0$

H_T , N , S , V

Redaktion und Produktion

Dr. Andreas B. Bucher

Layout und Tabellen

Logistikbasis der Armee LBA, Zentrum elektronische Medien ZEM

Herausgabe

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

LABOR SPIEZ, Information

CH-3700 Spiez

Tel. +41 58 468 14 00

Fax +41 58 468 14 02

laborspiez@babs.admin.ch

www.labor-spiez.ch

© LABOR SPIEZ, April 2014

Der vorliegende Geschäftsbericht ist auch in englischer Sprache erhältlich.

Bildnachweis

LABOR SPIEZ, Reuters (S. 4, 6, 10, 26, 31, 32), www.gettyimages.ch (S. 18), IMUL (S. 19), VBS (S. 34)

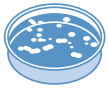
4 Editorial



6 Lehren aus Fukushima

12 Trinkwasseranalytik in der Demokratischen Republik Kongo

14 Radionuklide in Sedimenten des Bielersees



18 Forschungsprojekte im Biosicherheitslabor

22 Ricin im Biodünger?



26 Chemiewaffen im Syrien-Konflikt



34 Qualitätsprüfungen von ABC-Schutzmaterial

Anhang

38 Mitarbeitende

39 Organigramm

40 Akkreditierte Bereiche

41 Referate

42 Publikationen



Liebe Leserin, lieber Leser,

der vorliegende Bericht zu unseren Tätigkeiten im Jahr 2013 behandelt überwiegend Themen, die nicht abgeschlossen sind, sondern uns auch im laufenden Jahr und mit hoher Wahrscheinlichkeit darüber hinaus beschäftigen werden.

Allen voran die Krise in Syrien: Der Einsatz von chemischen Kampfstoffen im syrischen Bürgerkrieg konnte von der zuständigen UNO-Mission im letzten Herbst nachgewiesen werden. Ganz wesentlich an diesem Nachweis beteiligt war unser Fachbereich Chemie, der im September 2013 zwei Wochen lang rund um die Uhr Umweltproben der UNO/OPCW aus Syrien analysierte und zweifelsfrei nachweisen konnte, dass in Syrien in der Tat Sarin eingesetzt wurde. Dass wir mit dieser heiklen Aufgabe betraut wurden, unterstreicht die Kompetenz unserer Analytik, die auch in den Ringversuchen der OPCW seit Jahren durchwegs mit Bestnoten bewertet wird.

In seiner Begründung für die Vergabe des Friedensnobelpreises an die OPCW teilte das Nobelkomitee unter anderem mit: «Die jüngsten Ereignisse in Syrien, wo wieder chemische Waffen eingesetzt wurden, unterstreichen die Notwendigkeit, die Bemühungen um eine Abschaffung solcher Waffen zu verstärken.» Eben diese Bemühungen gehören zu

unseren Kerngeschäften. Insofern haben wir, zumindest von der wissenschaftlichen Seite gesehen, einen kleinen Beitrag zum Friedensnobelpreis für die OPCW geleistet. Unsere Arbeiten für die OPCW prägten zudem eine intensive Medienpräsenz unseres Hauses während der letzten Monate. Unsere Fachleute bedienten Anfragen der Presse auf allen Plattformen und unser Fachwissen fand via europäische Leitmedien wie Spiegel, BBC oder Guardian eine globale Verbreitung.

Dieses Kerngeschäft der Chemiker dominierte das öffentliche Interesse an den Arbeiten in Spiez, aber auch die anderen Fachbereiche engagierten sich erfolgreich in den Bereichen Rüstungskontrolle und Bevölkerungsschutz:

- Der Fachbereich ABC-Schutz beschäftigte sich unter anderem mit der Qualitätsüberwachung und Bewirtschaftung von persönlichem ABC-Schutzmaterial, darunter die filtrierenden Halbmasken für die Pandemie-Vorsorge. Die Resultate unserer Qualitätsprüfungen sind sowohl für Einzelhaushalte wie für die Sicherheitsverantwortlichen in Betrieben und in der Armee von erheblichem Interesse. (Seite 34)



Dr. Marc Cadisch
Leiter LABOR SPIEZ

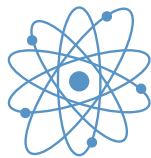
- Der Fachbereich Physik analysiert derzeit die Herausforderungen (Dekontamination, Umsiedlungen, Evakuationen etc.), welche die Behörden in Japan nach dem Ereignis von Fukushima zu bewältigen haben, und er zeigt auf, welche Erkenntnisse wir aus Japan für die Situation in der Schweiz gewinnen können. (Seite 6)
- Der Fachbereich Biologie konzentrierte sich im vergangenen Jahr auf die Inbetriebnahme des neuen Biosicherheitslabors. Die erforderlichen Validierungen konnten erfolgreich abgeschlossen werden, und die zuständigen Bewilligungsbehörden gaben Anfang 2014 den Weg frei für die Inbetriebnahme. In nächster Zeit geht es nun darum, die Anlage mit wissenschaftlich wertvollen, für den Bevölkerungsschutz relevanten Forschungsprojekten zu belegen: Zwei Projekte des Instituts für Mikrobiologie der Universität Lausanne gehören zu einer Reihe von externen Arbeiten, die demnächst bearbeitet werden sollen. (Seite 18)

Neben diesen Arbeiten ist die Weiterentwicklung des Fachwissens ein wesentlicher Bestandteil unserer täglichen Arbeit. Es gehört zu unseren zentralen Aufgaben, Entwicklungen in den Naturwissenschaften zu verfolgen, deren Auswirkungen auf den Bevölkerungsschutz zu antizipieren und bei Bedarf die nötigen Massnahmen und Arbeiten einzuleiten. In diesem Zusammenhang etablieren wir 2014 eine internationale Konferenzreihe unter dem Titel «Spiez Convergence». Diese Tagung soll die teilweise überlappenden Entwicklungen in Biologie und Chemie thematisieren und mögliche Konsequenzen für die Umsetzung des Chemie- und Biowaffenübereinkommens aufzeigen.

Das LABOR SPIEZ – das hat die jüngste Vergangenheit eindrücklich demonstriert – besetzt eine wesentliche Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik: Ohne fundierte Sachkenntnis und ohne harte Fakten sind bei Abrüstungsverhandlungen oder beim nationalen ABC-Schutz keine Fortschritte zu erzielen. Wir setzen alles daran, dass wir diese wichtige Aufgabe auch in Zukunft erfüllen können.



Die Gruppe Organische
Analytik mit den Entwür-
fen zum Bericht für die
UNO/OPCW Joint Mission
in Syrien.



Lehren aus Fukushima

Dekontamination und Rückkehr zum Normalzustand nach einem grossflächigen radiologischen Ereignis

Dr. Emmanuel Egger und Dr. Mario Burger

Seit der Katastrophe von Fukushima im März 2011 ist vieles unternommen worden, um die kontaminierten Gebiete wieder bewohnbar zu machen. Voraussetzung für eine Rückkehr der evakuierten Bevölkerung ist eine erwartete Jahresdosis von weniger als 20 mSv. In einigen, relativ wenig kontaminierten Gebieten ist heute eine Rückkehr möglich. In stärker kontaminierten Gegenden hingegen liegt die Strahlenbelastung immer noch über diesem Grenzwert. Im Folgenden analysieren wir die Situation von Ende 2013 in Japan. Wir vergleichen die getroffenen Massnahmen mit denjenigen von Weissrussland nach der Katastrophe von Tschernobyl, und wir übertragen einige Erkenntnisse daraus auf den Fall einer radiologischen Katastrophe in der Schweiz.

Über 10 000 km² Land sind durch die Nuklearkatastrophe von Fukushima radioaktiv kontaminiert worden (Figur 1). Etwa 159 000 Personen wurden evakuiert [1]. Die japanischen Behörden haben die betroffenen Gebiete in drei Zonen unterteilt (Figur 2):

Zone 1: Die erwartete jährliche Dosis liegt zwischen 1 und 20 mSv. Die Menschen dürfen hier leben oder zurückkehren, falls sie eva-

kuiert wurden. Dekontaminationsarbeiten sind noch im Gang. Langfristig soll die jährliche, auf das Ereignis zurückzuführende Dosisbelastung wieder unter 1 mSv gesenkt werden.

Zone 2: Die erwartete jährliche Dosis liegt zwischen 20 und 50 mSv. Die Bevölkerung darf nicht in diesem Gebiet leben. Dekontaminationsarbeiten sind im Gang. Es wird damit gerechnet, dass die Dosis in diesem Gebiet in absehbarer Zeit unter 20 mSv gesenkt werden und die evakuierte Bevölkerung zurückkehren kann. Da Tausende Quadratkilometer betroffen sind, ist der Aufwand dafür enorm hoch.

Zone 3: Die erwartete jährliche Dosis liegt über 50 mSv. Die Bevölkerung wurde evakuiert. Inzwischen zweifeln die japanischen Behörden, ob die Bevölkerung in nächster Zeit in diese Gebiete zurückkehren kann. Zwar sollen neue Dekontaminationsmethoden getestet werden, die bisherige Erfahrung lässt aber zweifeln, ob damit die Dosisbelastung auf unter 20 mSv pro Jahr reduziert werden kann.

Fast drei Jahre nach dem Ereignis leben in Japan immer noch Zehntausende in provisorischen Unterkünften und wissen nicht, ob

sie jemals in ihr ehemaliges Zuhause zurückkehren können. Diese Situation hätte vermieden werden können, wenn die japanischen Behörden dem Ansatz der sowjetischen Behörden nach der Katastrophe von Tschernobyl gefolgt wären. Allerdings ist ein solcher Ansatz in dicht besiedelten Ländern wie Japan oder der Schweiz sehr viel schwieriger zu realisieren.

Massnahmen nach Tschernobyl

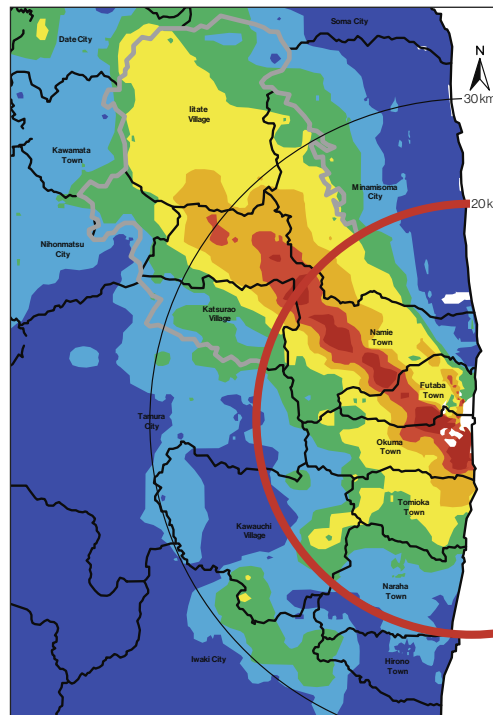
Nach der Katastrophe von Tschernobyl beschlossen die sowjetischen Behörden, die Bevölkerung aus weiten Gebieten umzusiedeln. Auf eine Dekontamination dieser Gebiete wurde bewusst verzichtet, weil es schwierig und extrem aufwendig ist, ganze Städte, Dörfer, Strassen, Felder oder Wälder zu dekontaminieren. Die Behörden profitierten damals von der Erfahrung, die sie bei früheren Ereignissen gewonnen hatten, wie beispielsweise jenes von Mayak im Jahre 1957. Die Erfahrung in Japan bestätigt, dass etwa 2 Mannjahre Arbeit notwendig sind, um 1 ha zu dekontaminieren. Zudem ist, wie die Erfahrung in Japan ebenfalls bestätigt, das Ergebnis der Dekontamination ungewiss. Die in Weissrussland getroffenen Massnahmen sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Für die betroffene Bevölkerung bedeuten diese radikalen Massnahmen, dass sie schnell wusste, wie es weitergehen würde und sich somit auf die neue Situation einstellen konnte.

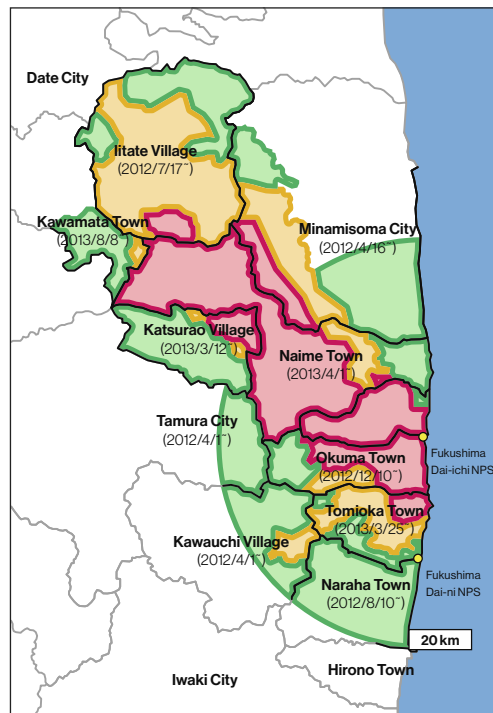
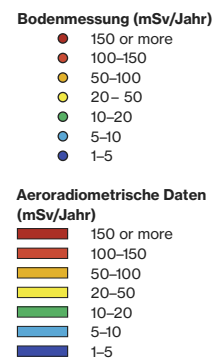
Empfehlungen internationaler Organisationen

Die ICRP (International Commission on Radiological Protection) unterscheidet drei besondere Lagen von Strahlenexposition [3]:

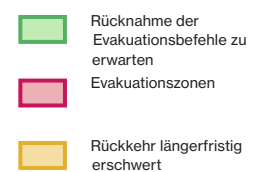
- Geplante Strahlenexposition = Exposition durch beabsichtigte Einführung und Handhabung radioaktiver Quellen. Hier kann die Exposition gesteuert und vollständig kontrolliert werden.
- Notfallmässige Strahlenexposition = Verlust der Kontrolle über eine geplante Exposition (z. B. Unfall in einem KKW), oder mutwilliger Einsatz von radioaktivem Material (z. B. Terroranschlag).

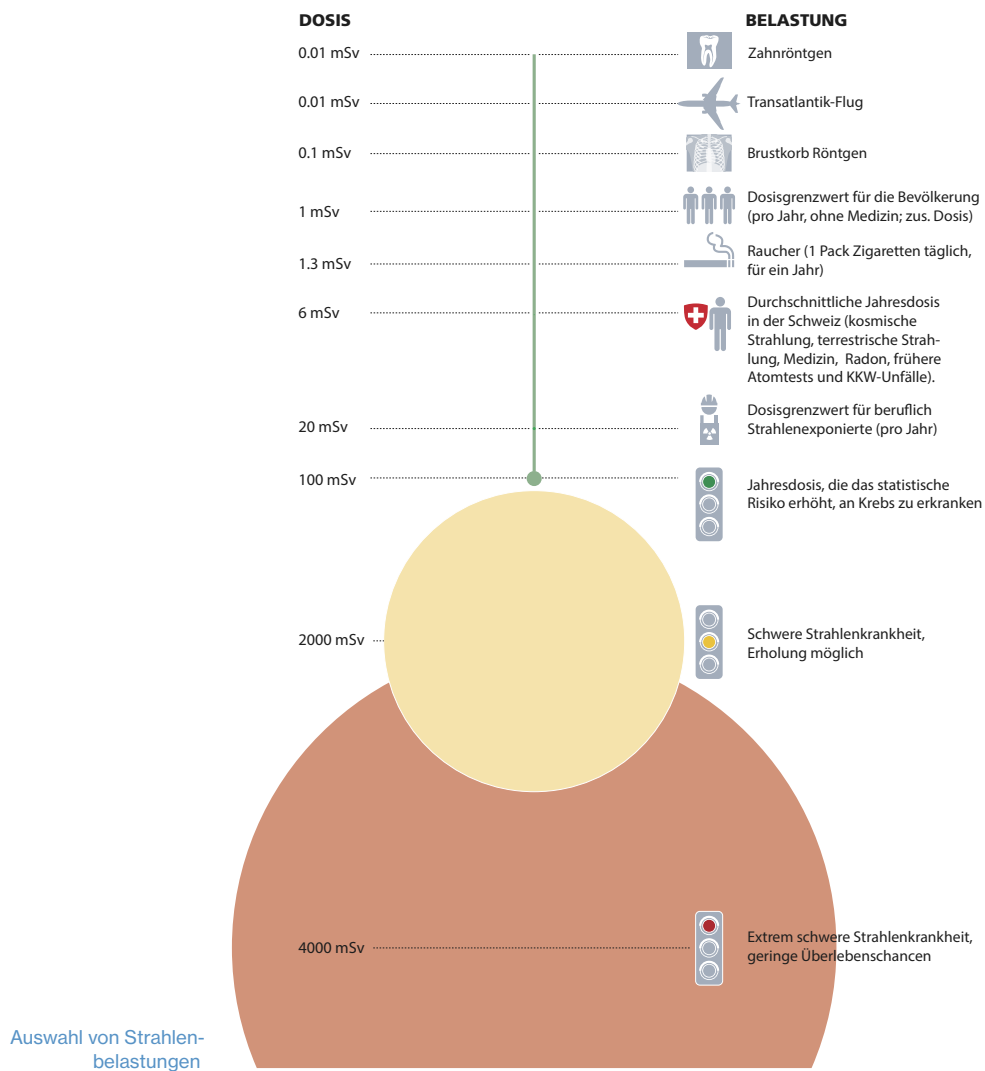


Figur 1: erwartete Jahresdosis in den kontaminierten Gebieten



Figur 2: Zoneneinteilung der kontaminierten Gebiete





- Bestehende Strahlenexposition = Exposition als Ergebnis bereits vorhandener radioaktiver Quellen, die unter Kontrolle gebracht werden sollen.

Die ICRP betrachtet die Langzeit-Exposition nach einem Unfall, wie jener in Fukushima, als eine Lage bestehender Exposition.

Um die Strahlenexposition unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Faktoren so niedrig wie mit vernünftigen Mitteln machbar zu halten, empfiehlt die ICRP Folgendes:

- Allgemein sollte die Strahlenbelastung unter 100 mSv gehalten werden.
- Im Falle eines Ereignisses mit potenziellen Langzeitfolgen empfiehlt die ICRP:
 - Bei notfallmässiger Strahlenexposition sollte die Strahlenbelastung möglichst innerhalb von 20–100 mSv/Jahr gehalten werden.
 - Bei bestehender Strahlenexposition sollte die Strahlenexposition zwischen 1–20 mSv/Jahr liegen, mit dem langfristigen Ziel, die Belastung unter 1 mSv/Jahr zu reduzieren.

Der Übergang von notfallmässiger zu bestehender Strahlenexpositions-lage ist nicht eindeutig festgelegt. Er soll erfolgen, sobald genügend Informationen über die Lage verfügbar sind und die Situation unter Kontrolle ist.

Grundsätzlich folgen die japanischen Behörden genau dieser Strategie.

Diese Empfehlungen der ICRP sagen aber nichts darüber aus, welche Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung getroffen werden sollen.

Die IAEA empfiehlt, folgende Massnahmen zu treffen [4]:

Beträgt die Ortsdosisleistung (ODL) mehr als 1000 $\mu\text{Sv/h}$, ist die Bevölkerung sofort (innerhalb eines Tages) aus diesem Gebiet zu evakuieren, ohne das Leben dieser Personen zu gefährden.

Beträgt die ODL zehn Tage nach Ende der Freisetzung einer radioaktiven Wolke 25 $\mu\text{Sv/h}$ oder mehr, sollte die betroffene Bevölkerung angewiesen werden, sich auf eine Umsiedlung

Massnahme	Kontamination mit Cs-137	Daraus resultierende Jahresdosis im Freien
Sofortige Umsiedlung	>1480 kBq/m ²	27 mSv
Umsiedlung	555–1480 kBq/m ²	10–27 mSv
Recht auf Umsiedlung	185–555 kBq/m ²	3,4–10,2 mSv
Regelmässige Messung der Strahlung	37–185 kBq/m ²	0,7–3,4 mSv

Tabelle 1: in Weissrussland getroffene Massnahmen in Funktion der Bodenkontamination nach der Katastrophe von Tschernobyl [2]

Gebiet	Ortsdosisleistung ODL vor Dekontamination	ODL nach Dekontamination	Erreichte Reduktion der ODL
Wohngebiet	8 µSv/h	4 µSv/h	50 %
Grosse Gebäude	9 µSv/h	5 µSv/h	50 %
Felder	11 µSv/h	2 µSv/h	80 %
Strassen	9 µSv/h	5 µSv/h	40 %

Tabelle 2: Wirksamkeit der Dekontaminationsmethoden in Japan

vorzubereiten und innerhalb eines Monats das kontaminierte Gebiet zu verlassen. Diese ODL entspricht einer Jahresdosis im Freien von über 200 mSv und entspricht in Figur 1 den dunkelrot markierten Gebieten.

In Japan wäre es demnach angemessen gewesen, die Bewohner dieser am meisten kontaminierten Gebiete sofort umzusiedeln und sie nicht drei Jahre lang darauf hoffen zu lassen, einmal in ihre Häuser zurückkehren zu können.

Im Vergleich dazu gingen die nach Tschernobyl in Weissrussland verfügbaren Umsiedlungen viel weiter, als es die ICRP empfiehlt.

Grenzen der Dekontamination

Dekontamination eines radioaktiv kontaminierten Gebietes bedeutet nichts anderes, als dass kontaminiertes Material aus diesem Gebiet entfernt, sicher abtransportiert und an einem anderen Ort gelagert wird. Im Gegensatz zur chemischen Dekontamination, bei der die Chemikalien tatsächlich zerstört werden können, ist dies bei der radioaktiven Kontamination nicht möglich. Gängige Dekontaminationsmethoden, wie sie auch in Japan angewendet werden, sind das Abspritzen von Dächern und Strassen mit dem Hochdruckreiniger, das Abbürsten der Dächer u. ä. Teilweise wird der Strassenbelag entfernt und ersetzt. Auf Feldern wird die oberste Schicht Erde abgetragen. Die Wirksamkeit dieser Methoden ist untersucht und in [5] ausführlich beschrieben worden. Man kann daraus den Schluss ziehen, dass die wirksamste Methode darin besteht, Gebäude zu

zerstören und neu aufzubauen, Strassenbeläge zu entfernen und zu ersetzen und auf Feldern die oberste Schicht Erde abzutragen. Diese Methoden haben den Nachteil, dass dadurch riesige Mengen an radioaktiv kontaminierten Materialien zusammenkommen, die sicher gelagert werden müssen.

Strukturerhaltende Methoden, wie Bürsten oder Staubsaugen, haben den Vorteil, dass viel weniger Abfall produziert wird. Beim Abspritzen mit Wasser wird zwar das Wasser kontaminiert, dieses kann aber eingesammelt und gereinigt werden. Allerdings haben diese Methoden den Nachteil, dass damit nur ein Bruchteil der Kontamination entfernt wird. Die Erfahrungen in Japan sind in Tabelle 2 aufgelistet [6].

In Wohngebieten, wo die Dächer mit Hochdruckreiniger abgespritzt und/oder abgebürstet wurden, konnte eine Reduktion der ODL um etwa 50 Prozent erreicht werden. Die Strassen wurden teilweise mit dem Hochdruckreiniger abgespritzt, teilweise wurde der Strassenbelag abgetragen und ersetzt. Die Felder wurden hauptsächlich durch Abtragung der obersten Schicht Erde dekontaminiert. Deswegen ist dort die Wirksamkeit der Dekontamination am höchsten.



Ein Arbeiter reinigt das Ziegeldach eines Hauses in Naraha (August 2013). Die Dekontaminationsarbeiten in Japan erweisen sich als kostspielig und zeitaufwändig. Besonders die kurzfristige Lagerung der abgetragenen Materialien schafft Probleme und trifft auf den Widerstand betroffener Gemeinden. Zudem lässt der Abwasch von

Bäumen und Pflanzen die radioaktive Belastung in bereits dekontaminierten Gebieten wieder ansteigen. Auch die Asche von Abfallverbrennungsöfen muss zwischengelagert werden. Die Regierung drängt daher lokale Behörden, Abraum zu sammeln, bis ein Endlager zur Verfügung steht.

Die kontaminierten Gebiete sind, wie anfangs erwähnt, in drei Zonen eingeteilt worden. In Zonen mit einer berechneten Jahresdosis von weniger als 20 mSv dürfen Menschen wieder wohnen, wobei hier weitere Massnahmen getroffen werden, um langfristig die Dosisbelastung unter 1 mSv/Jahr zu senken. Gebiete mit einer Jahresdosis zwischen 20 und 50 mSv werden dekontaminiert, so dass die Bevölkerung bald wieder dorthin zurückkehren kann. Dies sollte in absehbarer Zeit auch realisiert werden. Hingegen ist nicht zu erwarten, dass Gebiete mit einer Jahresdosis von mehr als 50 mSv ohne Zerstörung und Entsorgung der Gebäude und Abtragung der obersten Schicht Erde wieder bewohnbar gemacht werden können.

Lehren aus Fukushima

Mit dem Dosismassnahmenkonzept DMK aus der ABCN-Einsatzverordnung sind in der Schweiz die Massnahmen geregelt, die im Falle eines radiologischen Ereignisses zum Schutz der Bevölkerung angeordnet würden. Je nach Situation würde der geschützte Aufenthalt (im Gebäudeinneren, Keller oder Schutzraum) oder, falls möglich, die vorsorgliche Evakuierung angeordnet. Sollte eine solche nicht möglich sein, würde nach Durchzug der radioaktiven

Wolke je nach Strahlungslage eine nachträgliche Evakuierung angeordnet. Zudem würde in Abwindrichtung grossflächig ein Ernte-, Weide-, Jagd- und Fischereiverbot angeordnet, was gewährleistet, dass die Bevölkerung keine kontaminierten Lebensmittel konsumiert. Eine solche Massnahme fehlte in Japan, was zum Verzehr kontaminierter Lebensmittel führte.

Unmittelbar nach dem Ereignis ist es von äusserster Wichtigkeit, die Bevölkerung über die Verstrahlungslage zu informieren. Sobald eine verängstigte Bevölkerung beginnt, im Internet einzelne, unbestätigte, von Laien produzierte Messwerte aufzuschalten, hat der Staat versagt. Die Messungen sollten zwingend nach einem festgelegten Protokoll und ausschliesslich mit geeichten Messgeräten durchgeführt werden. Werden diese Regeln nicht eingehalten, sind die angegebenen Werte nutzlos, schüren unberechtigte Ängste oder täuschen im schlimmsten Fall eine nicht vorhandene Sicherheit vor.

Die Schweiz verfügt mit der Aeroradiometrie über ein potentes Mittel, die nötigen Messwerte rasch zu beschaffen und zu kommunizieren. Leider erlaubt die Wetterlage in der Schweiz den Einsatz von Helikoptern nur sporadisch,

was sich während der Gesamtnotfallübung vom November 2013 erneut bestätigte. Bei schlechter Wetterlage können die Bodenradiometrie-Fahrzeuge der Schweizer Armee eingesetzt werden, um sich ein Bild der Lage zu verschaffen. Messtrupps der A-EEVBS werden eingesetzt, um genauere Informationen vor Ort einzusammeln, wie Messung der ODL, der Nuklidverteilung mittels Gamma-Spektrometrie oder Probenahmen zur Analyse im LABOR SPIEZ.

In der Schweiz sind die für ein radiologisches Ereignis erforderlichen Sofortmassnahmen zwar verfügbar, doch es fehlt ein Konzept zur langfristigen Bewältigung. Ein solches Konzept wird derzeit erarbeitet. Es wird wahrscheinlich vorsehen, das kontaminierte Gebiet, ähnlich wie in Japan, in drei Zonen mit unterschiedlicher Strahlenbelastung einzuteilen.

In einer ersten Zone wird die Bevölkerung weiterhin dort leben können und vorübergehend einer leicht erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt sein. Wie hoch dieser Toleranzwert sein wird, muss noch festgelegt werden. Die japanischen Behörden haben ihn auf 20 mSv/Jahr festgelegt. Langfristig sollen Dekontaminationsmassnahmen durchgeführt werden, um die Strahlenbelastung aufgrund der Kontamination unter 1 mSv/Jahr zu senken.

In einer zweiten Zone wird die Bevölkerung aus dem Gebiet evakuiert, bis dieses so weit dekontaminiert worden ist, dass der Toleranzwert (in Japan 20 mSv/Jahr) unterschritten wird. Danach kann die Bevölkerung wieder in das Gebiet zurückkehren. Auch in diesem Gebiet wird weiterhin dekontaminiert, bis die Strahlenbelastung unter 1 mSv/Jahr gesunken ist.

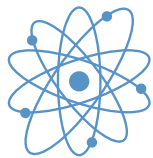
Zur Optimierung der Dekontaminationsmassnahmen in diesen beiden Zonen wird ein sehr ausgiebiges Messprogramm notwendig sein. Der Beitrag zur Ortsdosisleistung einer jeden Strasse, jedes Daches, jedes Baumes, jedes Gartens muss bestimmt werden. Notwendig wird es auch sein, lokale Hotspots zu identifizieren. Da zwischen dem Ereignis und der Dekontamination mit grösster Wahrscheinlichkeit mehrere Wochen bis Monate verstreichen werden, ist davon auszugehen, dass ein Teil der Kontamination in der Zwischenzeit durch Niederschlag weggespült und am Strassenrand oder in Pfützen deponiert wurde. Eine prioritäre Dekontamination dieser Hotspots kann bereits einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der ODL leisten. Für die Messorganisation wird dies eine besondere Herausforderung darstellen.

Nach der Dekontamination muss das Gebiet wieder ausgemessen werden, um deren Wirksamkeit zu überprüfen. Bevor die Menschen wieder in ihre Häuser zurückzukehren dürfen, muss jedes Haus, jede Wohnung und jedes einzelne Zimmer ausgemessen werden. Auch hier ist mit einem enormen Aufwand zu rechnen, der von der heutigen Messorganisation kaum zu bewältigen sein wird.

In einer dritten Zone wird die Strahlenbelastung als so hoch angesehen, dass dieses Gebiet nicht innerhalb nützlicher Frist unter den Toleranzwert dekontaminiert werden kann. Die Bevölkerung dieses Gebietes sollte sofort definitiv umgesiedelt werden. Ähnlich wie in Weissrussland sollte ein Grenzwert festgelegt werden, bei welchem diese Massnahme vollzogen werden sollte. Da bei einem KKW Unfall viele kurzlebige Nuklide freigesetzt werden, die nach einigen Wochen abgeklungen sind, sollte dieser Wert nuklidspezifisch für die zu erwartenden langlebigen Nuklide festgelegt werden (z. B. 1500 kBq/m² für Cs-137). Eine andere Möglichkeit besteht darin, zehn Tage nach der Freisetzung eine Messung der Ortsdosisleistung vorzunehmen und die Bevölkerung aus jenen Gebieten umzusiedeln, in denen ein gewisser Wert (z. B. 25 µSv/h) überschritten wird. Dies zu bestimmen, wird Aufgabe einer Arbeitsgruppe sein, die ein Konzept für die Rückkehr zum Normalzustand ausarbeiten muss. Diese Arbeitsgruppe wird sich bei ihren Entscheidungen auf die Empfehlungen der ICRP und der IAEA sowie auf die Erfahrungen in Japan und Weissrussland stützen können.

Referenzen

1. A. Izumo, Experience and Challenges in the Remediation of Contaminated Areas after the Fukushima NPP Accident
2. ICRP Publication 111, Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency, 2008
3. J. Lochard, The Human Dimension of Remediation after a Nuclear Accident, Presentation at the International Experts' Meeting on Decommissioning and Remediation after a Nuclear Accident, IAEA, Vienna, 28.1. – 1.2.2013
4. Actions to protect the public in emergency due to severe conditions at a light water reactor, IAEA, May 2013
5. EURANOS, Generic Handbook for Assisting in the Management of Contaminated Inhabited Areas in Europe following a Radiological Emergency V1.0, May 2007, bezogen unter http://www.euranos.fzk.de/Products/EURANOS_InhabitedHandbook_Version1.0.zip
6. Kaname Miyahara (JAEA), Overview of the results of the decontamination model projects



Trinkwasseranalytik in der Demokratischen Republik Kongo

Alfred Jakob

Biologisch und chemisch verschmutztes Trinkwasser ist eines der gravierendsten Gesundheitsprobleme in Entwicklungsländern. Fehlende sanitäre Einrichtungen, defekte Abwassersysteme, Düngemittel in der Landwirtschaft, Industrieabwässer und kontaminierte Böden verschmutzen das Grundwasser und gefährden die Bevölkerung. 2010 hatten in der Demokratischen Republik Kongo mehr als 35 Millionen Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Im Auftrag der UNEP und UNICEF hat das LABOR SPIEZ 2013 ein «Water Safety Plan» (WSP) Projekt im Rahmen des grossen Entwicklungsprojektes «VEA - Villages et Ecoles Assainis» unterstützt.

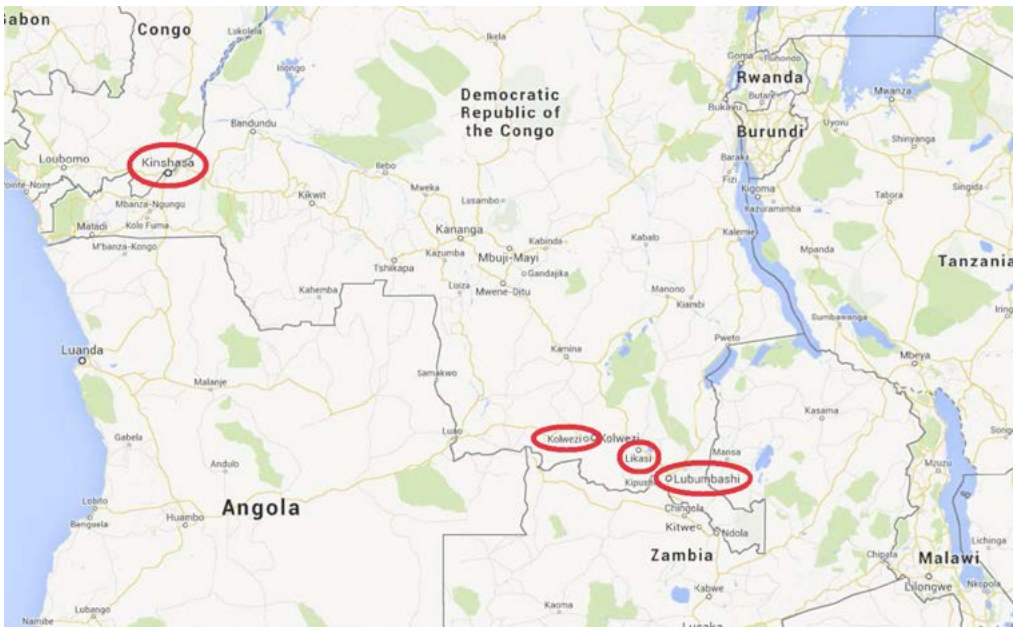
Das staatliche Projekt VEA – Villages et Ecoles Assainis – läuft seit 2006 und wird von der UNICEF unterstützt. Übergeordnetes Ziel ist die Versorgung von 4 Millionen Menschen in rund 6000 Dörfern und 1250 Schulen mit sauberem Trinkwasser bis 2017. Im Kongo wird das Trinkwasser durch häusliche Abwässer (Fäkalien) massiv mikrobiologisch mit pathogenen Erregern belastet. Abwässer aus Minen können Säuren und Schwermetalle enthalten, die das Ökosystem von Flüssen belasten und

Fischbestände gefährden. In den grossen Bergbaugengebieten, welche besonders im Süden der Demokratischen Republik Kongo die Flüsse belasten, könnte heute auch das Grundwasser durch gesundheitsgefährdende, toxische Schwermetalle kontaminiert werden.

Einwandfreies Trinkwasser ist klar, farblos, geruchlos, mikrobiologisch und chemisch nicht verunreinigt und hat einen guten Geschmack. Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss das Grundwasser mit seinen Fassungen vor Verunreinigungen geschützt werden.

Bis Ende 2012 konnten im Rahmen des Projektes bereits in etwa 3000 Dörfern und 1000 Schulen des Landes die hygienischen Bedingungen dank Ausbildung und sanitären Installationen verbessert werden.

Um die Wirksamkeit der bisherigen Massnahmen zu überprüfen und allfällige weitere Massnahmen zu erkennen, untersuchte das LABOR SPIEZ in ausgewählten ländlichen und städtischen Regionen des Landes rund 50 Trinkwasserfassungen. Für die Beurteilung der mikrobiologischen und chemischen Trinkwasserqualität kam das mobile Labor des



Untersuchung von Trinkwasserfassungen in ausgewählten ländlichen und städtischen Regionen des Kongo

Schweizerischen Humanitären Korps (SKH) zum Einsatz. Feldtaugliche Messgeräte erlauben während der Probenahme die Untersuchung des Wassers auf Trübung, Leitfähigkeit, Farbe, Geruch, Temperatur und pH-Wert, eine Analyse verschiedener chemischer Parameter sowie ein sehr aussagekräftiger mikrobiologischer Test bei jeder Trinkwasserfassung im Feld. Die detaillierten chemischen Analysen der Proben zur umfassenden Bestimmung der Trinkwasserqualität erfolgten durch die Gruppe Umweltanalytik in Spiez.

Die Analyseergebnisse der Mission von 2013 und die daraus gewonnenen Erkenntnisse für das Projekt erlauben den Auftraggebern UNICEF sowie den kongolesischen Gesundheitsbehörden, konkrete Schritte zur weiteren Verbesserung der Trinkwasserqualität und somit der Lebensqualität der Bevölkerung einzuleiten.

(<http://www.ecole-village-assainis.cd/>)

Mit der Elementanalysemethode ICP-MS (Induktiv gekoppelte Plasma Massenspektrometrie) wurden die Konzentrationen der toxischen Schwermetalle, wie zum Beispiel Cadmium, Arsen, Quecksilber und Kobalt, im Spurenbereich (Mikrogramm pro Liter) analysiert. Die Analytik der Mineralsalzkonzentrationen des Trinkwassers und die Konzentrationen der Verunreinigungsindikatoren Nitrat und Ammonium erfolgten mittels Ionenchromatographie (IC).

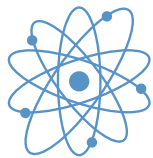
Als Teilauftrag des Projektes fanden zahlreiche Gespräche mit Gesundheitsbehörden und Universitäten statt sowie Besuche bei lokalen Laboratorien, um deren analytische Kompetenzen zur Trinkwasserkontrolle abzuschätzen und den Handlungsbedarf für den Aufbau einer notwendigen analytischen Infrastruktur im Land (laboratory capacity building) aufzuzeigen.



Feldmessung am Quellbrunnen



Mikrowellenaufschluss der Wasserproben in Spiez



Radionuklide in Sedimenten des Bielersees

Dr. Stefan Röllin

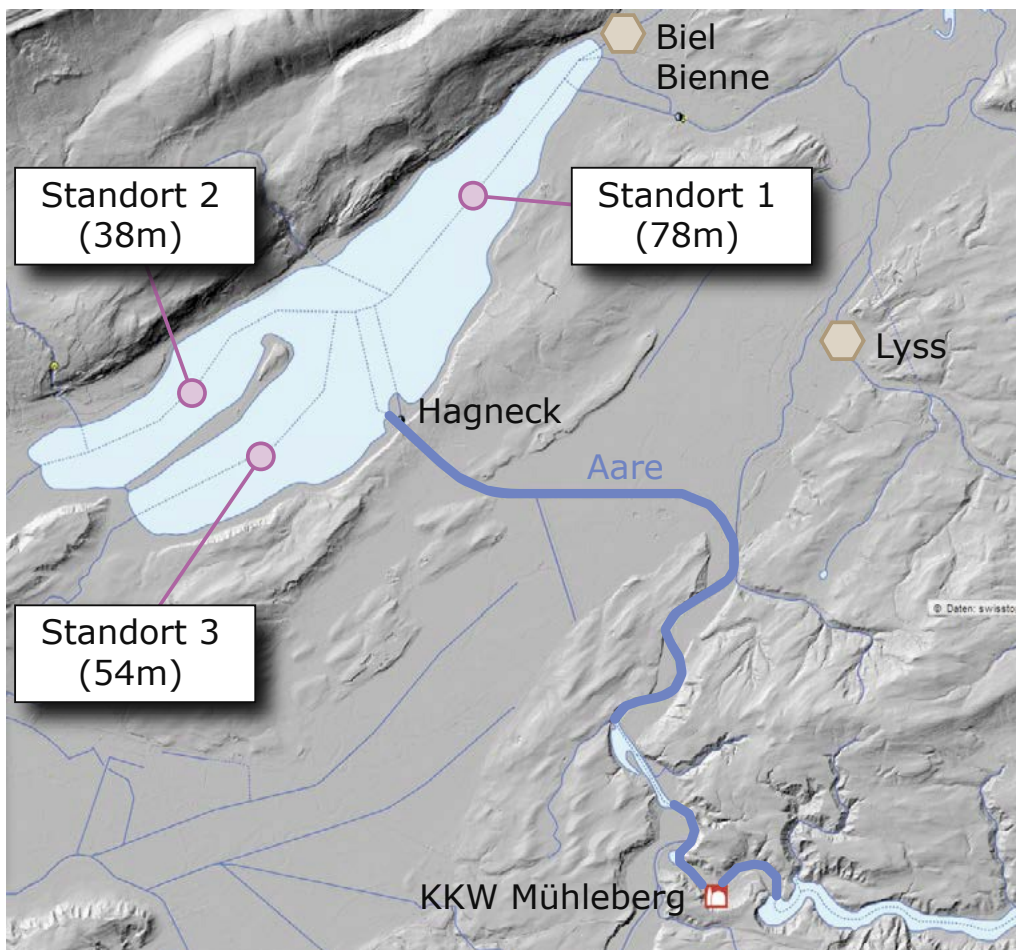
Im Rahmen der Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz analysiert die Gruppe Radioaktivität seit 1995 Sedimentprofile von Seen. Die für 2013 geplante Probenahme am Bielersee gewann an Aktualität, da die Schweizer Medien anhand der Publikation von Thevenon (2013) über einen leicht erhöhten Eintrag von radioaktivem Cs-137 um das Jahr 2000 in den Bielersee berichtet hatten.

Anhand von Sedimentkernen lässt sich die Geschichte eines Sees rekonstruieren: Jedes Jahr lagert sich eine neue Sedimentschicht auf dem Seegrund ab. Die einzelnen Schichten sind in einem Tiefenprofil sehr gut erkennbar. Eine Alters-Tiefenbeziehung lässt sich herstellen anhand der zwei deutlich erkennbaren Cs-137 Einträge aufgrund des Reaktorunglückes von Tschernobyl im Jahr 1986 sowie dem Eintrag aufgrund der Kernwaffentests, mit dem maximalen Eintrag im Jahre 1963. Bereits 1998 konnte die EAWAG aufzeigen, dass es im Bielersee zwischen den typischen Cs-137 Einträgen von 1986 und den 60er-Jahren weitere deutlich erkennbare Cs-137 Einträge aufgrund von Abgaben des Kernkraftwerkes Mühleberg gab. Zudem konnte auch vom Kernkraftwerk Mühleberg abgegebenes Co-60 nachgewiesen

werden. Ziel der hier präsentierten Arbeiten von 2013 war es, die erhöhten Cs-137 Einträge um das Jahr 2000 zu verifizieren und Hinweise auf deren Ursprung zu bekommen.

Probennahme und Aufarbeitung

Der Bielersee besteht aus zwei von Südwesten nach Nordosten ausgerichtete Becken, die durch eine schmale Halbinsel getrennt sind und später zu einem weiteren, gemeinsamen Becken vereinen. Der Zihlkanal speist als Abfluss des Neuenburgersees das Becken nördlich der Halbinsel, während das Becken südlich der Halbinsel von der Aare bzw. dem Aare-Hagneck-Kanal gespeist wird. Vom gemeinsamen nordöstlichen Becken fliesst das Wasser über den Nidau-Büren-Kanal in das alte Flussbett der Aare weiter. Am Ufer der Aare, flussaufwärts befindet sich das seit 1971 betriebene Siedewasser Kernkraftwerk Mühleberg, welches Wasser der Aare zur Kühlung verwendet. Die Sedimentkerne BL13-1a, BL13-2d, BL13-3d wurden am 17. bzw. 18. Juli 2013 an den tiefsten Stellen der drei Becken des Bielersees entnommen.



Am 17. und 18. Juli 2013 wurden an den tiefsten Stellen der drei Becken des Bielersees Sedimentkerne entnommen. Drei der Kerne (je einer pro Standort) wurden von der EAWAG untersucht, drei weitere Kerne vom LABOR SPIEZ, in Zusammenarbeit mit der Hochschule Ravensburg-Weingarten und dem geographischen Institut der Universität Bern.

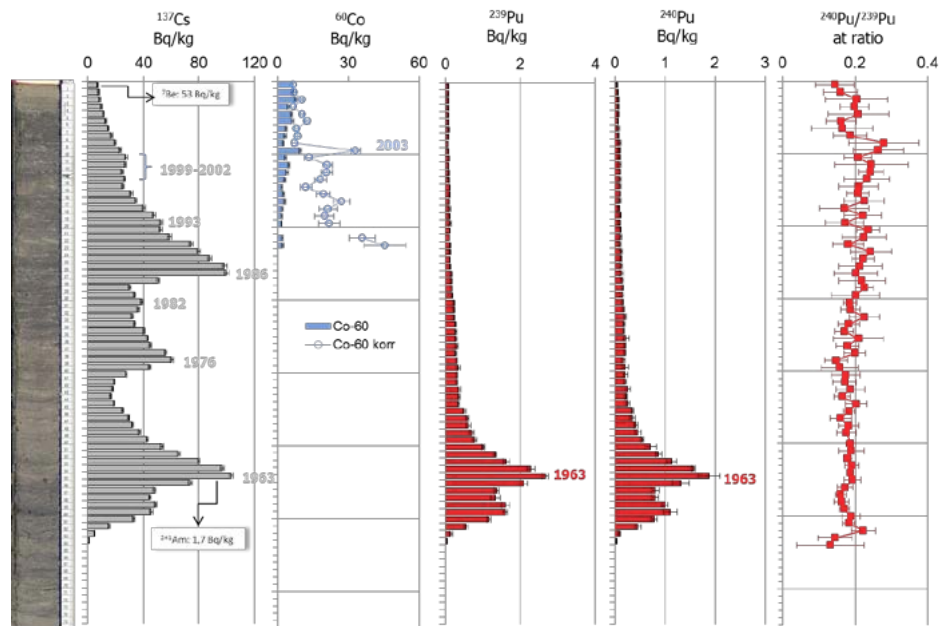
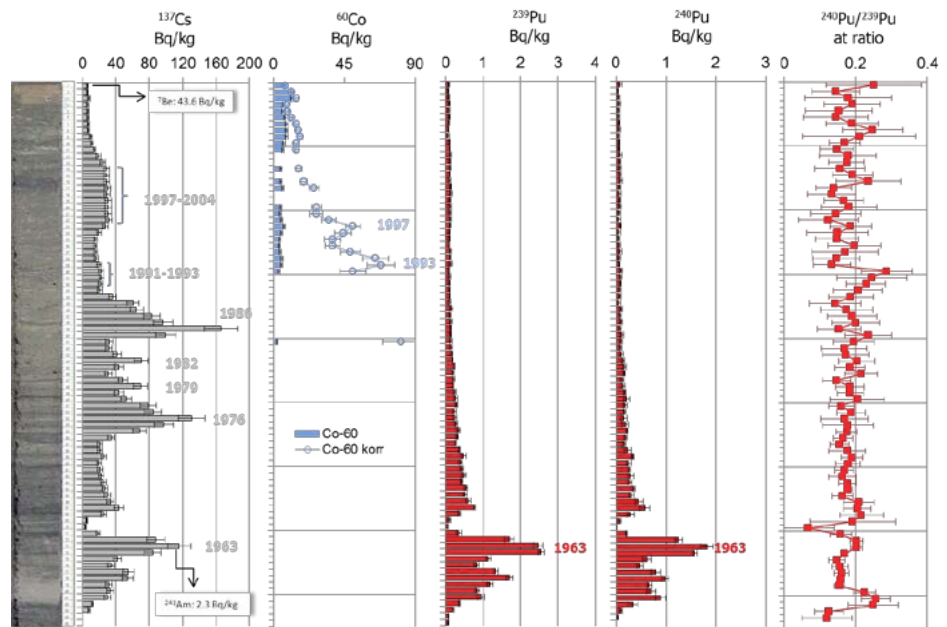
Die Probennahme erfolgte in Zusammenarbeit mit der EAWAG. Der Sedimentstecher verfügte über ein auswechselbares Plastikrohr mit einem Innendurchmesser von 6 cm und wurde durch sein Eigengewicht in das Sediment getrieben. Die so entnommenen, etwa 1 Meter langen Sedimentkerne wurden im geographischen Institut der Universität Bern längs in zwei Hälften getrennt, fotografiert und in 1 cm dicke Schichten aufgeteilt. Die Proben wurden in Polystyrol Dosen eingewogen, gefriergetrocknet, anschliessend homogenisiert und gamma-spektrometrisch (Cs-137, Co-60) je einen Tag lang gemessen. Für die massenspektrometrischen Bestimmungen (Pu-239, Pu-240) wurden die Proben verascht und mit einem Schmelzaufschluss aufgelöst. Für die Plutoniumbestimmungen wurde zudem das Plutonium mittels Extraktionschromatographie abgetrennt.

Für die Tiefen-Alters-Beziehung wurden die durchschnittlichen Sedimentationsgeschwindigkeiten für die Perioden 2013–1986 und 1986–1963 bestimmt:

Standort	Zeit	R in cm/a
BL13-1a	2013–1986	1.41
	1986–1963	1.48
BL13-2d	2013–1986	0.96
	1986–1963	1.22
BL13-3d	2013–1986	0.67
	1986–1963	0.91

Durchschnittliche Sedimentationsgeschwindigkeiten (R) an 3 Standorten im Bielersee

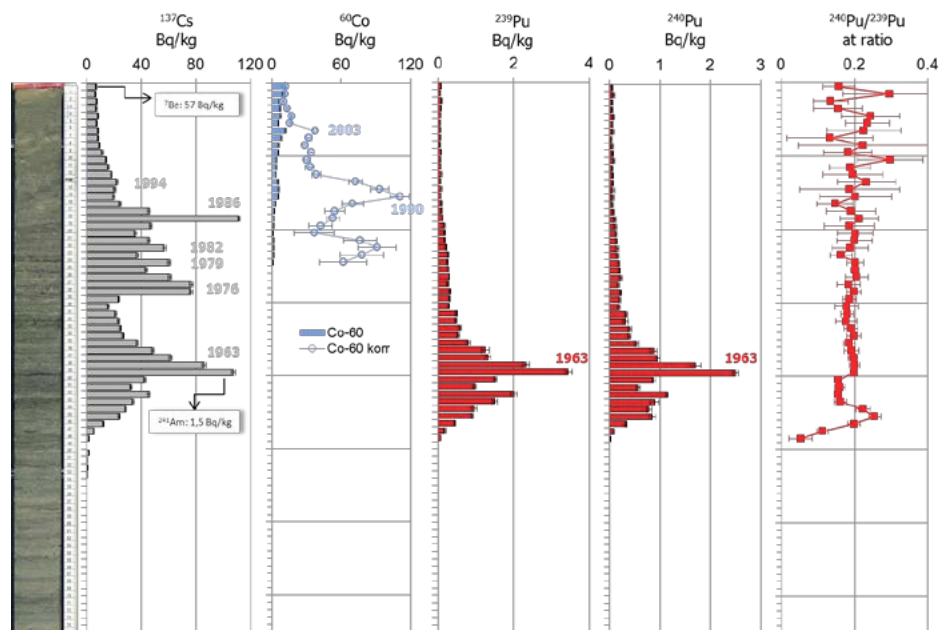
Die Tiefenverteilungen von Cs-137 zeigen deutlich erhöhte Einträge zwischen 1972 und 1986. Diese Einträge stimmen sehr gut mit den Abgaben des KKW Mühleberg überein. Auch nach 1986 konnten leicht erhöhte Cs-137 Einträge in den Sedimenten nachgewiesen werden. In zwei Sedimenten konnte um das Jahr 2000 ein erhöhter Eintrag nachgewiesen werden. An den drei Positionen wurde jeweils ein zusätzlicher Kern genommen und an der EAWAG analysiert. Die Cs-137 Aktivitäten der Kerne von der gleichen Position stimmten sehr gut überein. In den zusätzlichen Kernen wurde jedoch für das Jahr 2000 an allen drei Positionen ein leicht erhöhter Cs-137 Eintrag gefunden. Der Grund für solche Unterschiede können Umlagerungen von Sedimenten sein. Unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Datierung stimmen diese Einträge mit den



Tiefenverteilung künstlicher Radionuklide in den Sedimentkernen der drei Standorte BL13-1a, BL13-2d und BL13-3d

In den Abbildungen ist links das Foto des längs aufgeschnittenen Sediments zu sehen. Bei allen Sedimenten ist deutlich eine jahreszeitlich bedingte hell-dunkel Lamellierung zu erkennen. Teilweise sind die Lamellierungen auch auf einzelne Ereignisse wie Stürme zurückzuführen.

Aktivitätskonzentrationen bezüglich des Trockengewichtes sind rechts vom Foto dargestellt. Anhand der Tiefenverteilung von Cs-137 sind deutlich die Einträge aufgrund des Reaktorunglückes von Tschernobyl 1986 und der Atomwaffentests der 60iger Jahre sowie der jeweils exponentiell abnehmende Eintrag aus dem Einzugsgebiet des Sees zu erkennen.



vom Kernkraftwerk Mühleberg deklarierten erhöhten Abgaben für das Jahr 1999 überein. Die gemessenen Cs-137 Werte sind nicht gesundheitsgefährdend und liegen weit unter den Grenzwerten, wie sie in der Verordnung des Eidgenössischen Departements des Innern EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln festgeschrieben sind. Im Unterschied zu den Sedimenten des Thuner- und Brienersees (Röllin 2011), kann in den Sedimenten des Bielersees Co-60 nachgewiesen werden. Aufgrund der relativ kurzen Halbwertszeit von Co-60 (5,3 Jahre) nehmen die Aktivitätskonzentrationen exponentiell mit der Tiefe ab. Die zerfallskorrigierten Co-60 Aktivitätskonzentrationen (Co-60 korr) zeigen jedoch deutlich, dass der Eintrag von Co-60 aufgrund von Abgaben des Kernkraftwerkes Mühleberg mit der Zeit abgenommen hat.

Die Tiefenverteilungen der Plutoniumisotope zeigen nur den Eintrag aufgrund der Kernwaffentests. Dies wird durch das Isotopenverhältnis von Pu-240/Pu-239 bestätigt. Ein Wert von 0,18 ist typisch für Global Fallout Plutonium. Für Plutonium aus dem Mühlebergreaktor würde man ein höheres Isotopenverhältnis erwarten.



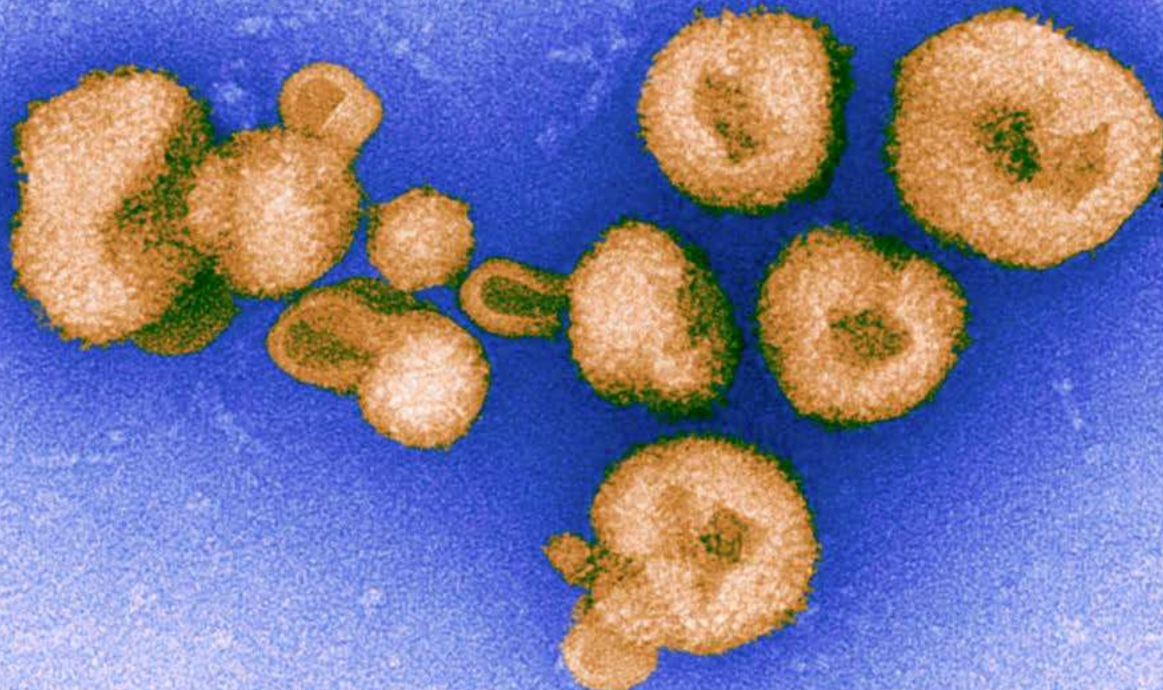
Sedimentprobennahme Bielersee (Kollegen von der Hochschule Ravensburg-Weingarten und EAWAG)

Referenzen

1. Thevenon, F, Wirth, S., Fujak, M., Poté, J., Girardclos, S., Human impact on the transport of terrigenous and anthropogenic elements to peri-alpine lakes (Switzerland) over the last decades, Aquatic Sciences, 2013, vol. 75, no. 3, p. 413-424
2. Röllin, S., Holzer, R., Sahli, H., Astner, M., Byrde, F., Burger, M., Klemt, E., Putyrskaya V. (2011), Natürliche und künstliche Radionuklide in Sedimenten von drei Schweizer Seen, Jahresbericht 2011, Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz, Bundesamt für Gesundheit, BAG

Vgl. auch: BAG, Abteilung Strahlenschutz Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2013, Radionuklide in Sedimenten des Bielersees

- S. Röllin, Labor Spiez, Bundesamt für Bevölkerungsschutz des VBS, 3700 Spiez
 J. Beer, Eawag, Abteilung Surf/RT, 8600 Dübendorf
 B. Balsiger, Labor Spiez, Bundesamt für Bevölkerungsschutz des VBS, 3700 Spiez
 M. Brennwald, Eawag, Abteilung W+T, 8600 Dübendorf
 S. Estier, Sektion Umweltradioaktivität URA, BAG, 3003 Bern
 E. Klemt, Hochschule Ravensburg-Weingarten, D-88250 Weingarten
 A. Lück, Eawag, Abteilung Surf/RT, 8600 Dübendorf
 V. Putyrskaya, Hochschule Ravensburg-Weingarten, D-88250 Weingarten
 H. Sahli, Labor Spiez, Bundesamt für Bevölkerungsschutz des VBS, 3700 Spiez
 P. Steinmann, Sektion Umweltradioaktivität URA, BAG, 3003 Bern



Forschungsprojekte im Biosicherheitslabor

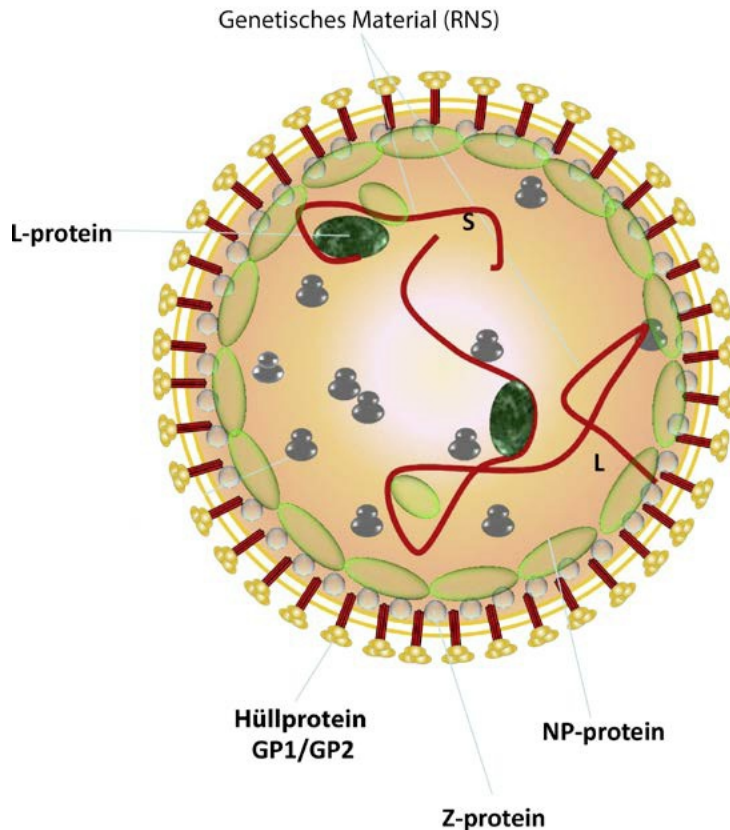
Prof. Dr. Stefan Kunz, Prof. Dr. Stephen Leib, Dr. Andreas Bucher

Im Jahr 2014 geht die höchste Sicherheitsstufe des Biosicherheitslabors im LABOR SPIEZ in Betrieb. Die geplanten Arbeiten im Labor dienen der Diagnostik von hochpathogenen Krankheitserregern sowie der Erforschung von Krankheitsentstehung, -verbreitung und Therapiemöglichkeiten. Die Projekte erfordern einen konkreten Bezug zum Bevölkerungsschutz, sie müssen auf wissenschaftlichen Prinzipien basieren, und sie müssen sinnvoll sein, also wissenschaftlich und gesellschaftlich wichtige Fragen angehen und verlässliche Antworten liefern.

Zwei Projekte mit dem Institut für Mikrobiologie der Universität Lausanne (IMUL) gehören zu einer Reihe von Projekten, die im Anschluss an die stufenweise wissenschaftliche Inbetriebnahme des Biosicherheitslabors in Spiez bearbeitet werden sollen. Dies nicht zuletzt aus dem Grund, dass nur das LABOR SPIEZ über die notwendigen Sicherheitsinstallationen verfügt, um diese Studien durchführen zu können. Beide Projekte kombinieren neue und vielversprechende Technologien mit einem hochrelevanten biomedizinischen Problem und könnten damit den Weg zur Entwicklung einer ersten Schutzimpfung gegen hämorrhagische

Arenaviren bereiten. In den letzten Jahrzehnten sind mehrere Arenaviren als Erreger häufig tödlich verlaufender hämorrhagischer Fieber (VHF) in Menschen aufgetreten. In Afrika verursacht das Lassavirus mehrere hunderttausend Infektionen pro Jahr und bedroht derzeit über 180 Millionen Menschen. Auf dem amerikanischen Kontinent sind die südamerikanischen hämorrhagischen Fiebertypen Junin, Machupo, Guanarito und Sabia für lokale Epidemien mit hoher Sterblichkeitsrate verantwortlich. Der internationale Luftverkehr importiert regelmässig Fälle von Arenavirus VHF in Grossstädte überall auf der Welt, was die lokalen Bevölkerungen gefährdet. Aufgrund ihrer Gefährlichkeit werden die hämorrhagischen Arenaviren von den Centers of Disease Control and Prevention als Erreger der Kategorie A klassifiziert, welche eine beträchtliche Gefahr für die öffentliche Gesundheit und Sicherheit darstellen. Derzeit ist keine allgemein zugelassene Impfung gegen Arenaviren erhältlich und die gegenwärtigen therapeutischen Mittel sind sehr beschränkt. Die Entwicklung neuer, wirksamer Medikamente und Impfungen gegen diese tödlichen Viren ist deshalb von hoher Priorität.

Struktur des Arenavirus



In den letzten Jahrzehnten sind Arenaviren als Erreger häufig tödlich verlaufender hämorrhagischer Fieber (VHF) in Menschen aufgetreten.

Ein Hauptziel des Forschungsprogrammes ist die Identifizierung von Wirtszellfaktoren, welche pathogene Arenaviren für ihre Vermehrung benötigen. Im angewandten Teil des Programms werden solche essentielle zelluläre Faktoren als Wirkstoffziele neuer antiviraler Medikamente evaluiert.

Ein interdisziplinäres Projekt mit Prof. Melody Swartz von der Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne (EPFL) befasst sich mit der Entwicklung eines Impfstoffes gegen humanpathogene Arenaviren, basierend auf einer neuartigen Nanopartikel-Plattform.

Projekt 1: Entwicklung neuer Medikamente gegen pathogene Arenaviren

Beim hämorrhagischen Fieber, welches von Arenaviren verursacht wird, korreliert der tödliche Krankheitsverlauf eng mit der Virenlast, was auf einen Wettstreit der viralen Vermehrung mit der Immunabwehr des Patienten schliessen lässt. Medikamente, welche verschiedene Schritte des viralen Vermehrungszyklus blockieren, könnten die virale Vermehrung bremsen und dem Immunsystem des Patienten die nötige Zeit verschaffen, eine effiziente Abwehrreaktion zu entwickeln.

Die Entwicklung antiviraler Medikamente wird derzeit durch die nur lückenhafte Kenntnis der molekularen Struktur der Arenaviren beschränkt. Als obligat zelluläre Parasiten sind Arenaviren in ihrer Vermehrung jedoch essentiell auf die molekulare Maschinerie der Wirtszelle angewiesen. Wirtszellfaktoren, welche für die virale Replikation notwendig sind, stellen deshalb interessante therapeutische Ziele für antivirale Medikamente dar. Die angewandte Forschung des IMUL identifiziert solche essentiellen Wirtszellfaktoren und entwickelt spezifische Inhibitoren, welche als Kandidaten für antivirale Medikamente evaluiert werden. Ein Beispiel stellt die zelluläre Proproteinase Subtilisin Kexin Isozyme 1 (SKI-1)/Site 1 Protease (S1P) dar, welche für die Biosynthese des fusionsaktiven viralen Glykoproteins (GP) der Virushülle notwendig ist. Bisherige Studien haben gezeigt, dass dieser molekulare Mechanismus für Infektion und Verbreitung von Arenaviren essentiell ist [1–6]. Durch Experimente mit menschlichen Zellkulturen konnte ein starker antiviraler Effekt von SKI-1/S1P Inhibitoren auf die Vermehrung von human pathogenen Arenaviren bestätigt werden [7–10]. Um die Anwendbarkeit dieser SKI/S1P Inhibitoren als antivirale

Therapie zu evaluieren, müssen diese auch in einem komplexen lebenden Organismus untersucht werden. Zu diesem Zweck ist geplant, ein neues Mausmodell für die Infektion mit Lassavirus [11] und Machupovirus [12] zu verwenden.

In Zusammenarbeit mit dem LABOR SPIEZ soll das prophylaktische und therapeutische Potential von SKI-1/S1P Inhibitoren als antivirale Medikamente im Biosicherheitslabor in vivo getestet werden.

Unterstützung: SNF Grant FN 310030-149746
SNF Grant FN 31003A-135536
Universität Lausanne

Projekt 2: Entwicklung einer Arenavirusimpfung basierend auf Nanopartikeln

Aufgrund der derzeit nur unzureichenden therapeutischen Möglichkeiten hat die Entwicklung einer sicheren Schutzimpfung gegen pathogene Arenaviren eine hohe medizinische Priorität. Im Rahmen eines interdisziplinären Projektes zwischen IMUL und den Forschungsgruppen vom Institute of Bioengineering der EPFL wurde eine neue rekombinante Schutzimpfung gegen humanpathogene Arenaviren entwickelt. Während der ersten Projektphase konnte eine Schutzimpfung basierend auf Nanopartikelformulierungen entwickelt werden, welche eine T-Zellantwort auslösen können. Eine besondere Herausforderung stellt jedoch die Herstellung von Schutzimpfungs-Formulierungen dar, die die Bildung von so genannten neutralisierenden Antikörpern gegen human pathogene Arenaviren bewirken können. Zu diesem Zweck wurde ein neuer Typ von Nanopartikeln entwickelt, welche das virale Protein (Antigen) in seiner natürlichen Faltung präsentieren kann, was die Erfolgsaussichten für die Bildung von neutralisierenden Antikörpern stark erhöht. Studien in Mäusen, welche nur im Biosicherheitslabor durchgeführt werden können, sollen dabei untersuchen, ob eine schützende Wirkung dieser neuentwickelten Impfung erreicht werden kann.

Unterstützung: SNF Interdisciplinary Grant
FN CR2312-143754

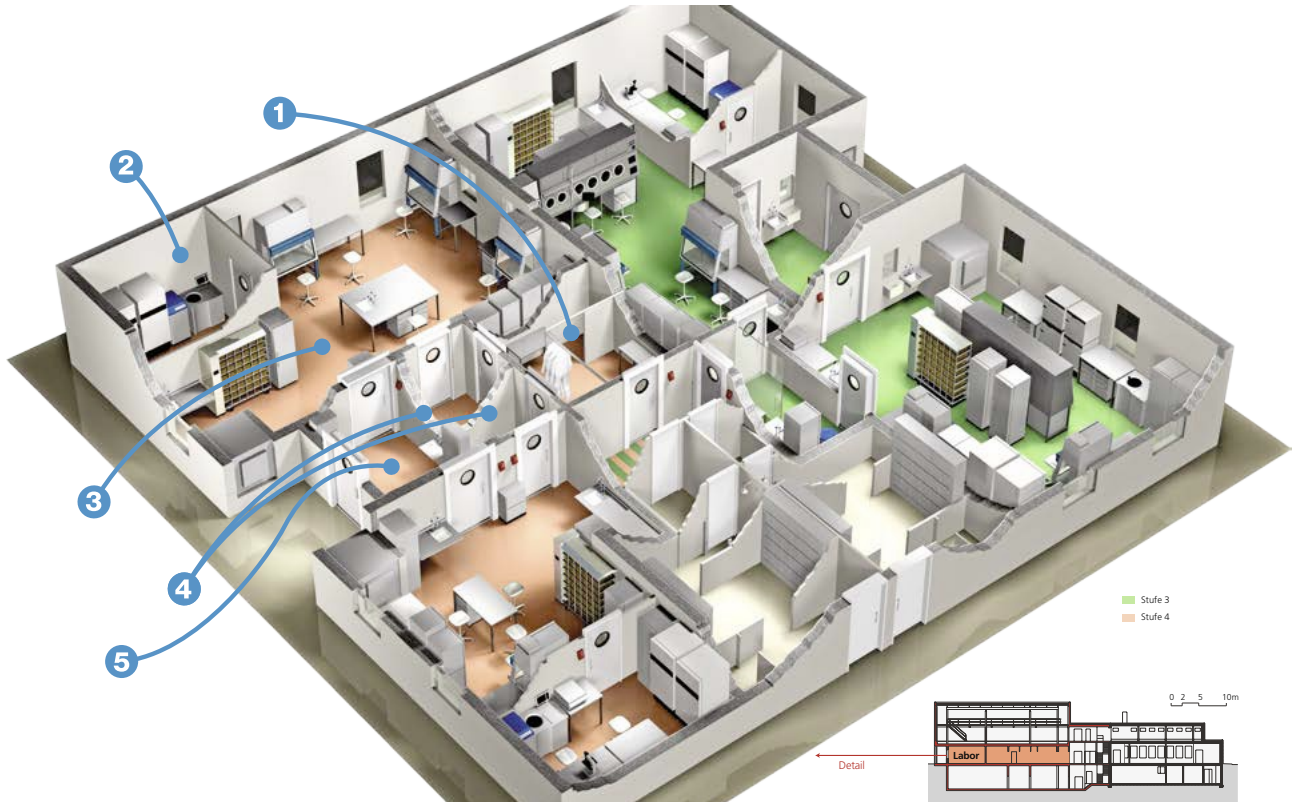
Für die Entwicklung neuer Therapiemöglichkeiten sind begrenzte und gut begründete Studien an Ratten und Mäusen ein unverzichtbares Element. Tierstudien sind nach wie vor von essentieller Bedeutung, um die immunologischen Vorgänge eines Impfschutzes aufzuzeigen und weiter zu optimieren. So sind etwa die Forscher des IMUL nur dank Tierstudien in der Lage, Kandidaten für Nanopartikel-Impfungen für Lassa und Machupovirus zu erproben. Der Fachbereich Biologie des LABOR SPIEZ wird Tierstudien im neuen Biosicherheitslabor

in enger Zusammenarbeit mit universitären Partnern durchführen. Die Tierstudien werden so geplant, dass der Umfang der Versuche und insbesondere der Belastungsgrad möglichst tief gehalten werden kann. So werden genaue Abbruchkriterien für die Versuche definiert und die Tiere täglich kontrolliert. Zu diesem Zweck wird im Biosicherheitslabor eine Tierhaltungs- und Tierversuchs-Einheit gemäss der Verordnung des BVET vom 12. April 2010 über die Haltung von Versuchstieren und die Verfahren bei Tierversuchen eingerichtet. Eine vertraglich vereinbarte Unterstützung durch Dr. med. vet. Max Müller, Leiter Experimental Animal Center der Medizinischen Fakultät der Universität Bern, ermöglicht den Aufbau der Versuchstierhaltung und deren Betriebsstruktur.

Die Schweiz hat eine der weltweit umfassendsten Tierschutzgesetzgebungen mit einem besonders strikte geregelten Bereich für Tierstudien:

- Jeder Tierversuch muss in der Schweiz begründet und bewilligt werden. Dabei sind verschiedene Gremien involviert, die sich gegenseitig kontrollieren. Eine wichtige Rolle spielen Tierversuchskommissionen, in denen auch Tierschutz-Organisationen Einsitz haben.
- Die Forschenden müssen aufzeigen, dass der Nutzen der Versuche für die Gesellschaft grösser ist als das Leiden der Tiere (Güterabwägung) und dass es keine Alternativmethoden gibt.
- Die kantonale Tierversuchskommission begutachtet das Gesuch und gibt eine Empfehlung: Ablehnung, Annahme mit Auflagen (z. B. bez. Methode, Anzahl Tiere, Tierart) oder Annahme.
- Wer Tierversuche durchführt, muss über die nötigen Kenntnisse verfügen. Seit 1999 müssen Forschende eine Tierschutz-Ausbildung absolvieren und regelmässig Weiterbildungen besuchen. Auch Personen, die Versuchstiere betreuen, müssen ausgebildet sein.

Einrichtung des Biosicherheitslabors

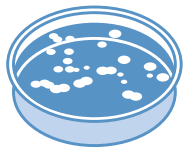


Die Biosicherheitsstufe 4 in Spiez

1. Anzugaum
2. Dunkelraum mit Ultrazentrifuge und Fluoreszenz-Mikroskop
3. Inkubatoren, Kühlschränke, Gefrierschränke, Sicherheitswerkbänke, Doppeltür-Autoklav, Tierhaltungs-Einheiten
4. Chemische Duschen
5. Materialschleuse

Referenzen

1. Beyer, W.R., et al., Endoproteolytic processing of the lymphocytic choriomeningitis virus glycoprotein by the subtilase SKI-1/S1P. *J Virol*, 2003. 77(5): p. 2866-72.
2. Kunz, S., et al., Mechanisms for lymphocytic choriomeningitis virus glycoprotein cleavage, transport, and incorporation into virions. *Virology*, 2003. 314(1): p. 168-78.
3. Lenz, O., et al., The Lassa virus glycoprotein precursor GP-C is proteolytically processed by subtilase SKI-1/S1P. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2001. 98(22): p. 12701-5.
4. Rojek, J.M., et al., Site 1 protease is required for proteolytic processing of the glycoproteins of the South American hemorrhagic fever viruses Junin, Machupo, and Guarito. *J Virol*, 2008. 82(12): p. 6045-51.
5. Burri, D.J., et al., Differential recognition of Old World and New World arenavirus envelope glycoproteins by subtilisin kexin isozyme 1 (SKI-1)/site 1 protease (S1P). *J Virol*, 2013. 87(11): p. 6406-14.
6. Burri, D.J., et al., Molecular characterization of the processing of arenavirus envelope glycoprotein precursors by subtilisin kexin isozyme-1/site-1 protease. *J Virol*, 2012. 86(9): p. 4935-46.
7. Maisa, A., et al., Inhibition of Lassa virus glycoprotein cleavage and multicycle replication by site 1 protease-adapted alpha(1)-antitrypsin variants. *PLoS Negl Trop Dis*, 2009. 3(6): p. e446.
8. Rojek, J.M., et al., Targeting the proteolytic processing of the viral glycoprotein precursor is a promising novel antiviral strategy against arenaviruses. *J Virol*, 2010. 84(1): p. 573-84.
9. Pasquato, A., et al., Evaluation of the anti-arenaviral activity of the subtilisin kexin isozyme-1/site-1 protease inhibitor PF-429242. *Virology*, 2012. 423(1): p. 14-22.
10. Urata, S., et al., Antiviral activity of a small-molecule inhibitor of arenavirus glycoprotein processing by the cellular site 1 protease. *J Virol*, 2011. 85(2): p. 795-803.
11. Yun, N.E., et al., Mice lacking functional STAT1 are highly susceptible to lethal infection with Lassa virus. *J Virol*, 2013. 87(19): p. 10908-11.
12. Bradfute, S.B., et al., A STAT-1 knockout mouse model for Machupo virus pathogenesis. *Viol J*, 2011. 8: p. 300.



Ricin im Biodünger?

Marc-André Avondet

Ricin ist ein toxisches Protein, welches in den Samen der Zier- und Nutzpflanze *Ricinus communis* vorkommt. Dieses Gift untersteht aufgrund seiner Potenz sowie aufgrund von potenziell grossen verfügbaren Mengen als sogenannte Liste 1 Verbindung den Regularien des Chemiewaffenübereinkommens (CWÜ). Als Nebenprodukt der industriellen Ricinusölproduktion besteht zudem immer ein gewisses Risiko, dass es absichtlich oder unabsichtlich zu Vergiftungen im Zusammenhang mit Produktionsrückständen kommt. In Deutschland sind seit dem Jahr 2000 immer wieder Vorfälle mit Biodünger aufgetreten. Das LABOR SPIEZ untersuchte 2013 entsprechende Verdachtsproben in der Schweiz.

Ende Mai 2013 erreichte das LABOR SPIEZ eine Anfrage eines Hundebesitzers aus der Ostschweiz. Er bat um Unterstützung bei der Abklärung des Todesfalls seines Vierbeiners im März 2013. Der Tierhalter war der Meinung, dass sein Hund an einer Ricinvergiftung [1, 2], verursacht durch das Fressen von ricin- und ricininhaltigem Biodünger, verendet sei. Diese Vermutung wurde in einem Artikel der Konsumentenzeitschrift K-Tipp vom 22. Mai 2013 publiziert [3]. Es wurde kein Verdachtsmaterial gesammelt und es lagen auch keine gesicherten Feststellungen zur genauen Todesursache

des Tieres vor. So konnte das LABOR SPIEZ nur Unterstützung in Form von Informationsmaterial beziehungsweise Beratung leisten. Es handelte sich hier um den ersten solchen Vorfall mit Biodünger in der Schweiz.

Der Hundebesitzer wurde beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) vorstellig mit dem Argument, ein Bioprodukt, welches eine stark giftige Substanz enthält, müsse verboten werden. Das BLW entsprach dem Anliegen und verfügte Mitte Juni 2013 ein sofortiges Verbot von potenziell ricinhaltigen Beimengungen (*Ricinus communis* Schrot) bei der Herstellung von Düngemitteln [4]. Der Hersteller des Biodüngers, die Firma Oekohum mit Sitz im Kanton Thurgau, war mit diesem Entscheid nicht einverstanden und forderte eine Übergangsfrist, um ihre gelagerten Vorräte noch verwerten zu können. Zur Abklärung der Sachlage beauftragte die Firma Anfang Juni das LABOR SPIEZ mit der Untersuchung ihres *Ricinus communis* Schrotes und Biodüngers auf den Gehalt an Ricin. Die Entgegennahme dieses Auftrages erfolgte in Absprache mit dem BLW. Die Leitung des Fachbereichs Dünger begrüsst die Abklärung, um die Dimension des Problems richtig erfassen zu können. Zu jenem Zeitpunkt sah sich die Firma Oekohum mit hohen Schadenersatzforderungen seitens der betroffenen Hundebesitzer konfrontiert.

Seit 1980 sind vor allem in Deutschland immer wieder Vergiftungsfälle von Hunden mit sogenanntem Biodünger aufgetreten. Diese Biodünger bestanden in der Regel aus einer Mischung von Nebenprodukten der Tierproduktion (Blut-, Knochen- oder Hornmehl) sowie Pressrückständen aus der Herstellung von Ricinusöl, dem *Ricinus communis* Schrot. Die Zugabe dieser Nebenprodukte machen die Biodünger für die Hunde attraktiv, sodass die Tiere durchaus grössere Mengen davon fressen können.

Aufgrund fehlender oder unvollständiger Inaktivierung (Hitzebehandlung) des im Pressrückstand enthaltenen Ricins wurden die Hunde vergiftet und manche sind in der Folge verendet. Im Jahr 2010 gab es eine weitere Vergiftungswelle, die Ursache war erneut Biodünger mit einem relativ hohen Gehalt an Ricin und Ricinin [5]. Dabei wurden neun Hunde vergiftet, und der pathologische Befund eines Hundes zeigte die typischen Zeichen einer schweren, hämorrhagischen Gastroenteritis. Die Laboranalysen ergaben einen Wert von 1715 mg/kg Ricin im Biodünger; der entsprechende Grenzwert liegt bei 50 mg/kg (EU) [6].

Im Gegensatz zu den in Deutschland verkauften Biodüngern basiert der betroffene Biodünger in der Schweiz auf einer rein pflanzlichen Formulierung aus Rapschrot und *Ricinus communis* Schrot ohne tierische Beimengungen. Es stellt sich daher die Frage, in wie weit Hunde überhaupt an einem «vegetarischen» Produkt interessiert sind. Da kein aktuelles Probenmaterial untersucht werden konnte und auch kein pathologischer Befund des toten Hundes erhoben wurde, fehlt der Beweis, dass Ricin aus dem Biodünger wirklich die Ursache für den Tod des Hundes gewesen ist.

Untersuchung des Schweizer Biodüngers

Von den drei Proben, welche in grossen Mengen (mehrere Kilogramm) angeliefert wurden, erfolgte eine repräsentative Stichprobenahme mit einem anschliessenden Mahlvorgang zur Homogenisierung des für die Analysen verwendeten Probenmaterials. In einem weiteren Schritt wurden die Proben mit einer am Robert Koch-Institut Berlin entwickelten Methode extrahiert. Dabei werden die wasserlöslichen Anteile (unter anderem auch Ricin) mit PBS-Puffer aus dem Probenmaterial herausgelöst, anschliessend zentrifugiert und filtriert.

Dieser Extrakt wurde für die Bestimmung der Ricin-Konzentration mit einem immunologischen Nachweisverfahren (ELISA) [7] verwendet. Für die Bestimmung der Ricinin-Konzentration mit einem chromatographischen Nachweisverfahren (HPLC-DAD) wurde ein methanolischer Extrakt eingesetzt.



Probe 1 = *Ricinus communis*-Schrot (Originalzustand)



Probe 2 = *Ricinus communis*-Schrot (pelletiert)



Probe 3 = Biodünger (pelletiert)

Der Düngemittelhersteller stellte dem LABOR SPIEZ für die Untersuchungen drei verschiedene Proben zur Verfügung: *Ricinus communis* Schrot, wie es als Nebenprodukt bei der Ricinusölherstellung anfällt, zu Pellets extrudiertes Schrot sowie die pelletierte Biodünger-Formulierung aus Raps- und *Ricinus communis* Schrot.

Tabelle 1: Ergebnisse der Ricin- und Ricinin-Bestimmung [8]

Proben	Ricinkonzentration [mg/kg] (n=4)	Ricininkonzentration [mg/kg] (n=2)
Ricinus communis Schrot (Probe 1)	810	1700
Ricinus communis Schrot pelletiert (Probe 2)	170	2100
Biodünger pelletiert (Probe 3)	120	840

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der analysierten Proben. Sie wurden ebenfalls durch die Gruppe Mikrobielle Toxine des Robert Koch-Institutes Berlin auf den Gehalt an Ricin untersucht. Die Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung mit denjenigen der Gruppe Toxinologie des LABOR SPIEZ. Mit einem funktionellen Assay (Cytotoxizitätsassay mit Verozellen) wurde auch die biologische Aktivität der Proben bezüglich Ricin bestimmt [9]. Die Daten zeigten eine relativ gute Korrelation mit der mittels ELISA bestimmten Ricinkonzentration. Das bedeutet, dass das in den Proben bestimmte Ricin auch biologisch aktiv ist. Mittels Gelelektrophorese (SDS-PAGE) und Western-Blot konnte Ricin eindeutig identifiziert werden.

Die in der Probe 1 gemessene Konzentration erscheint auf den ersten Blick relativ hoch. Bezogen auf die Konzentration von nicht hitzeinaktiviertem Ricinus communis Schrot hat die Probe eine Restkonzentration an aktivem Ricin von lediglich 3%. Das bedeutet, dass durch die Hitzeinaktivierung 97% des Ricins zerstört werden. Die Basis für diese Abschätzungen bilden Messungen der Ricinkonzentration in den Samen von verschiedenen Kultivaren Ricinus communis [10]. Nach der Pelletierung reduziert sich die Konzentration um weitere 79% in der Probe 2. Der Grund dafür liegt in einer weiteren Inaktivierung durch den Extrusionsprozess (Pelletierung) bei ca. +80°C. In der Formulierung des Ricinus communis Schrots mit Rapschrot zum Biodünger und der anschließenden Pelletierung resultiert schlussendlich eine Ricinkonzentration im gebrauchsfertigen Produkt von 120 mg/kg.

Bezüglich des Riciningehaltes sind keine behördlichen Grenzwerte bekannt. Der Gehalt im Schrot des pflanzeneigenen Insektizides (Ricinus communis) ist mit 1700 mg/kg relativ hoch und es erfolgt auch keine Hitzeinaktivierung durch den Extrusionsprozess. Lediglich die Formulierung des Ricinus communis Schrot zum Biodünger bewirkt einen «Verdünnungseffekt» auf etwa den halben Wert.

Fazit

Gemessen an der früheren Beurteilungspraxis der Düngemittelverordnung liegen die festgestellten Ricinkonzentrationen zu hoch. Der Wert der Probe 1 liegt bezogen auf die ent-

sprechende EU-Verordnung, welche bis Mitte 2013 auch in der Schweiz angewendet wurde, um einen Faktor 16 zu hoch (< 50 mg/kg). Selbst im formulierten Biodünger ist die Ricinkonzentration mehr als doppelt so hoch.

Die Firma Oekohum hat Anfang November 2013 mitgeteilt, dass sie ihre fehlerhafte Lagerware an Ricinus communis Schrot aufgrund des zu hohen Ricingehaltes an ihren französischen Lieferanten retournieren konnte. Als Alternative ist ein Biodünger ohne Ricinus communis Schrot entwickelt worden. Die Hundebesitzer haben ihre Forderungen zurückgezogen.

Der Entscheid des Bundesamtes für Landwirtschaft, den Einsatz von Ricinus communis Schrot für die Herstellung von Düngemitteln zu verbieten, ist als vernünftige Lösung zu bezeichnen. Bei einer Regelung mit einem Grenzwert besteht immer die Gefahr, dass zuweilen Produkte mit hohem Ricin-Gehalt in den Handel kommen können. Wenn sich hingegen alle Düngemittelhersteller und Importeure an ein Verbot halten, sollte es in der Schweiz künftig keine Vergiftungsfälle von Hunden mit ricinhaltigem Biodünger mehr geben.

Nach wie vor nicht gelöst ist die Frage, was mit der riesigen Menge von Ricinus communis Schrot geschehen soll, die als unerwünschtes Nebenprodukt der weltweiten Ricinusölproduktion von mehr als einer Million Tonnen jährlich entsteht. Diese Frage steht im Zusammenhang mit einem möglichen Missbrauch für terroristische Zwecke [11]. Das im Schrot enthaltene Ricin könnte relativ einfach extrahiert und zu einem hochgiftigen Rohprodukt aufgearbeitet werden.

Ricin ist zusammen mit Saxitoxin in der Liste 1 des Chemiewaffenabkommens (CWÜ) aufgeführt und unterliegt somit einem umfassenden Verbot zur Entwicklung, Herstellung, Lagerung und Einsatz. Aus diesem Grund beschäftigt sich das LABOR SPIEZ als Referenzlabor der OPCW neben den konventionellen C-Kampfstoffen auch mit den beiden gelisteten Toxinen. Realproben, wie der 2013 für zivile Auftraggeber untersuchte ricinhaltige Biodünger, sind deshalb zu Übungszwecken willkommen, denn so kann eine hohe Bereitschaft zur Untersuchung von Verdachtsproben aufrecht erhalten werden.

Düngemittel: Gefährliche Leckerbissen für Hunde

Bio-Dünger: «Hunde sind wegen seines Geschmacks scharf darauf»

Pflanzendünger ist für Hunde unwiderstehlich. Labrador Harry musste eingeschlafert werden: Er hatte Rizinusschrot gefressen.

Es ist der Sonntag vor Ostern: K-Tipp-Leser Serge Pfändler aus Zuzwil SG ist mit seinem Labrador Harry unterwegs. Auf dem Feld eines kleinen Rebbergs in Schönholzerswilen TG spürt der Hund ausgestreute Pellets auf. Pfändler beobachtet, wie sein Hund davon frisst.

Nur wenige Stunden später erbricht der Labrador – und dies gleich mehrmals. Pfändler fährt am nächsten Tag mit ihm in die Tierklinik Nesslau. Für die behandelnde Tier-



Hundehalter Serge Pfändler mit Luna: Labrador Harry (oben) starb an Rizinus-Pellets

Tierhalter Serge Pfändler ist enttäuscht von dieser Antwort: «Schade, dass Bio Suisse hinter Machenschaften steht, die Leben und Umwelt gefährden.»

«Rizinusschrot enthält einen Rest Rizin»

Vertreiberin des Rizinusschrots ist die Ökohum GmbH in Herrenhof TG. Sie hält einen Herstellungsfehler für ausgeschlossen. Geschäftsführer Res Schilling sagt: «Rizinusschrot enthält auch nach dem Erhitzen einen Rest Rizin.» Der Labrador hätte aber eine sehr grosse Menge Pellets fressen müssen, damit eine Vergiftung eintrete.

Pikant: Ganz so harmlos dürfte Rizinusschrot aber doch nicht sein. Bis vor

K-Tipp vom Mai 2013

Referenzen

- 1 Fact-Sheet Ricin LABOR SPIEZ (Web-Seite Toxinologie)
- 2 LABOR SPIEZ Jahresbericht 2011 «Ricinin als Markersubstanz bei Ricinvergiftungen»
- 3 K-Tipp Nr. 22. Mai 2013 Seite 5 «Düngemittel: Gefährliche Leckerbissen für Hunde»
- 4 Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV vom 10. Januar 2001) Änderung auf den 01. Januar 2014
- 5 Ricinus communis Intoxications in Human and Veterinary Medicine – A Summary of Real Cases; Sylvia Worbs et al; Toxins 2011, 3(10), 1332-1372
- 6 Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung – DüMV) vom 05.12.2012 (EU)
- 7 Vorschrift L054 200 Bestimmung von Ricin mittels Immunoassay (ELISA)
- 8 Prüfbericht Nr. 2013-T005 vom 29.08.2013
- 9 Vorschrift L054 210 Cytotoxizitätsassay mit Verozellen für die Überprüfung der biologischen Aktivität von Ricin
- 10 Bericht LS 2010-07 «Ricin aus verschiedenen Kultivaren von Ricinus communis – Charakterisierung und Nachweis»
- 11 Ricin as a weapon of mass terror-separating fact from fiction. Schep LJ, Temple WA, Butt GA, Beasley MD. Environ Int. 2009 Nov;35(8):1267-71. Epub 2009 Sep 19. Review



Chemiewaffen im Syrien-Konflikt

Stefan Mogl, Dr. Peter Siegenthaler, Dr. Beat Schmidt

Der Konflikt in Syrien und die Fragen zum Einsatz von Chemiewaffen haben die Arbeiten des Fachbereichs Chemie 2013 massgeblich geprägt. Unter anderem in Spiez wurde der Beweis der UNO erbracht, dass im syrischen Bürgerkrieg 2013 das Nervengas Sarin zum Einsatz gekommen war. Anspruchsvolle analytische Aufgaben, verbunden mit einer hohen Medienpräsenz, prägten die Arbeit der Chemiker 2013–2014. Das Kampfstoff Verifikationslabor stand dabei einige Wochen lang im Fokus der Weltöffentlichkeit.

Was im März 2011 mit Demonstrationen gegen ein seit 48 Jahren gültiges Ausnahmegesetz begann, entwickelte sich in Syrien zu einem Bürgerkrieg, in dem es Ende 2012 bei Angriffen gegen Stellungen von Rebellen in der Stadt Homs zum Einsatz von Giftgas gekommen sein soll. Noch ein halbes Jahr zuvor hatte US-Präsident Barack Obama mit einem Militärschlag gegen Syrien gedroht, sollte das Regime von Baschar al-Assad chemische Waffen einsetzen oder deren Einsatz vorbereiten. Die US-Regierung hätte Assad und «jedem Spieler in der Region unmissverständlich klar gemacht, dass es eine rote Linie für uns wäre, es enorme Konsequenzen hätte, wenn wir an der Chemiewaffenfront Bewegung oder einen Einsatz sehen», erklärte der Präsident im August 2012.

Anfang 2013 wurde in internationalen und Schweizer Medien diskutiert, um welche Stoffe es sich bei den angeblichen Einsätzen von 2012 gehandelt haben könnte. Der Fachbereich Chemie nahm dabei wiederholt Stellung zu Fragen der Analytik bzw. zur Aussagekraft von allfälligen Proben, sollte eine Untersuchung vor Ort überhaupt möglich sein.

In der Verifikationsanalytik – bei der Frage, ob chemische Kampfstoffe eingesetzt wurden oder nicht – wird generell zwischen der Analytik von klinischen Proben und Umweltproben unterschieden. Bei ersteren handelt es sich um Urin- oder Blutproben von Opfern (exponierten Personen) oder Organproben von toten Tieren. Klinische Proben sollten in der Regel innerhalb weniger Tage nach einer vermuteten Exposition genommen werden, da der Kampfstoff und die daraus im Körper gebildeten Metabolite (Reaktionsprodukte) ausgeschieden werden und sich dadurch nur noch schwer oder gar nicht mehr nachweisen lassen. Bei der Erhebung von Umweltproben werden jene Proben sichergestellt, welche direkt mit dem Kampfstoff in Kontakt waren, oder auf welchen eine möglichst hohe Konzentration an Kampfstoff oder dessen Abbauprodukte vermutet wird. Dazu gehören Munitionsteile, Boden- und Materialproben aber auch Wischproben von Oberflächen, welche nahe der Einschlagstelle

Die UNO-Untersuchung hat in Syrien klare und überzeugende Beweise für einen Angriff mit dem Nervengas Sarin am 21. August 2013 in der Nähe von Damaskus gefunden. Der Kampfstoff wurde mit Boden-Boden-Raketen verschossen und auch gegen Zivilisten eingesetzt.

von Geschossen erhoben werden und bei welchen ein Kontakt mit dem Kampfstoff vermutet wird. Wichtig für die Aussagekraft der Proben ist eine ununterbrochene Beweiskette (*Chain of Custody*), also die lückenlose Dokumentation über den Weg der Probe von der Entnahmestelle bis zum Analyselabor. Damit wird sichergestellt, dass eine Manipulation auf dem Transportweg zum Analyselabor vermieden wird bzw. erkannt wird (z. B. durch ein gebrochenes Siegel).

Eine intensive Debatte in den Medien befasste sich mit der Identität der mutmasslich eingesetzten Stoffe. Dabei versuchten Experten anhand der Symptombeschreibung von Patienten in lokalen Spitälern Rückschlüsse auf die Art der eingesetzten Substanzen zu ziehen. Das Resultat dieser Diskussion war sehr unspezifisch: Agent 15, Reiz- sowie Nervenkampfstoffe wurden von Beobachtern als Auslöser der Symptome in Betracht gezogen. Die Breite der erwägten Stoffklassen machte deutlich, wie schwierig eine Ferndiagnose anhand beschriebener Symptome sein kann. Zudem ist eine Manipulation der übermittelten Informationen nie ganz auszuschliessen.

Im Laufe der Spekulationen über die Identität der mutmasslich eingesetzten Stoffe entstanden zuweilen Fehlinterpretationen der Chemiewaffenkonvention (CWC): Gewisse Medien behaupteten, allfällige weniger giftige Stoffe, wie zum Beispiel ein Reizstoff oder ein Halluzinogen, seien keine Chemiewaffe. Fakt

jedoch ist, dass jede Chemikalie, welche aufgrund ihrer toxischen Wirkung in einem militärischen Konflikt eingesetzt wird, gemäss CWC als Chemiewaffe gilt und deren Einsatz folglich verboten ist. Dazu gehören ausdrücklich auch Reizstoffe wie z. B. Tränengas, auch wenn deren Einsatz durch die Polizei zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung erlaubt ist.

Überraschend beantragte die syrische Regierung beim UNO Generalsekretär (UNSG) am 20. März 2013 die Auslösung des *Secretary General Mechanism*. Dieser Prozess erlaubt dem UNSG, auf Antrag eines UNO-Mitgliedstaates eine Untersuchung zur Verletzung der Chemiewaffen- bzw. der Biologiewaffenkonvention anzuordnen. Syrien verlangte die Untersuchung einer angeblichen Freisetzung von chemischen Kampfstoffen bei einem Gefecht am 19. März 2013 in Khan Al Asal. Tags darauf beantragten Frankreich und Grossbritannien, die UNO-Untersuchung auf weitere Vorfälle von angeblichen Chemiewaffeneinsätzen auszuweiten. Der UNSG ernannte Åke Sellström aus Schweden zum Leiter dieser Mission. Die Organisation für das Verbot von Chemiewaffen (OPCW) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) sollten mit ihren Experten diese Mission operativ begleiten. Die Vorbereitungen zur Mission liefen zwar rasch an, das Team konnte jedoch nicht einreisen, weil man sich mit Syrien nicht über den Zugang einigen konnte.

Zwei Monate später eröffnete der Britische Aussenminister William Hague dem Parlament in London, dass Grossbritannien über Informationen verfüge, welche den Einsatz von Chemiewaffen durch die syrische Regierung beweisen sollen. Zwei Wochen später meldete auch das französische Aussenministerium, man habe mittels Analyse von klinischen Proben aus Syrien eindeutig den Einsatz von Sarin nachweisen können. Später stellte sich heraus, dass es sich im französischen Fall um eine Blutprobe nach einer Flugzeug Attacke auf Saraqeb vom 29. April 2013 handelte.

Im gleichen Zeitraum kontaktierte das deutsche Nachrichtenmagazin DER SPIEGEL das LABOR SPIEZ. Das Magazin wollte Proben von angeblichen Chemiewaffeneinsätzen in Syrien durch Gewährsleute ausser Landes bringen und durch ein neutrales, für solche Analysen renommiertes Labor analysieren lassen. Das LABOR SPIEZ erklärte sich bereit, sein Fachwissen im Rahmen des Möglichen zur Verfügung zu stellen, musste die Analyse von Proben aber vor allem aufgrund der fehlenden Chain of Custody letztlich ablehnen. Das Magazin beklagte später nach der Sarin Attacke in Ghouta am 21. August, dass sämtliche Bemühungen, bei verschiedenen Staaten, bei der OPCW und bei der UNO ein Labor für die Probenanalytik zu finden, erfolglos blieben. Aus wissenschaftlicher Sicht war die Ablehnung der Proben korrekt. Die Kritik des Magazins ist aber nicht ganz unberechtigt, denn hätte die UNO-Untersuchung nicht Zugang zu Ghouta erhalten, wären diese Proben vielleicht wichtig geworden.

Am 21. August 2013 kontaktierte DER SPIEGEL das LABOR SPIEZ erneut und bat um fachliche Unterstützung. In den frühen Morgenstunden

hatte im Grossraum Ghouta eine Attacke stattgefunden. Kurz darauf kursierten Videos von Menschen mit spezifischen Vergiftungserscheinungen im Internet. DER SPIEGEL bat um eine Einschätzung der auf dem Videomaterial dokumentierten Symptome von Erwachsenen und Kindern. Nach einer Analyse des Video-Materials gab das LABOR SPIEZ am Abend des gleichen Tages SPIEGEL Online ein Interview. Darin wurde festgehalten, dass die in den Videos beobachteten Symptome einiger Opfer und insbesondere der Kinder tatsächlich von einer Vergiftung herrühren und nicht «gespielt» sind. Man kam ferner zum Schluss, dass die Symptome auf eine Vergiftung mit Cholinesterase-Hemmern hinweisen, welche unter anderem auch durch Nervenkampfstoffe hervorgerufen werden können.

Das UNO/OPCW Team hatte nach zähen Verhandlungen mit der syrischen Regierung am 18. August 2013 die Berechtigung für die Einreise erhalten und reiste nach Damaskus. Angesichts der Ereignisse vom 21. August und auf Insistieren mehrerer Mitgliedsländer beorderte der UNO-Generalsekretär das Untersuchungsteam zuerst nach Ghouta, um dort zwischen dem 26. und dem 29. August 2013 Proben zu erheben und Fakten zusammenzutragen.

Am 31. August wurde das LABOR SPIEZ von der OPCW angefragt, ob es bereit wäre, Proben der UNO/OPCW Mission in Syrien zu analysieren. Die Schweiz beantwortete diese Anfrage positiv.

Analyse der UNO-Proben in Spiez

Die Proben der UNO Mission in Syrien gelangten Anfang September zunächst ins OPCW Labor in Rijswijk, Niederlande. Dort wurden



Textil-, Boden und Flüssigproben aus Syrien.



Erstes Screening der Probengefäße mittels C-Nachweisgeräten



Die Analyse von 49 Proben bzw. rund 230 Unterproben benötigte mehr als 2400 Messungen mit parallel eingesetzten Analysensystemen.

diese für den Weiterversand an die designierten OPCW Labors vorbereitet, wobei die klinischen Proben an Institute in Schweden und Finnland und die Umweltproben nach Deutschland und in die Schweiz gingen. Begleitet von zwei OPCW Mitarbeitern gelangte die Probenlieferung für Spiez am Abend des 4. September 2013 mittels Charterflug nach Zürich-Kloten. Organisiert durch die Abteilung Internationale Beziehung Verteidigung IBV und begleitet von der Militärischen Sicherheit wurden die Proben nach Spiez gefahren.

Im Labor wurde nach dem Probenempfang als erstes überprüft, ob die Siegel an der Verpackung und den Probegefässen intakt sind und ob die Siegelnummern und Probengewichte mit den Angaben auf den Probenbegleiddokumenten der OPCW übereinstimmen. Um sicherzustellen, dass weder Verpackung noch Probegefässe kontaminiert sind, wurde der gesamte Auspackvorgang laufend mit verschiedenen tragbaren C-Nachweisgeräten (Handheld-Detektoren) auf die Anwesenheit von flüchtigen C-Kampfstoffen geprüft. Nach Kontrolle der Siegel und der Unterzeichnung des Übergabedokuments gingen die Proben offiziell an das LABOR SPIEZ über.

Bei den Proben handelte es sich um Boden-, Textil-, Gummi- und Haarproben sowie um Spülflüssigkeiten (Extrakte) von Wischproben und Geschoss-Fragmenten, die von den UNO-Inspektoren in Syrien erhoben und im OPCW-Labor aufgeteilt wurden (*splitting*). Zusätzlich enthielt das Probenset verschiedene Muster jener Lösungsmittel, welche in Syrien und in Den Haag im OPCW Labor bei der Erhebung und Vorbereitung der Proben verwendet wurden. Neben diesen so genannten «Lösungsmittel-Blanks» lieferte die OPCW zur Überprüfung der Analysenlabors eine mit Kampfstoff-relevanten Verbindungen dotierte Bodenprobe als «Positivkontrolle» sowie eine entsprechende undotierte Bodenprobe als «Negativkontrolle».

Da die Symptome der syrischen Opfer eine Vergiftung mit Nervengiften oder anderen Cholinesterase-Hemmern vermuten liessen, und auch die Resultate von inoffiziellen Untersuchungen an Probenmaterial aus dem syrischen Bürgerkrieg Hinweise auf den Ein-

satz des Nervengiftes Sarin gaben, lautete der Auftrag der UNO, die insgesamt 49 Proben prioritär auf die Anwesenheit des Nervengifts Sarin sowie Sarin-verwandten Verbindungen zu untersuchen und rasch möglichst einen Kurzbericht zu übermitteln.

Unmittelbar nach der offiziellen Übernahme der Proben wurden in der Nacht vom 4. auf den 5. September 2013 erste Muster für die Instrumentalanalytik vorbereitet. Ziel dabei war es, möglichst rasch mit der Analytik der Proben auf den verschiedenen Analysensystemen der Gruppe Organische Analytik zu beginnen. Dazu wurden in einem ersten Schritt die flüssigen Proben parallel mit Hilfe von Kernresonanz-Spektrometrie (NMR), Gaschromatografie-Massenspektrometrie (GC-MS), Gaschromatografie mit Atomemissions-Detektion (GC-AED) und Flüssigchromatografie-Massenspektrometrie (LC-MS) analysiert, wobei zur Zeitersparnis mehrere GC-MS Systeme eingesetzt wurden.

Bereits wenige Stunden nach Beginn der analytischen Arbeiten liess sich in ersten Übersichts-Analysen von Proben eindeutig Sarin nachweisen. Nach drei Tagen intensiver Analytik dann wurde ein erster Kurzbericht mit vorläufigen Resultaten an den Chef der UNO Mission Åke Sellström übermittelt. Daraus ging hervor, dass ein Grossteil der Proben Sarin und/oder Sarin-verwandte Verbindungen enthielt.

Es folgten weitere umfangreiche Aufarbeitungs- und Analysearbeiten mittels einer zweiten Analysetechnik sowie mit Hilfe von Referenzsubstanzen zur Bestätigung der Anwesenheit von Sarin bzw. Sarin-verwandten Verbindungen in positiven Proben. Zum eindeutigen Ausschluss dieser Verbindungen in den negativen Proben wurden mit Hilfe der empfindlichsten Analysetechniken weiterführende Untersuchungen vorgenommen.

Aus den 49 Proben resultierten rund 230 Unterproben. Zu deren Analyse wurden mehr als 2400 Messungen durchgeführt, wobei bis zu neun parallel eingesetzte Analysensysteme praktisch rund um die Uhr in Betrieb waren. Die grösste Herausforderung dieses Auftrags war die grosse Anzahl Proben und der damit verbundene Zeitdruck, was ein effizientes Zeitmanagement und eine zielführende Priori-



Friedensnobelpreis für die OPCW

Das Chemiewaffenübereinkommen ist zwar ein Abkommen unter Freiwilligen. Doch das Verifikationssystem hat Durchschlagskraft, denn mit der OPCW existiert eine unabhängige Organisation, die den Vertrag überprüft. Ende 2013 wurde die OPCW mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet, was die Organisation noch stärker in den Fokus der Weltöffentlichkeit rückte. Die OPCW erhielt den Preis «für ihren umfassenden Einsatz für die Vernichtung von Chemiewaffen». In den 16 Jahren ihres Bestehens wurden unter Aufsicht der OPCW bereits rund 58 000 Tonnen chemische Kampfstoffe vernichtet, das sind rund 80 Prozent der deklarierten Bestände. Die Publizität um den Friedensnobelpreis dürfte es der OPCW ermöglichen, weiterhin die nötigen Mittel zur Erfüllung ihres Mandats zu erhalten.

Der Friedensnobelpreis für die OPCW ist auch ein sehr erfreulicher Meilenstein in der Geschichte des LABOR SPIEZ, das aufgrund seiner Leistungen an internationalen Analytik-Ringversuchen bereits 1998 als eines der weltweit ersten Labors zum OPCW-Vertrauenslabor ernannt wurde. Heute umfasst das Netzwerk der OPCW rund 20 Vertrauenslabors, welche ihre Kompetenz einmal jährlich in Ringversuchen unter Beweis stellen müssen. Dabei hat sich das LABOR SPIEZ im Wettbewerb mit den weltweit renommiertesten Instituten einen Spitzenplatz erarbeiten können. Ferner hat das LABOR SPIEZ auch signifikante Beiträge zum Welterausbau der Referenz-Bibliothek für OPCW On-Site Analysen geleistet (OPCW Central Analytical Database, OCAD).

sierung der Arbeiten erforderte. Der organisatorisch komplexe Auftrag war ferner mit einem hohen Aufwand beim Proben- und Resultatmanagement sowie bei der Berichterstattung verbunden, was sich in den rund 1000 Arbeitsstunden des 6-köpfigen Analytikerteams widerspiegelt. Zudem stellten die unterschiedlichen Probentypen sowie die teilweise sehr geringen Probenmengen einige Anforderungen an die Probenaufarbeitung. Auch mussten gleichzeitig Proben mit sehr hohen Konzentrationen wie auch Proben mit lediglich Spuren von Sarin-verwandten Verbindungen aufgearbeitet und analysiert werden, wobei sich die Vermeidung und Beseitigung von Memory Effekten als komplex erwies.

Nach der Zustellung des Kurzberichts mit detaillierten Resultaten am 13. September 2013 wurde der 267-seitige Abschlussbericht mit sämtlichen analytischen Daten eine Woche später fertiggestellt und an die UNO-Mission übergeben.

Die Analysen des LABOR SPIEZ trugen dazu bei, dass die Untersuchungskommission der UNO in ihrem Abschlussbericht vom 16. September 2013 wissenschaftlich unwiderlegbare Beweise für den Einsatz von Chemiewaffen im Syrischen Bürgerkrieg vorlegen konnte. Dass das LABOR SPIEZ von der UNO als eines von vier Labors mit dem Auftrag der Syrien-Proben betraut wurde zeigt, dass die

Fachkompetenz des LABOR SPIEZ anerkannt ist und die Unterstützung der OPCW durch die Schweiz geschätzt wird.

Syrien wird OPCW Vertragsstaat

Syrien reichte am 14. September 2013 beim UNO-Generalsekretär seine Beitrittserklärung zur CWC ein und wurde dreissig Tage später – gemäss der Vorgabe im Chemiewaffenübereinkommen – am 14. Oktober 2013 Vollmitglied der OPCW. Um zu verhindern, dass syrische Chemiewaffen im vorherrschenden Konflikt erneut zum Einsatz kommen, fällte der OPCW Exekutivrat bereits am 27. September 2013 und somit vor Ablauf der üblichen Fristen wichtige Entscheide. Der Rat verlangte von Syrien bis anfangs Oktober 2013 erste Angaben zu Lager- und Produktionsstätten seiner Chemiewaffen und bis zum 1. November 2013 die Zerstörung aller Anlagen zur Produktion sowie zur Abfüllung von Chemiewaffen.

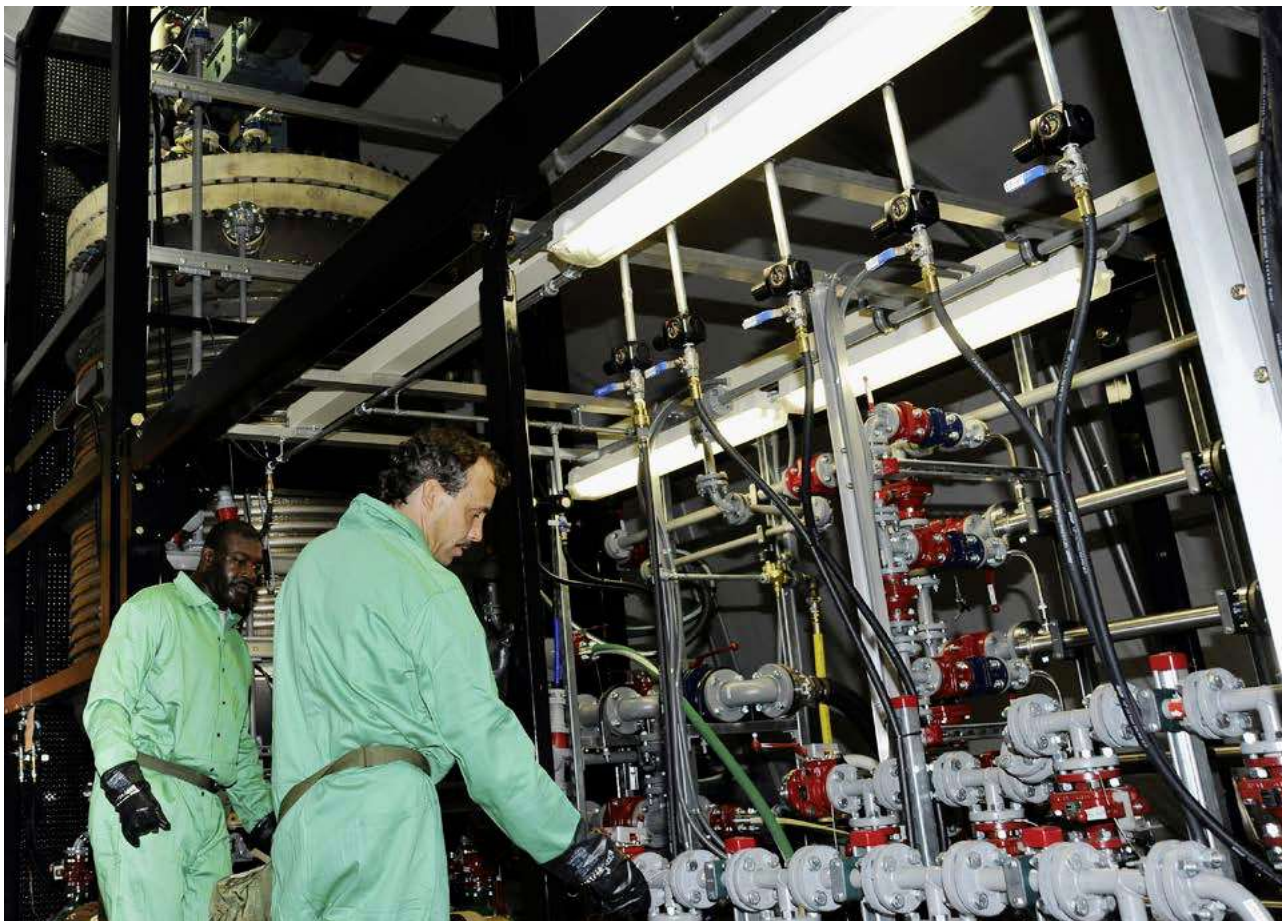
Die OPCW begann umgehend mit der Inspektion der von Syrien deklarierten Chemiewaffen Lager- und Produktionsstätten und am 15. November 2013 legte der Exekutivrat einen ersten Zeitplan für deren Vernichtung fest. Zusätzlich zur eigentlichen Chemiewaffenmunition vernichtet werden müssen Einrichtungen

und Bauten zur Chemiewaffen-Produktion – Syntheseanlagen und Anlagen zur Mischung der binären Vorläuferchemikalien – sowie Lagerstätten für Chemikalien und Munition. Das praktische Vorgehen und die Vernichtungsmethode ist dabei abhängig von der Art der Chemiewaffe, und der OPCW Exekutivrat genehmigt vorgängig sowohl die anzuwendende Methode wie auch die durch die OPCW Inspektoren auszuführenden Kontrollmassnahmen (Verifikation).

Die OPCW entschied, lediglich die wenig toxische Vorläuferchemikalie Isopropylalkohol direkt in Syrien zu vernichten. Alle anderen Chemiewaffen-relevanten Chemikalien hingegen – chemische Kampfstoffe, Binärstoffe zu deren Synthese sowie Vorläuferchemikalien – sollten aufgrund der kriegerischen Auseinandersetzungen in Syrien zur Vernichtung mit Schiffen ausser Landes gebracht werden. Mit diesem Vorgehen betrat die OPCW Neuland – Artikel I der CWC verbietet den Transfer von Chemiewaffen und verpflichtet den Besitzerstaat, diese im Inland zu vernichten.

Der Transport der Chemikalien von ihren Lagerorten zum Verladehafen war aufgrund des laufenden Bürgerkrieges und der damit

Die mobile Hydrolyse-Anlage (Field Deployable Hydrolysis System) kann Kampfstoffe in grösseren Mengen neutralisieren. Sie umfasst neben dem Reaktor auch Stromgeneratoren, Tanks, Pumpen und ein Labor. Pro Tag kann sie 5 bis 25 Tonnen Kampfstoffe vernichten.



verbundenen heiklen Sicherheitslage ein kritischer Schritt, für den die syrische Regierung verantwortlich zeichnet. Im Hafen in Latakia wurden die Chemikalienlieferungen von der OPCW kontrolliert und auf dänische und norwegische Frachtschiffe verladen. Der Leiter des Fachbereichs Physik im LABOR SPIEZ, Dr. Mario Burger, ist Senior Advisor der UNO Umweltorganisation (UNEP) und hat als technischer Berater für Umweltfragen den Transport- und Verladeprozess der UNO/OPCW Joint Mission vor Ort begleitet. Die Schiffe transportierten die Chemikalien anschliessend zu einem Umladehafen in Italien.

Syrien hat zwei Chemikalien der CWC-Liste 1 deklariert – eine davon ist ein chemischer Kampfstoff, die andere ein Vorläuferprodukt. Diese beiden Stoffe wurden im italienischen Hafen auf ein amerikanisches Schiff mit einer von den USA entwickelten, transportablen Anlage zur chemischen Neutralisation (Hydrolyse) umgeladen. Das bei der Hydrolyse entstehende Chemikaliengemisch, das Hydrolysat, wird nachträglich industriellen Verbrennungsanlagen zugeführt.

Die OPCW hat über eine kommerzielle Ausschreibung weltweit Firmen gesucht, die bereit sind, unter Aufsicht der OPCW Chemikalien oder Hydrolysat aus Syrien zu vernichten. Auf der von der OPCW veröffentlichten Liste der vierzehn Bewerber befand sich auch eine Schweizer Firma. Am 14. Februar 2014 hat die OPCW bekannt gegeben, dass je eine Firma aus Finnland und den USA den Zuschlag für die Vernichtung erhalten haben. Zusätzlich haben sich Grossbritannien und Deutschland bereit erklärt, Teile der syrischen Chemiewaffen-relevanten Chemikalien und des Hydrolysates in lokal ansässigen Firmen zu vernichten. Die OPCW hat für die Verifikations-tätigkeiten ihrer Inspektoren bei den Firmen einen Rahmenvertrag erarbeitet und der Exekutivrat entscheidet über die notwendigen Massnahmen anhand der firmenspezifischen Gegebenheiten.

Die UNO/OPCW Mission in Syrien hat gezeigt, wie wichtig die Aufgabe von multilateralen Abrüstungsorganisationen ist. Unter schwierigsten Umständen wurden im syrischen Bürgerkrieg aufgrund des *Secretary General Mechanism* unabhängige Beweise des Chemiewaffeneinsatzes erbracht und durch den Beitritt Syriens zur CWC wird unter Kontrolle der OPCW ein weiteres Chemiewaffenprogramm vollumfänglich vernichtet.



Qualitätsprüfungen von ABC-Schutzmaterial

Dr. Patrick Wick

Die Bewirtschaftung und die periodische Qualitätsüberwachung sind essenziell für die Gewährleistung der Einsatztauglichkeit der persönlichen ABC-Schutzausrüstung. Das LABOR SPIEZ hat in umfangreichen Untersuchungen die Qualität und die Einsatztauglichkeit des Individuellen C-Schutzsystems der Armee, von filtrierenden Halbmasken und von Breitbandfiltern ABEK-SF04 überprüft.

Das ausschliesslich von der Privatindustrie entwickelte und hergestellte Schutzmaterial muss hohen Anforderungen genügen, um einen gesamtheitlichen und ausgewogenen ABC-Schutz sicherzustellen. Vor der Beschaffung neuer Systeme und Materialien wird mittels Prüfungen sichergestellt, dass die Anforderungen erfüllt sind. Die persönliche ABC-Schutzausrüstung der Armee und der Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes wird in der Regel für eine lange Lebensdauer ausgelegt und zur Sicherstellung der Einsatzbereitschaft eingelagert.

Individuelles C-Schutzsystem der Armee (ICS 90)

Das Individuelle C-Schutzsystem (ICS 90) wurde zu Beginn der 90er Jahre in der Schweizer Armee eingeführt. Es besteht aus den Hauptkomponenten:

- ABC-Schutzmaske 90 (SM 90)
- ABC-Schutzfilter 90 (SF 90)
- Chemikalienschutzanzug 90 (CSA 90)
- ABC-Schutzhandschuhe 90
- ABC-Überstiefel 90

Im Auftrag der armasuisse hat das LABOR SPIEZ die Einsatztauglichkeit des ICS 90 untersucht. Dabei wurde der Zustand der eingesetzten Werkstoffe (Aktivkohle, Kunststoffe, Gummi, Textilien) sowie die Dichtheit der ABC-Schutzmaske 90 geprüft, und es wurde der Gesamtschutzfaktor des Chemikalienschutzanzugs 90 gegenüber Gas (VX) bestimmt.

Die Resultate der Prüfungen haben gezeigt, dass die Komponenten des ICS 90 die bei der Beschaffung gestellten Anforderungen im Wesentlichen erfüllen und weiterhin eingesetzt werden können. Für die Sicherstellung der Qualität und der Einsatztauglichkeit des

ICS 90 empfiehlt das LABOR SPIEZ, periodisch entsprechende Prüfungen des eingelagerten Materials vorzusehen.

Filtrierende Halbmasken (FFP) für die Pandemie-Vorsorge

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) gibt in seinem aktuellen Influenza-Pandemieplan Schweiz die folgenden Empfehlungen bezüglich filtrierenden Halbmasken an Institutionen ab:

- Sicherstellung ausreichender Lager durch das Anlegen von Pflichtlagern und von Mindestvorräten
- Versorgung des Gesundheitspersonals mit Schutzmasken durch die Kantone und Arbeitgeber (Spitäler, Pflegeeinrichtungen, Spitex etc.)
- Versorgung von Arbeitnehmenden mit Schutzmasken durch die Arbeitgebenden (in Betrieben mit Expositionsgefahr)

Ausserdem wird die Bevölkerung aufgefordert, zur persönlichen Vorsorge 50 Hygienemasken pro Person vorrätig zu halten.

Schon während der Schweinegrippe-Welle von 2009 wurden entsprechende Lager aufgebaut. Viele Hersteller von filtrierenden Halbmasken beschränken die Einsatztauglichkeit ihres Produkts auf 3–5 Jahre. Aufgrund zum Teil umfangreicher Lagerbestände in der Schweiz stellt sich die Frage, ob die Einsatztauglichkeit der Masken auch über das vom Hersteller angegebene Haltbarkeitsdatum gewährleistet ist. Das LABOR SPIEZ hat zwei Halbmasken

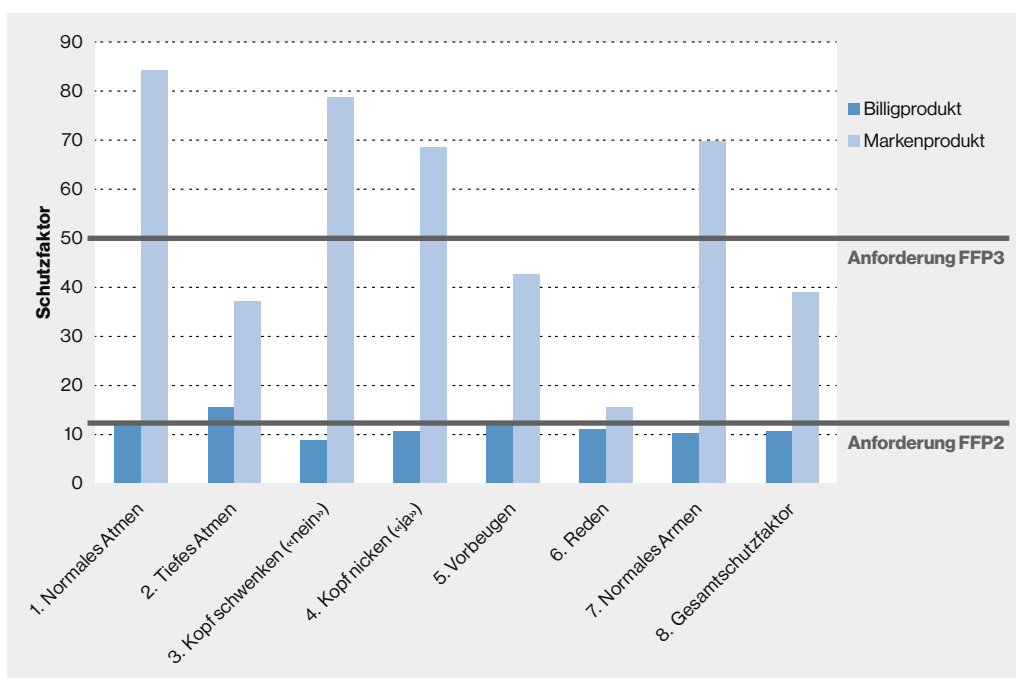


Filtrierende Halbmasken - Low-Cost Produkt (links) und Markenartikel

unterschiedlicher Hersteller aus Lagerbeständen diesbezüglich untersucht.

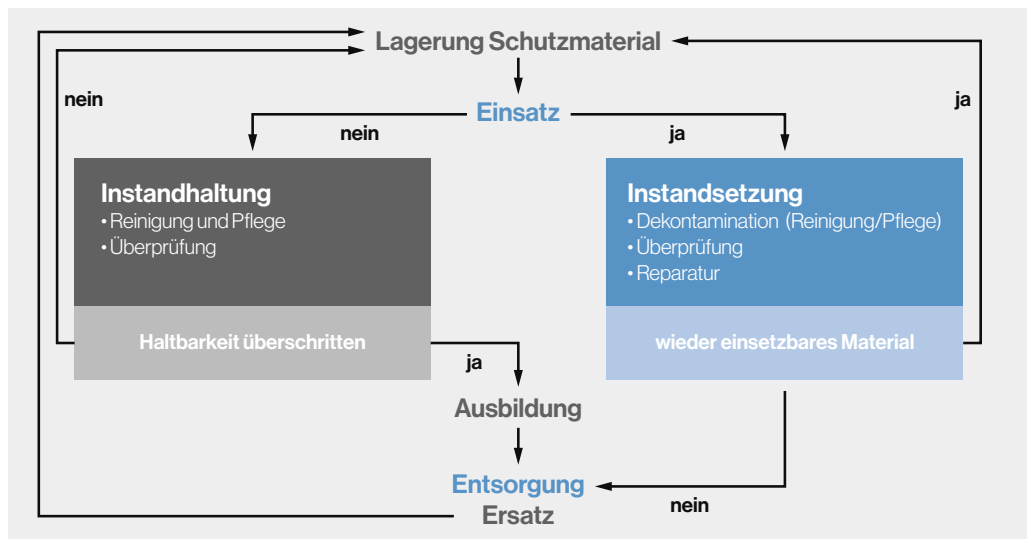
Überprüft wurden ein low-cost Produkt aus dem asiatischen Raum und ein international anerkanntes Markenprodukt; beides filtrierende Halbmasken mit Ausatemventil der Klasse 2 (FFP2). In beiden Fällen lagen keine Messresultate zum Zeitpunkt der Beschaffung vor. Untersucht wurden der Zustand der Bänderung sowie die Dichtheit der Masken gegenüber Partikeln in Anlehnung an die Norm EN 149.

Das Markenprodukt erfüllte die Normanforderungen problemlos, zum Teil gar diejenigen der höheren Klasse 3. Das low-cost Produkt erreichte die für FFP2 Masken geforderte Leistung nicht. Empfohlen wird, das low-cost Produkt durch ein Markenprodukt zu ersetzen und bei regelmässigen Sichtkontrollen der Lagerbestände den Zustand der Masken und vor allem der Bänderung zu überprüfen. Anerkannte Markenprodukte können demnach auch über das vom Hersteller angegebene Haltbarkeitsdatum eingesetzt werden.



Dichtheit der Masken und Anforderungen nach EN 149

Das low-cost Produkt erreicht die für FFP2 Masken geforderte Leistung nicht, das Markenprodukt erfüllt selbst einige Anforderungen der Klasse 3.



Breitbandfilter ABEK-SF04

Die Schweizer Armee hat für Einsätze zugunsten der zivilen Behörden zusätzlich zum ABC-Schutzfilter 90 (SF 90) handelsübliche Industriefilter (ABEK-SF04) beschafft, die auch gegen Ammoniak und Ammoniakderivate schützen. ABEK-Filter befinden sich auch in den Lagern der Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes. Im Gegensatz zum SF 90 sind die Breitbandfilter ABEK-SF04 nicht ausgelegt für eine lange Lagerung und einen längerfristigen Einsatz. Die Hersteller beschränken deshalb die Einsatztauglichkeit der Filter mit einem Ablaufdatum (in der Regel 10 Jahre). Das LABOR SPIEZ hat die Einsatztauglichkeit von einigen ABEK-Filtern untersucht, deren vom Hersteller angegebenes Haltbarkeitsdatum überschritten ist: Die aus den Lagerbeständen der Armee geprüften Breitbandfilter ABEK-SF04 mit Verfalldatum 09.2010, 08.2012 und 01.2014 erfüllten die massgebenden Anforderungen an die Sorptionsleistung. Ein Einfluss der Alterung war nicht feststellbar. Eher kritisch zu beurteilen ist die Gefahr einer mechanischen Beschädigung der Filtergehäuse beim Tragen auf dem Körper. Viele der Filter wiesen leichte Dellen auf.

Trotz der guten Qualität der geprüften Filter wird das Anlegen grosser Lagerbestände durch Armee und Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes nicht empfohlen. Der Bedarf an ABEK-Filtern kann in normalen Lagen von der Industrie jederzeit abgedeckt werden. Mit einer aktiven Bewirtschaftung können Lagerbestände klein gehalten und jederzeit neuwertige Filter für den Einsatz bereitgestellt werden. Trotz erfreulicher Prüfergebnisse wird empfohlen, Filter mit abgelaufenem Verfalldatum zu entsorgen oder für die

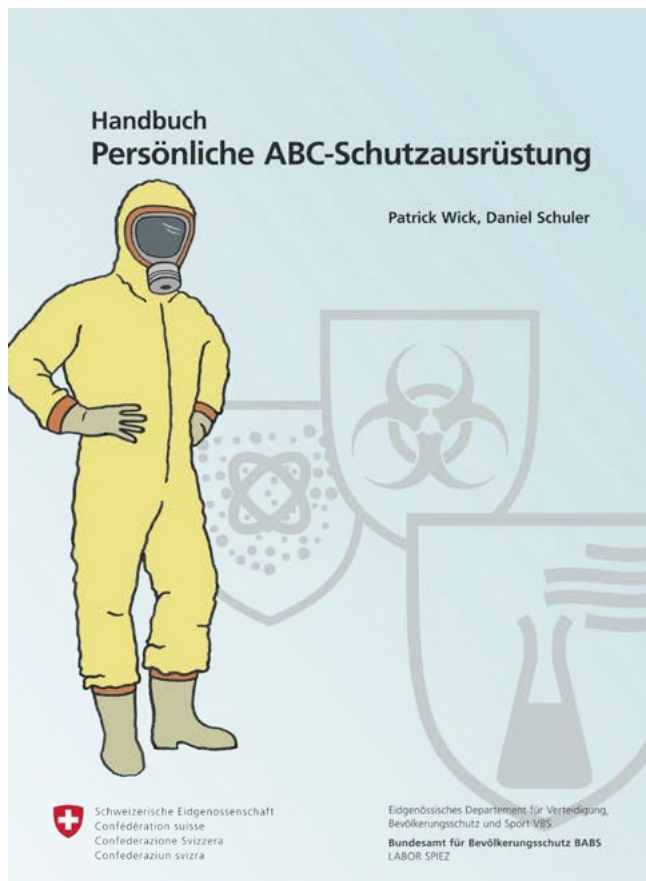
Ausbildung einzusetzen. Ausbildungsmaterial ist in jedem Fall als solches zu bezeichnen und separat vom Einsatzmaterial zu lagern.

Bewirtschaftung

Die Bewirtschaftung der persönlichen ABC-Schutzausrüstung umfasst die Lagerung und die Instandhaltung sowie die Instandsetzung nach einem Einsatz. Die Angaben der Hersteller bezüglich Haltbarkeit, Reinigung und Pflege sind zu berücksichtigen. Die Instandhaltung beinhaltet neben der Reinigung und Pflege die periodische Überprüfung des gelagerten Schutzmaterials.

Die Instandsetzung der Schutzausrüstung nach dem Einsatz umfasst die Dekontamination, die Überprüfung sowie allfällige Reparaturen. Nicht wieder einsetzbares Material muss fachgerecht entsorgt und falls erforderlich ersetzt werden.

Die Lagerung beeinflusst die Alterung und damit die Einsatztauglichkeit der persönlichen ABC-Schutzausrüstung massgeblich. Konstante Temperaturen und der Schutz vor Feuchtigkeit, Staub und Sonnenlicht (UV-Strahlung) verlängern die Einsatztauglichkeit des eingelagerten Schutzmaterials markant. Dennoch soll grundsätzlich ein Turn-Over des Lagers geplant werden, damit stetig neuwertiges Material zur Verfügung steht.



Die Produktvielfalt von persönlicher Schutzausrüstung (PSA) ist sehr gross. Anforderungen an das Material, die Prüfungen und Kennzeichnung sind in Normen festgelegt. Der Bereich der persönlichen ABC-Schutzausrüstung ist nur ein Teilbereich, umfasst aber ca. 75 verschiedene Normen und eine grosse Anzahl von verschiedensten Produkte.

Das Handbuch soll hier eine Übersicht schaffen mit verständlichen und praxisnahen Informationen. Das LABOR SPIEZ mit dem Fachbereich ABC-Schutz verfügt über ein breites Fachwissen und möchte mit diesem Handbuch Elemente des Bevölkerungsschutzes der Schweiz sowie private Werkwehren ansprechen, die über persönliches ABC-Schutzmaterial verfügen.

Der sichere und optimale Einsatz der PSA verlangt theoretische wie praktische Kenntnisse, die bei einer gegebenen Gefährdung die richtige Wahl der PSA ermöglichen.

Das erste Kapitel gibt einen Einblick in die Gefährdung durch ABC-Stoffe: In welcher Form treten sie auf, wie wirken sie auf den Menschen, welche Kennzeichnungen an Chemikalien gibt es und welche Grenzwerte kennt man.

Das zweite Kapitel beschreibt die ABC-Schutzmaterialien und ist unterteilt in den Atemschutz und den Hautschutz.

Es werden grundlegende physikalische und chemische Grundprinzipien erklärt, damit ein Verständnis der Funktionsweise erlangt wird. Daraus lässt sich ableiten, bei welcher Gefährdung welche Ausrüstung notwendig ist.

Jeder Typ einer Maske, Filter oder Schutzkleidung wird kurz präsentiert, ihre wichtigsten Merkmale genannt und auf ihre Stärken und Schwächen hingewiesen. Symbole erleichtern die Unterscheidung der verschiedenen Gegenstände und Übersichtsgrafiken erleichtern den Überblick.

Das abschliessende dritte Kapitel gibt Hinweise für die Evaluation, Ausbildung, Bewirtschaftung und Einsatz von persönlicher ABC-Schutzausrüstung. So kann eine Partnerorganisation aufgrund ihrer Einsatzkonzepte für definierte Szenarien ableiten, welche PSA die optimalste ist. Dabei befindet man sich immer im Spannungsfeld zwischen Sicherheit und Tragekomfort. Das LABOR SPIEZ stellt den Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes gerne sein Fachwissen zur Verfügung und steht beratend zur Seite.

**Das Handbuch ist erhältlich unter:
laborspiez@babs.admin.ch**

Mitarbeitende

LABOR SPIEZ

Leitung: Dr. Marc Cadisch²⁾

Sekretariat: Irma Lehnherr
Personen: 2 / Stellen: 2

FACHBEREICH PHYSIK

Personen: 13 / Stellen: 12.8

Leitung: Dr. Mario Burger²⁾

Markus Astner
Dr. Béatrice Balsiger
François Byrde
Dr. José Corcho
Dr. Emmanuel Egger
Ruth Holzer
Alfred Jakob
André Pignolet
Dr. Stefan Röllin
Hans Sahli
Marc Stauffer
Dr. Christoph Wirz

FACHBEREICH BIOLOGIE

Personen: 18 / Stellen: 16.4

Leitung: Prof. Dr. Stephen Leib²⁾

Werner Arnold
Marc-André Avondet
Dr. Christian Beuret
Dr. Olivier Engler
Dr. Rahel Gäumann
Dr. Cédric Invernizzi
Dr. Daniel Kümin
Nathalie Ligeti
Sandra Paniga Rudolf
Jasmine Portmann
Dr. Nadia Schürch
Johanna Signer
Dr. Marc Strasser
Susanne Thomann
Dr. Matthias Wittwer
Fritz Wüthrich
Denise Zysset

FACHBEREICH CHEMIE

Personen: 15 / Stellen: 14.8

Leitung: Stefan Mogl²⁾

Dr. Beat Aebi
Thomas Clare
Dr. Christophe Curty
Dr. Jean-Claude Dutoit
Dr. Anna-Barbara Gerber
Fausto Guidetti
Roland Kurzo
Dr. Urs Meier
Benjamin Menzi
Dr. Martin Schär
Dr. Beat Schmidt
Andreas Schorer
Dr. Peter Siegenthaler
Andreas Zaugg

FACHBEREICH ABC-SCHUTZ

Personen: 13 / Stellen: 12.3

Leitung: Peter Hunziker^{1) 2)}

Kurt Bachmann
Pia Feuz
Thomas Friedrich
Markus Gurtner
Lukas Gyseler
Marco Hofer
Roland Liebi

Angelo Seitz
Dr. Giuseppe Testa²⁾
Dr. Patrick Wick
Andres Wittwer
André Zahnd

FACHBEREICH LOGISTIK, QUALITÄT UND SICHERHEIT

Personen: 29 / Stellen: 24.6

Leitung: Mauro Zanni²⁾

Werner Berger
Remo Bigler
Stefan Breitenbaumer
Lisa Brüggemann
Martina Brunner
Werner Bühlmann
Martin Eschler
Béatrice Gurtner Kolly
Daniel Gurtner
Katharina Imobersteg
Felicitas Jegher
Hans-Ulrich Kaderli
Therese Knutti
Hirmis Kamberi
Beat Lörtscher
Franziska Mala
Stefan Marti
Klaus-Nestor Perrollaz
Eveline Rogenmoser-Nguthu
René Scherz
Hans Schmid
Isabelle Strasser
Roger Tschirky
Marianne Walther-Leiser
Alexander Werlen²⁾
Marianne Wittwer
Marianne Wüthrich
Rosmarie Zahnd

STRATEGIE UND KOMMUNIKATION

Personen: 1 / Stellen: 1

Dr. Andreas Bucher²⁾

KOMPETENZZENTRUM STRAHLENSCHUTZ VBS

Personen: 1 / Stellen: 1

Markus Zürcher

LERNENDE

Personen: 7 / Stellen: 7

Miriam Champion
Leonie Gfeller
Bruno Lengacher
Roger Noti
Jan Pridal
Dominik Stettler
Florian Walthert

ERLÄUTERUNGEN

Personen: Anzahl Mitarbeitende insgesamt

Stellen: Anzahl besoldeter Vollzeitstellen (FTE)

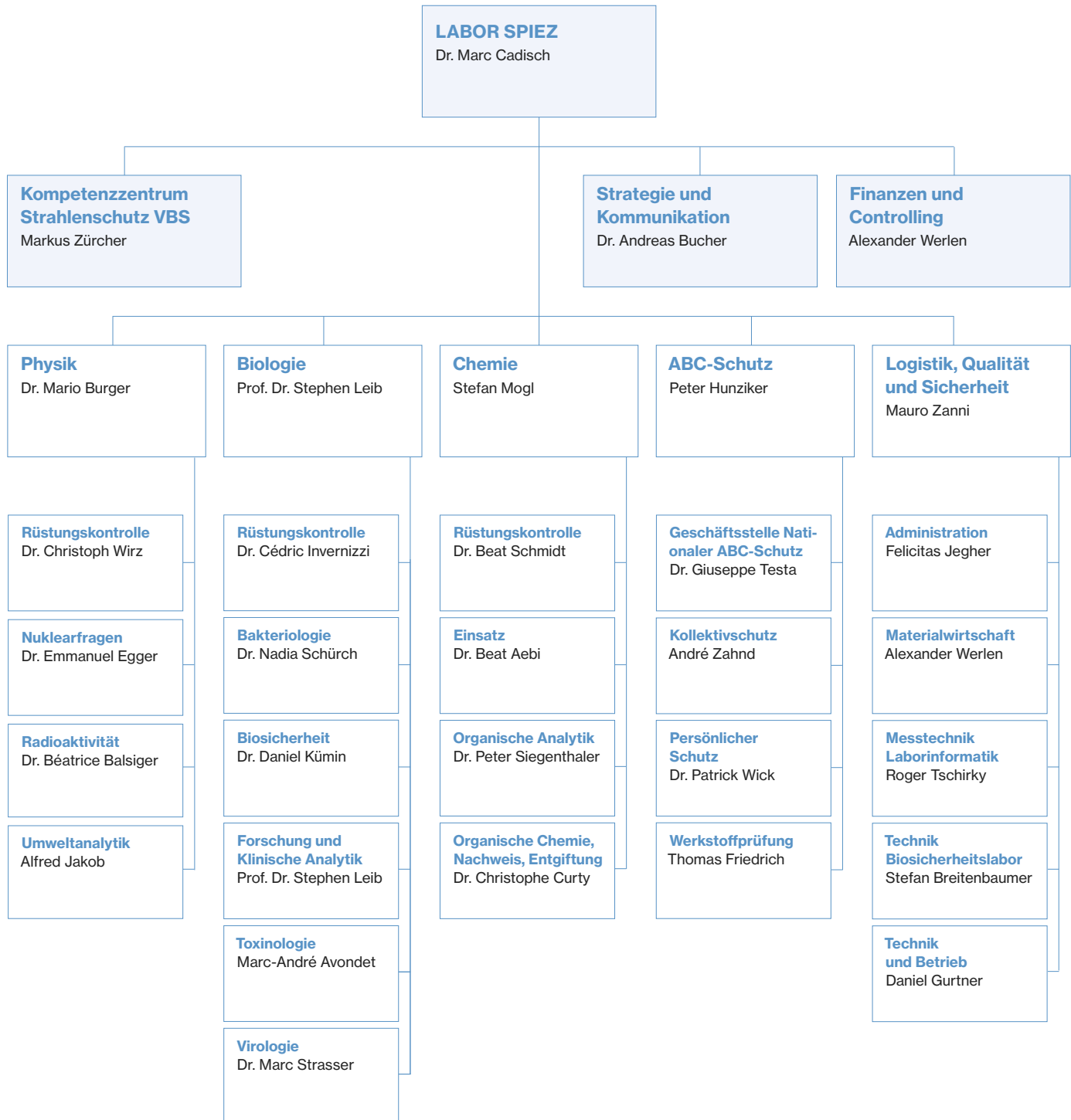
Legende

¹⁾ Stv. Leiter LABOR SPIEZ

²⁾ Mitglied der Geschäftsleitung LABOR SPIEZ

Stand 1.1.2014

Organigramm



Akkreditierte Bereiche

Prüfstellen akkreditiert nach ISO/IEC 17025

STS 019 Prüfstelle Chemische Analytik zur Verifikation der C-Abrüstung

STS 022 Prüfstelle für Sorptionsmittel und Atemschutzfilter

STS 028 Prüfstelle für die Bestimmung der Konzentration von Radionukliden

STS 036 Prüfstelle für Kunststoffe und Gummi

STS 054 Prüfstelle Nachweis biologischer Agenzien

STS 055 Prüfstelle für ABC-Schutzmaterial sowie Einrichtungen und Installationen für Schutzbauten

STS 101 Prüfstelle für die Bestimmung von Haupt- und Spurenelementen sowie ausgewählten Luftschadstoffen

Referate

Ausgewählte Referate aus dem Geschäftsjahr 2013. Die Liste ist nicht abschliessend.

Datum	Thema
14.01.2013	Dr. Cédric Invernizzi: Use and Misuse of Biological Agents – The Dual Use Dilemma, EFPL, Lausanne
06.02.2013	Dr. Peter Siegenthaler: The Use of High Resolution Mass Spectrometry and Combined Analytical Techniques for the Identification of Unknown Chemicals at SPIEZ LABORATORY – A Case Study from the 32nd OPCW Proficiency Test, OPCW PT-32 Workshop, Den Haag
26.02.2013	Dr. Marc Cadisch: A National Response to CBRN Threats, ESM Meeting, Brüssel
11.03.2013	Stefan Mogl: Die “law enforcement”-Problematik in der CWC: Naturwissenschaftliche Dimension, Auswärtiges Amt DE, Berlin
03.04.2013	Stefan Mogl: The meaning of “produced by synthesis” in the CWC, SAB TWG Convergence in Chemistry and Biology, OPCW, Den Haag
08.04.2013	Stefan Mogl: Report of the Scientific Advisory Board on Developments in Science and Technology for the 3rd Review Conference, OPCW Conference of the States Parties, Den Haag
17.04.2013	Dr. Marc Cadisch: Improving Forensic Capabilities, CSCM World Congress on CBRNe, Dubrovnik
04.07.2013	Prof. Dr. Stephen Leib: Infektionen des Zentralnervensystems, Curriculum Infektiologie Inselspital, Bern
10.07.2013	Dr. Peter Siegenthaler: OPCW Proficiency Testing, DSO National Laboratories, Singapur
13.08.2013	Stefan Mogl: The OPCW SAB, BEC Meeting of Experts, Genf
14.10.2013	Stefan Mogl: Convergence in Chemistry and Biology: Implications for the CWC, University of Bradford, Bradford UK
22.10.2013	Dr. Martin Schär: Strategische Übungen in Analytischer Chemie, ETHZ, Zürich
18.11.2013	Dr. Beat Schmidt: Kontrolle von Komponenten der Destillations- und Absorptionskolonnen, AG int. implementation meeting, Budapest
04.12.2013	Stefan Mogl: Incapacitating Chemical Agents – Way Forward, OPCW Staatenkonferenz, Den Haag
09.12.2013	Stefan Mogl: OPCW SAB TWG Conference, BWC Staatenkonferenz, Den Haag
26.09.2013	Stefan Mogl: Nicht letale chemische Kampfstoffe, ABC-Schutzkonferenz, Bern
22.10.2013	Dr. Daniel Kümin: How to Choose a Suit for a BSL-4 Laboratory – The Approach Taken at Spiez Laboratory, Jahresvers. ABSA, Orlando
23.10.2013	Prof. Dr. Stephen Leib: ZNS Infektionen - Therapieansätze aus experimentellen Modellen, Universität Basel
31.10.2013	Stefan Mogl: OPCW Open Ended Working Group for RevCon: SAB Report to Developments in Science and Technology, OPCW, Den Haag
01.11.2013	Dr. Nadia Schürch: Biologische Bedrohungen, Blockkurs Katastrophenmedizin, Universität Zürich
15.11.2013	Dr. Matthias Wittwer: Pathogenesis and Evolution of Infectious Diseases, Universität Bern

Publikationen

Nach Fachbereichen geordnet; die Liste ist nicht abschliessend, u.a. weil einige Arbeiten unter die Informationsschutzverordnung des Bundes fallen.

Allgemeines, Interviews

Sabine Goldhahn
Die dunkle Seite der Chemie
ChemieXtra, 8. April 2013
<http://www.chemiextra.com/>

Stefan Mogl
Wie beweist man einen Chemiewaffeneinsatz?
Echo der Zeit, 26. April 2013

Stefan Mogl
Möglicher Einsatz von Chemiewaffen in Syrien
Schweizer Radio und Fernsehen SRF, 10vor10, 7. Mai 2013

Dr. Marc Cadisch
Wir stecken Sie an: CBRN
Informationsschrift KSD 2/13, Juni 2013

Dr. Andreas Bucher
Unsere Vision ist eine Welt ohne Massenvernichtungswaffen
360°, Das IT-Sicherheitsmagazin von Open Systems, Juli 2013

Dr. Marc Kenzelmann, Martin Baggenstos
Vorsorge und Bewältigung von ABC-Ereignissen in der Schweiz
CP Crisis Prevention, Fachmagazin für Innere Sicherheit, Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Juni 2013

Stefan Mogl
Nerve Gas Expert on Syrian Attack: You Can't Fake These Symptoms
Spiegel Online, 22. August 2013

Stefan Mogl
Die Zeit drängt für einen Nachweis von Nervenkampfstoffen in Syrien
Deutschlandradio, 24. August 2013

Dr. Christophe Curty
Alarmantes, ces photos ne donnent que des indices
Le Matin Dimanche, 25. August 2013

Dr. Christophe Curty
Armes chimiques en Syrie: La Suisse propose son expertise
RTS Radio Télévision Suisse, 27. August 2013

Dr. Christophe Curty
Syrie: la guerre empoisonnée
RTS un, 1. September 2013

Stefan Mogl

Die UNO stellte nun zweifelsfrei fest, dass in Syrien Giftgas eingesetzt wurde

Radio SRF 4 News, 17. September 2013

Dr. Marc Cadisch

Es geht um die Ächtung von Chemiewaffen

Basler Zeitung, 12. Oktober 2013

Stefan Mogl

Wir haben über zwei Wochen rund um die Uhr gearbeitet

Der Bund, 2. November 2013



Fachbereich Physik

Dr. Emmanuel Egger, Dr. Christoph Wirz

Kurze Übersicht der Kernwaffeneffekte und der möglichen Konsequenzen eines Kernwaffeneinsatzes über einer Grossstadt

Labornotiz, 20. Februar 2013

Dr. Emmanuel Egger

Gedanken zur Studie «Mögliche Folgen eines Unfalls im KKW Mühleberg bei ähnlichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe wie aus einem Block des KKW Fukushima-Daiichi» des Öko-Institut e.V.

Labornotiz, 27. Februar 2013

Dr. Christoph Wirz

Kurzbeurteilung und Erkenntnisse zum Nukleartest Nordkoreas vom 12. Februar 2013

Labornotiz, 11. April 2013

Dr. Béatrice Balsiger, Dr. Daniel Storch, Stefan Trachsel

KKW-Unfall in der Schweiz: Konsequenzen?

Informationsschrift KSD 1/13, April 2013

Marc Stauffer, André Pignolet

Quecksilber im Boden vor Schützenhäusern auf militärischen Schiessanlagen

Laborbericht, 18. April 2013

Dr. José Corcho, Dr. Christoph Wirz

Gamma-ray spectrometry as an early and rapid tool in nuclear forensics

Poster Session, 35th ESRADA Symposium, Brüssel, 29. Mai 2013

Dr. Christoph Wirz, Dr. Emmanuel Egger

Entwicklungen im Bereich nukleare Rüstungskontrolle

Labornotiz, 5. August 2013

Hans Sahli

Validierung des Hochdruckautoklavs ultraClave IV als Aufschlussgerät zur Bestimmung von Po-210

Labornotiz, 1. Oktober 2013

Dr. Mario Burger, Alfred Jakob

UNICEF-UNEP technical assistance mission on drinking water quality for the national programme "Villages et Ecoles Assainis", Democratic Republic of the Congo (DRC) – Report III: Laboratory capacity assessment for drinking water quality analysis

UNICEF

Hans Sahli

Bestimmung von Po-210 in Fischen aus Schweizer Seen

Laborbericht, 6. Dezember 2013



Fachbereich Biologie

Pia Müller, Valentin Pflüger, Matthias Wittwer, Dominik Ziegler, Fabrice Chandre, Frédéric Simard

Identification of Cryptic Anopheles Mosquito Species by Molecular Protein Profiling

PLoS One. 2013;8(2):e57486.

Joldoshbek Kasymbekov, Joldoshbek Imanseitov, Marie Ballif, Nadia Schürch, Sandra Paniga, Paola Pilo, Mauro Tonolla, Cinzia Benagli, Kulyash AkyLaborberichtekova, Zarima Jumakanova, Esther Schelling, Jakob Zinsstag

Molecular Epidemiology and Antibiotic Susceptibility of Livestock Brucella melitensis Isolates from Naryn Oblast, Kyrgyzstan

in: PLOS Neglected Disease, Feb.2013, Volume 7, Issue 2.

O Engler, J Klingström, E Aliyev, C Niederhauser, S Fontana, M Strasser, J Portmann, J Signer, S Bankoul, F Frey, C Hatz, A Stutz, A Tschaggelar, M Mütsch

Seroprevalence of hantavirus infections in Switzerland in 2009: difficulties in determining prevalence in a country with low endemicity

Euro Surveillance 2013;18(50):pii=20660. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20660>

Peltola H, Leib SL

Performance of adjunctive therapy in bacterial meningitis depends on circumstances

Pediatr Infect Dis J. 2013 Dec;32(12):1381-2.

Engler O, Savini G, Papa A, Figuerola J, Groschup MH, Kampen H, Medlock J, Vaux A, Wilson AJ, Werner D, Jöst H, Goffredo M, Capelli G, Federici V, Tonolla M, Patocchi N, Flacio E, Portmann J, Rossi-Pedruzzi A, Mourelatos S, Ruiz S, Vázquez A, Calzolari M, Bonilauri P, Dottori M, Schaffner F, Mathis A, Johnson N

European surveillance for West Nile virus in mosquito populations

Int J Environ Res Public Health. 2013 Oct 11;10(10):4869-95

Zysset-Burri DC, Bellac CL, Leib SL, Wittwer M

Vitamin B6 reduces hippocampal apoptosis in experimental pneumococcal meningitis

BMC Infect Dis. 2013 Aug 27;13:393

Grandgirard D, Gäumann R, Coulibaly B, Dangy JP, Sie A, Junghans T, Schudel H, Pluschke G, Leib SL.

The causative pathogen determines the inflammatory profile in cerebrospinal fluid and outcome in patients with bacterial meningitis

Mediators Inflamm. 2013;2013:312476

Schmid S, Aliyev E, Engler O, Mütsch M

En route in Switzerland – tick-borne and hantavirus infections

Ther Umsch. 2013 Jun;70(6):353-8. doi: 10.1024/0040-5930/a000416. Review. German.

Jansen S, Podschun R, Leib SL, Grötzinger J, Oestern S, Michalek M, Pufe T, Brandenburg LO.

Expression and function of psoriasin (S100A7) and koebnerisin (S100A15) in the brain

Infect Immun. 2013 May;81(5):1788-97

Maurer FP, Keller PM, Beuret C, Joha C, Achermann Y, Gubler J, Bircher D, Karrer U, Fehr J, Zimmerli L, Bloembergen GV

Close geographic association of human neehrlichiosis and tick populations carrying “Candidatus Neehrlichia mikurensis” in eastern Switzerland

J Clin Microbiol. 2013 Jan;51(1):169-76

Comim CM, Barichello T, Grandgirard D, Dal-Pizzol F, Quevedo J, Leib SL

Caspase-3 mediates in part hippocampal apoptosis in sepsis

Mol Neurobiol. 2013 Feb;47(1):394-8



Fachbereich Chemie

Dr. Urs Meier

Detection and identification of hydrolysis products of sulfur mustards at trace levels in environmental samples using liquid chromatography solid phase extraction combined with off-line nuclear magnet

J. Chromatogr. A, 1286 (2013), 159-165

Roland Kurzo

Herstellung von Lewisit 1,2,3

Laborbericht, 28. April 2013

Dr. Christophe Curty, Stefan Mogl

Schedule 1 chemicals as captive intermediates or unavoidable by-products in chemical production: Technical feasibility assessment based on literature review

Labornotiz, 6. Mai 2013

Stefan Mogl

Syria Roils CWC Review conference

Arms Control Association (online), 5. Juni 2013

Stefan Mogl

The Scientific Advisory Board during the Third Review Conference and beyond

OPCW Today, Volume 2,/No 4, July 2013

Dr. Urs Meier

Eignung elementspezifischer Detektoren für die HPLC

Labornotiz, 1. September 2013

Dr. Urs Meier

Detektion von CWÜ relevanten Verbindungen durch verschiedene ¹³C NMR Experimente

Labornotiz, 21. November 2013

A. Zaugg, J. Ducry, C. Curty

Microreactor Technology in Warfare Agent Chemistry

Mil. Med. Sci. Lett. (Voj. Zdrav. Listy) 2013, vol. 82(2), p. 63-68



Fachbereich ABC-Schutztechnologie

Dr. Patrick Wick
Auswertung ICPg bei Doppelbestimmung
Labornotiz, 19. Februar 2013

André Zahnd
Projekt «Erneuerung Messkette TPS-Stossrohr 2013»
Labornotiz, 4. April 2013

Dr. Patrick Wick
Permeabler C-Schutzanzug für Hochtox-Labor
Laborbericht, 27. Mai 2013

Thomas Friedrich
Effizienzsteigerung bei der Vorbereitung von Granulaten für Prüfzwecke
28. Juni 2013

Dr. Patrick Wick
Dichtheitsprüfung ABC-Schutzmasken 90 aus Langzeitlagerversuch
Labornotiz, 3. Juli 2013

Markus Gurtner
Feldstudie zum Betrieb von Aktivkohlefiltern unter Schweizer Klimabedingungen (Teil 1)
Labornotiz, 11. September 2013

Andres Wittwer
Bestimmung der Atemluftkontamination mit chromhaltigem Aktivkohlestaub beim Gebrauch von Schutzmaskenfiltern ABC-SF90 und ABC-SF74
Labornotiz, 16. September 2013

Andres Wittwer
Überprüfung von ABC-Schutzfiltern ABC-SF90; Beurteilung der Ergebnisse und Empfehlungen
Labornotiz, 18. September 2013

André Zahnd
Validierung Messkette TPS-Stossrohr
Labornotiz, 29. Oktober 2013

Lukas Gyseler
Erstellen und Validieren einer neuen TGA-Methode zur Unterscheidung von Pyrolyse-Russ und Füllstoff-Russ
PW-2013-0116, 18. November 2013

Roland Liebi
Untersuchung von Kohlenstoffmonoxid-Filtern und ihrer Prüfbedingungen
Labornotiz, 22. November 2013

