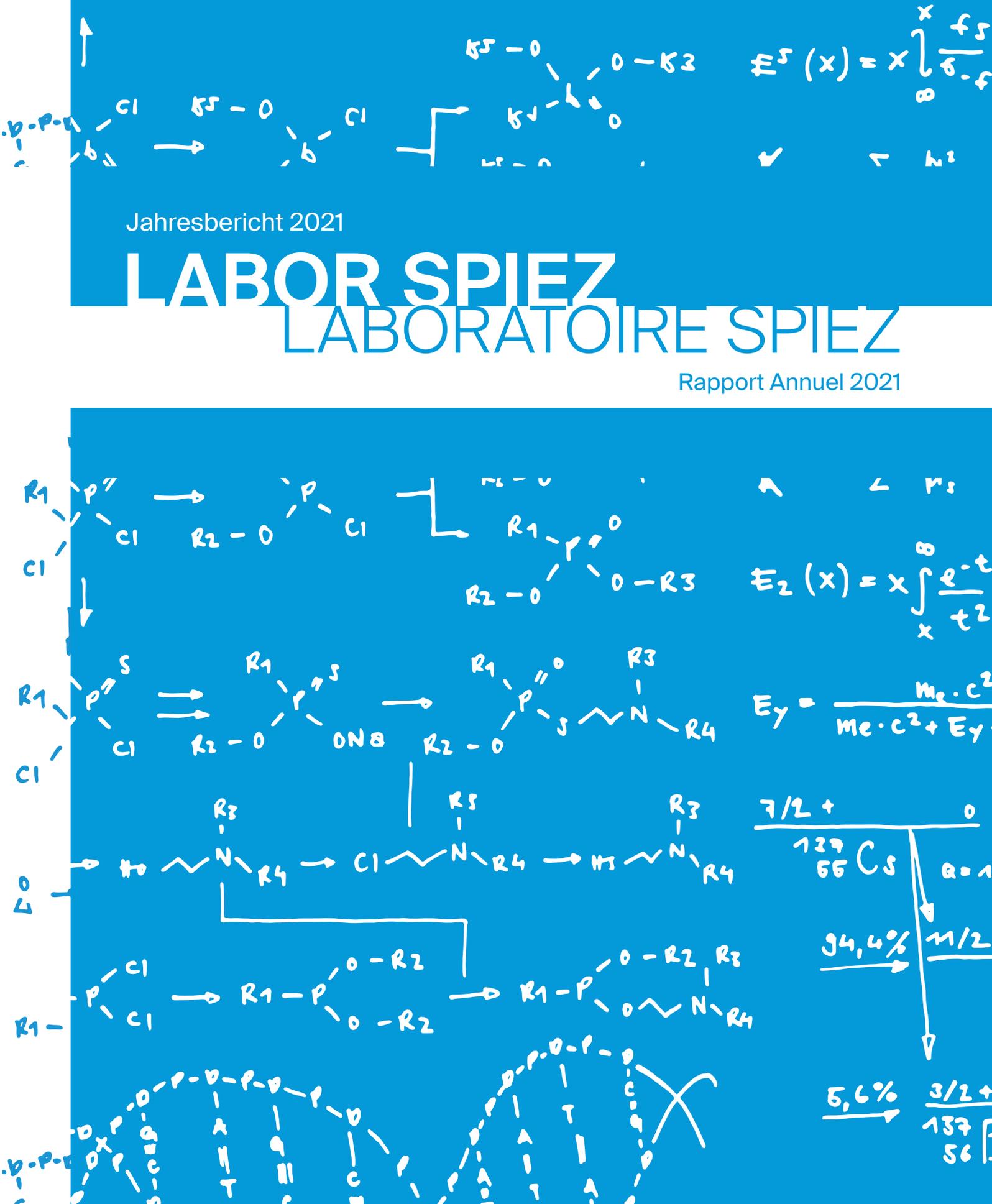


Jahresbericht 2021

# LABOR SPIEZ

# LABORATOIRE SPIEZ

Rapport Annuel 2021



## **Impressum**

### **Herausgabe/Éditeur**

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,  
Bevölkerungsschutz und Sport VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

LABOR SPIEZ

CH-3700 Spiez

Tel. +41 58 468 14 00

laborspiez@babs.admin.ch

Web: [www.spiezlab.admin.ch](http://www.spiezlab.admin.ch)

Twitter: @SpiezLab

### **Bildnachweis/crédits photo :**

Labor Spiez (4, 5, 6, 13, 25, 33, 34, 40, 41)

4Dnews (8, 11)

OPCW (18)

Reuters (16)

UNODA (20)

Utah Valley University – Emergency Services (42)

Der vorliegende Jahresbericht ist auch in englischer Sprache erhältlich.

Le présent rapport annuel est également disponible en anglais.

# Inhalt

	Editorial	4-5
<b>01</b>	Der WHO BioHub: Aufbau und Prozesse	6-9
<b>02</b>	Nukleare Forensik Schweiz: Umsetzung der Analytik	10-15
<b>03</b>	Wichtiger Entscheid zur Stärkung des Chemiewaffenübereinkommens	16-19
<b>04</b>	Ein Netzwerk von Vertrauenslaboratorien im Dienste der UNO	20-23
<b>05</b>	Spiez CONVERGENCE 2021: Zusammenfassung der Ergebnisse	24-29
<b>06</b>	Leistungen des Labor Spiez zu Gunsten der Kantone	30-33
<b>07</b>	Développement des tests de masques : Impression 3D de modèles de têtes	34-36
<b>08</b>	Academic Resources for COVID-19 (ARC) : une technologie open source au service de la gestion de crise	37-39
<b>09</b>	Neue Prüfmethode für Schutzausrüstungen	40-41
<b>10</b>	Auf der Suche nach Chlor-Biomarkern	42-45
<b>11</b>	Publikationen	46-53
<b>12</b>	Akkreditierte Bereiche	54-55

15 Juni 2022

# Liebe Leserin, lieber Leser



Dr. Marc Cadisch  
Leiter Labor Spiez  
Chef du Laboratoire Spiez

Als Folge des Kriegs  
in der Ukraine steigt  
im sicherheits-  
politischen Bereich  
die Bedeutung von  
ABC-Expertisen

Auch 2021 war das Labor Spiez in die Bekämpfung der Pandemie eingebunden – weniger intensiv im diagnostischen Bereich, den wir im zweiten Jahr der Pandemie nur noch in Spezialfällen angeboten haben, sondern mehr in der angewandten Forschung, insbesondere bei der Evaluierung antiviraler Substanzen gegen SARS-CoV-2 in Zellkultursystemen. Ein besonderer Meilenstein für den Fachbereich Biologie war die Designierung des Labor Spiez als Repository für Pathogene mit Epidemie- oder Pandemiepotential im BioHub System der Weltgesundheitsorganisation (WHO), einem neu etablierten, internationalen Netzwerk für den freiwilligen Austausch von neu auftretenden Krankheitserregern. Wir arbeiten dabei im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit («Der WHO BioHub in Spiez: Aufbau und Prozesse», Seite 6).

Mit dieser neuen Funktion im B-Bereich operieren wir nun in all unseren Kernaufgaben gleichzeitig auch als Partnerlabor der jeweils zentral verantwortlichen internationalen Organisation: Im A-Bereich sind wir Collaborating Centre der Internationalen Atomenergie Agentur (IAEA), im C-Bereich sind wir schon seit 1998 ein Vertrauenslabor der Organisation für das Verbot von Chemischen Waffen (OPCW). Diese breite internationale Präsenz unterstreicht die Nachfrage nach unserer Fachkompetenz. Gleichzeitig stärkt sie unsere Fähigkeiten für Einsätze und Dienstleis-

tungen im Inland, denn ein wirksamer ABC-Schutz arbeitet grenzüberschreitend («Leistungen des Labor Spiez zu Gunsten der Kantone», Seite 30).

Als Folge des Kriegs in der Ukraine steigt im sicherheitspolitischen Bereich die Bedeutung von ABC-Expertisen, nicht zuletzt zur Einschätzung von möglichen Auswirkungen des Konflikts auf die Schweiz. ABC-Ereignisse sind jedoch auch unabhängig von diesem Konflikt grundsätzlich möglich, das zeigt die jüngste nationale Risikoanalyse des BABS, an der das Labor Spiez wesentlich mitbeteiligt war. Umso wichtiger sind die im Rahmen des Projekts ABC-Auslegung Schweiz vom Labor Spiez gemeinsam mit verschiedenen Partnern erarbeiteten Optimierungsvorschläge. Damit können über die nächsten Jahre wesentliche Lücken im ABC-Schutz geschlossen werden.

Ich danke allen unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die sich mit viel Elan und grosser Expertise für unsere Aufgaben einsetzen – speziell auch während der Pandemie. Das Labor Spiez war auch unter den erschwerten Arbeitsbedingungen immer einsatzfähig. Ebenso möchte ich allen unseren Partnern im In- und Ausland danken, die sich für einen wirksamen ABC-Schutz einsetzen und uns in diesen herausfordernden Zeiten weiterhin unterstützen.

## Chère lectrice, cher lecteur,

En 2021 aussi, le Laboratoire Spiez a participé à la lutte contre le coronavirus. Toutefois, au cours de la deuxième année de pandémie, notre activité principale ne résidait plus dans l'établissement de diagnostics, qui n'étaient proposés que dans des cas exceptionnels. Nos efforts se sont plutôt portés vers la recherche appliquée, en particulier vers l'évaluation d'antiviraux contre le SARS-CoV-2 dans les systèmes de culture cellulaire. La désignation du Laboratoire Spiez comme conservatoire d'organismes pathogènes à potentiel épidémique ou pandémique a constitué un événement marquant pour la Section Biologie. Le laboratoire rejoint ainsi le Système BioHub de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), mis en place en 2021, qui vise les échanges volontaires d'agents pathogènes émergents au niveau international. Nous travaillons dans ce contexte sur mandat de l'Office fédéral de la santé publique («Der WHO BioHub in Spiez: Aufbau und Prozesse», page 6).

En assumant cette nouvelle fonction dans le domaine B, nous accomplissons désormais toutes nos missions principales en ayant le statut de laboratoire partenaire de l'organisation internationale responsable. Dans le domaine N, nous exerçons déjà le rôle de Centre Collaborateur de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et dans le domaine C, nous sommes déjà depuis 1998 un laboratoire de référence de l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques. Ce rayonnement international prouve que notre expertise est recherchée. En même temps, il renforce nos capacités à agir à l'intérieur du pays, car pour être efficace, la protection NBC doit opérer au-delà des frontières («Leistungen des Labor Spiez zu Gunsten Kantone», page 30).

Dans le domaine de la politique de sécurité, la guerre qui fait rage en Ukraine accentue l'intérêt pour les expertises NBC, notamment lorsqu'il s'agit d'évaluer les éventuelles répercussions du conflit sur la Suisse. Il convient néanmoins de ne pas perdre de vue que des événements NBC peuvent aussi survenir en dehors de ce conflit. C'est ce que démontre la dernière analyse nationale des risques de l'OFPP, à laquelle le Laboratoire Spiez a largement contribué. Les propositions d'optimisation qu'il a élaboré en collaboration avec différents partenaires dans le cadre du projet «Protection NBC en Suisse: état des lieux» revêtent dès lors une importance particulière. Elles permettront de combler des lacunes majeures dans la protection NBC au cours des prochaines années.

**Bundesrätin Viola Amherd,  
Chefin des VBS, zu Besuch im  
Labor Spiez**

**La conseillère fédérale Viola  
Amherd, cheffe du DDPS, en  
visite au Laboratoire Spiez**



Je remercie nos collaboratrices et collaborateurs qui se consacrent à nos tâches avec enthousiasme et professionnalisme, tout particulièrement dans le contexte de la pandémie. Ainsi, le Laboratoire Spiez est resté opérationnel malgré des conditions de travail difficiles. Mes remerciements vont aussi à tous nos partenaires en Suisse et à l'étranger qui œuvrent en faveur d'une protection NBC efficace et continuent de nous soutenir en ces temps difficiles.



# 01

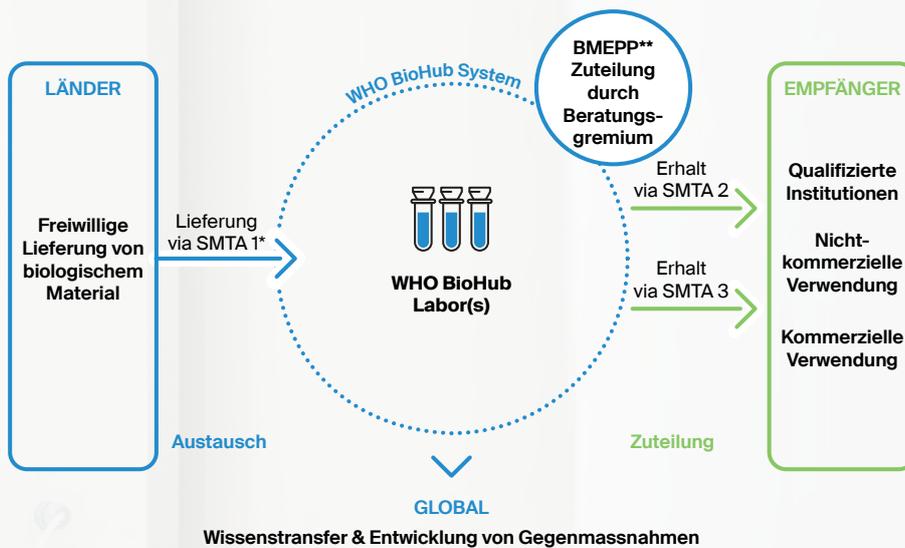
## Der WHO BioHub: Aufbau und Prozesse

Die WHO hat 2021 die Entwicklung eines Labornetzwerks mit globalem Charakter lanciert, das so genannte WHO BioHub-System. Dieses soll es Mitgliedstaaten erleichtern, auf freiwilliger Basis biologisches Material mit epidemischen oder pandemischen Potential untereinander auszutauschen. Die Schweiz stellt dazu das Labor Spiez als Repository für SARS-CoV-2-Viren oder andere Pathogene zur Verfügung.

---

Olivier Engler  
Isabel Hunger-Glaser

## Aufbau des WHO BioHub-Systems



\* Standard Material Transfer Agreement

\*\* Biologische Substanzen mit epidemischem oder pandemischem Potenzial

Mitgliedstaaten können auf freiwilliger Basis Material der WHO zur Verfügung stellen, welches in ein WHO BioHub-Labor gesendet wird. Dort wird es vermehrt und analysiert und kann an qualifizierte Institutionen weitergegeben werden. Die Transfers von biologischem Material werden von der WHO organisiert und vertraglich via Standard Material Transfer Agreements (SMTA) geregelt.

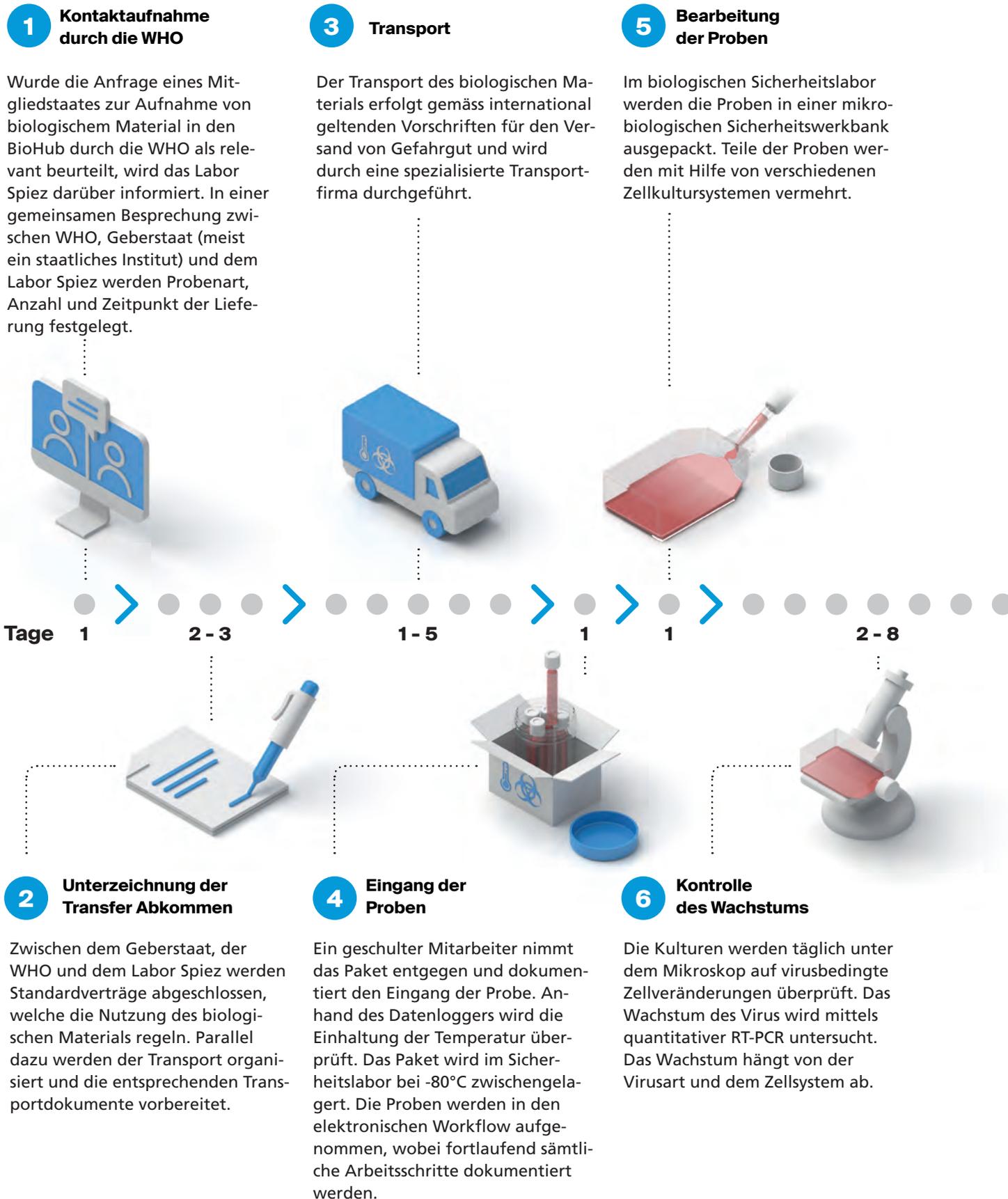
Dank standardisierten Bedingungen und Prozessen, die mit dem WHO BioHub-System etabliert werden, kann der internationale Austausch von biologischem Material mit epidemischen oder pandemischen Potential unmittelbar nach der Detektion frühzeitig und speditiv erfolgen. Dies ermöglicht eine rasche Charakterisierung des Materials und liefert wertvolle Informationen für die Risikoermittlung. Zudem soll die internationale Kooperation im Bereich Bereitschaft und Response gestärkt werden.

Das WHO BioHub-System wird auch das Wissen im Bereich hochpathogene Organismen fördern und wissenschaftliche Arbeiten in diesem Bereich vorantreiben. Eine neue Ära der internationalen Zusammenarbeit mit einem globalen Verständnis für den Austausch von

biologischem Material soll entwickelt werden. Das System soll eine rasche Implementierung von Interventionsmechanismen ermöglichen und die Entwicklung von diagnostischen Mitteln sowie von Therapien und Impfstoffen fördern, welche allen Ländern zur Verfügung gestellt werden sollen.

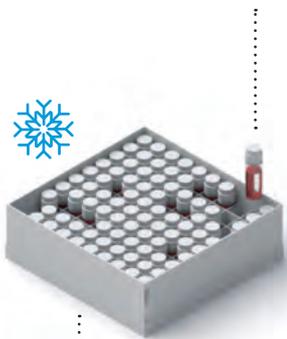
Das WHO BioHub-System wird stufenweise etabliert. In einer Pilotphase soll der erste BioHub in Spiez verschiedene SARS-CoV-2-Varianten entgegennehmen, lagern, vermehren, sequenzieren und teilen. In einer zweiten Phase soll das WHO BioHub-System auf andere gefährliche Pathogene und auf berechnete kommerzielle Verwendungszwecke ausgedehnt werden. Zudem soll der BioHub mit anderen, bereits etablierten Repositories und Labornetzwerken vernetzt werden.

## Der Prozess



**7 Aliquotieren des Probenmaterials**

Bei genügendem Viruswachstum wird der Kulturüberstand zentrifugiert, um Zelltrümmer zu entfernen und der Überstand wird in 45 Proberöhrchen aliquotiert und bei -80°C gelagert. Von den Proberöhrchen sind 40 für den weiteren Versand vorgesehen und 5 Röhrchen werden für weitere Anzuchtpassagen separat gelagert.



**9 Prüfung der Virussequenz**

Aus dem gleichen Probenröhrchen wird das genetische Material isoliert und mittels Whole Genome Sequenzierung analysiert. Das Ursprungsmaterial wird auf Veränderungen (Mutationen) überprüft.



**11 Antrag interessierter Institute**

Interessierte Institute der Mitgliedsstaaten können das biologische Material bei der WHO beantragen. Die WHO klärt ab, ob das Institut für den Erhalt des infektiösen Materials qualifiziert ist. Die Abklärungen und die Unterzeichnung der Material Transfer Agreements beansprucht wiederum einige Tage.



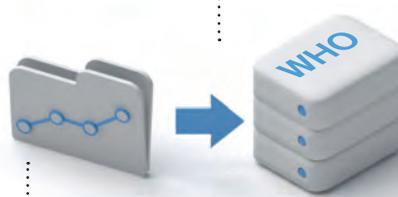
**8 Qualitätsprüfungen**

Als Qualitätsmerkmale wird die Anzahl infektiöser Partikel und die Genomsequenz der kultivierten Viren bestimmt. Zudem werden die Proben auf bakterielle Kontaminationen untersucht. Zur Bestimmung der Anzahl infektiöser Viren wird aus aufgetautem Probenmaterial eine serielle Verdünnungsreihe hergestellt und auf Zellkulturen ange-setzt.



**10 Übertragung der Daten an die WHO**

Die ermittelte Genomsequenz der Viren wird durch den BioHub auf eine öffentliche Genomdatenbank hochgeladen. Die Metadaten zum Probenmaterial, wie Virustiter, Kulturbedingungen, aber auch die Genomsequenz sowie kritische Mutationen werden an die WHO übermittelt. Die WHO überträgt die Daten auf ihre interne Datenbank und stellt die Daten öffentlich zur Verfügung.



**12 Versand der Proben**

Die ausgewählten Proben werden in der BioHub Facility gemäss den international geltenden Vorschriften für den Versand von Gefahrgut verpackt. Der Transport wird zusammen mit Experten der WHO organisiert.



# 02 Nukleare Forensik Schweiz: Umsetzung der Analytik

Das Labor Spiez ist aufgrund der Schweizer Verpflichtungen zur «Global Initiative To Combat Nuclear Terrorism» dazu angehalten, Aufgaben im Bereich der nuklearen Forensik zu übernehmen. Dazu gehören die Probenahme, die laboranalytischen Methoden und Auswerteverfahren sowie die klassischen forensischen Techniken. Die analytische Umsetzung der nuklearen Forensik in Spiez ist Teil des Nationalen Aktionsplans «Nukleare Forensik», der das Zusammenspiel der Schweizer Behörden definiert.

---

## Marc Stauffer

Zur Verhinderung und Aufklärung von gesetzeswidrigem Handel und Umgang mit radioaktivem und nuklearem Material haben sich die zuständigen nationalen Behörden in der International Technical Working Group (ITWG) zusammengeschlossen. Im Rahmen dieses Forums entwickeln Wissenschaftler, Strafverfolgungsbehörden und Regulatoren die «Best Practices» zur nuklearen Forensik. Um den analytischen Teil der nuklearen Forensik regelmässig zu üben, organisiert die ITWG alle zwei Jahre so genannte «Collaborative Material Exercises» (CMXs). Im Gegensatz zu Ringversuchen steht hier nicht die individuelle Leistung der Labore im Vordergrund, sondern die Weiterentwicklung der weltweiten Laborkapazität als Ganzes. Die CMXs verfolgen folgende Ziele:

- «Best Practice» für Probenhandling, (Sub-)Probenahme und Untersuchung von radioaktiven Proben fördern.
- Optimale Analysenmethoden finden und priorisieren, um beschlagnahmtes nukleares oder radiologisches Material charakterisieren und kategorisieren zu können.
- Die analytischen Techniken zur Quantifizierung von Prüfgrössen weiterentwickeln.
- Realproben anstelle von zertifiziertem Referenzmaterial einsetzen; Heterogenität soll bewusst ein analytisches Problem darstellen.
- Die gängigen Zeitvorgaben der Strafverfolgungsbehörden (24 Stunde, 1 Woche, 2 Monate) üben.
- Aufkommende Analysenmethoden erkennen und einführen.

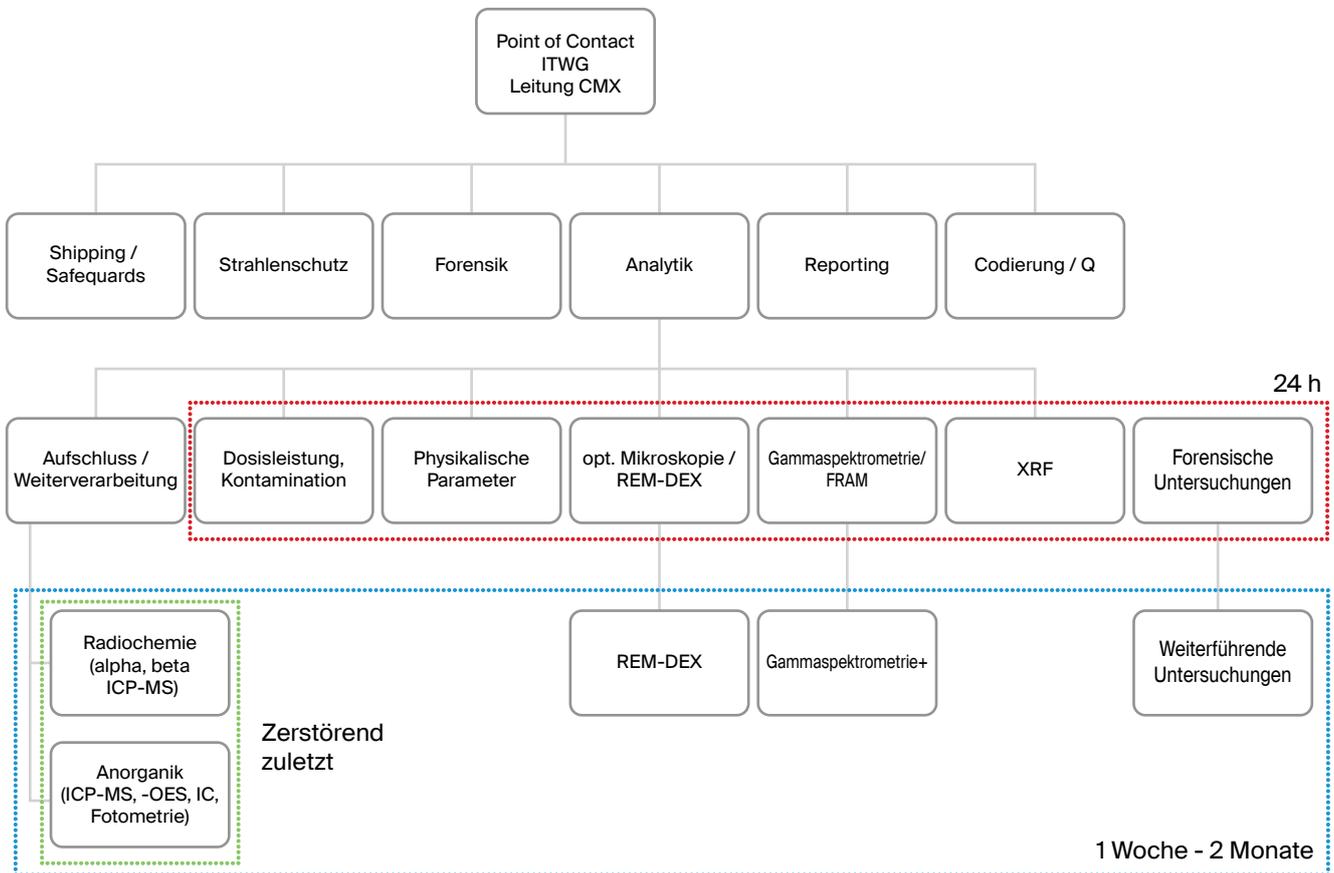


Im 2021 fand die siebte solche Übung, die CMX-7, statt. Neben den bekannten radioanalytischen und anorganischen Analysentechniken setzte die CMX-7 einen Schwerpunkt auf die zerstörungsfreie Analytik sowie auf radiochronometrische Verfahren (Altersbestimmungen).

Wie alle CMX wurde auch die CMX-7 als Rollenspiel («Project Hebenon») anhand eines definierten Drehbuchs durchgespielt. Vorgängig wurde das erforderliche Kernmaterial aus den USA in die Teilnehmerstaaten verschickt und

das Paket zu einem definierten Zeitpunkt geöffnet. Ab dem Zeitpunkt des Öffnens startete die Übung. Diese erforderte im Labor Spiez den Einsatz aller Messgruppen der akkreditierten Prüfstelle STS 0028 sowie den Einbezug aller Spezialisten für den Umgang mit Kernmaterial / Strahlenschutz sowie für die Auswertung.

**Nukleare Forensik Schweiz: Umsetzung der Analytik im Labor Spiez**



Die für das «Collaborative Material Exercise» erforderlichen Aufgabenfelder im zeitlichen Ablauf

**Das Szenario für CMX-7**

«Die Ermittlungsbehörde ist mit einem Untersuchungsauftrag für die nukleare Forensik an Sie herangetreten. Sie haben vier radioaktive Proben zur Untersuchung erhalten.

Die Polizei hat bei der Ermittlung wegen eines Drogendelikttes in einem Wohnheim einer Universität festgestellt, dass radioaktive Substanzen in einer Wohnung präsent sind. Zwei verdächtige Substanzen wurden aus der Wohnung beschlagnahmt (ES-1 und ES-2). Die mit der Untersuchung beauftragte Behörde hat drei «persons of interest» identifiziert, die mit der Wohnung zu tun haben.

- Niels, Mieter der Wohnung
- Lise, Eigentümerin der Wohnung
- Otto, Eigentümer der Wohnung

Diesen Erkenntnissen folgend hat die Behörde eine weitere radioaktive Substanz im Chemielabor an der Universität gefunden, wo Niels arbeitet. Diese Substanz (ES-3) wurde ausserhalb des Kontrollbereichs bezüglich Strahlenschutz gefunden. Von einem Institut der Universität, das mit Beschleunigern arbeitet und als einziges auf dem Campus eine Umgangsbewilligung für radioaktive Substanzen besitzt, haben Sie eine Vergleichssubstanz erhalten (ES-4). Lise und Otto arbeiten im Institut mit Beschleunigern und hätten Zugang zu ES-4 gehabt. Für alle Proben sind Gamma-Spektren der Einsatz-Equipe für R/N-Fälle beigelegt. Den drei «persons of interest» wurden Fingerabdrücke abgenommen.»

## Zusammenfassung der erhobenen Proben:

MS-1



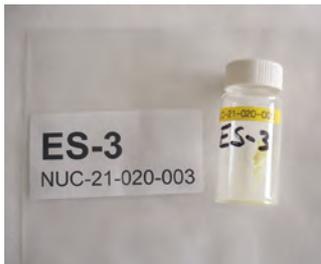
Radioaktives Pulver in Scintillationsvial aus der Wohnung

MS-2



Radioaktives Metall in Glasbehälter aus der Wohnung

MS-3



Radioaktives Pulver in einem Erlenmeyer aus Niels' Labor

MS-4



Radioaktives Metall als Vergleichsstück aus dem Beschleuniger-Institut der Universität, wo Lise und Otto arbeiten

Der Ermittlungsleiter erteilt Ihnen folgenden Auftrag:

- Inventarisieren aller Proben und Beweise und Initiieren einer Kontrollkette für die weitere Bearbeitung und Codierung der Proben.
- Zusammenstellen eines Prüfplans zur Unterstützung der Untersuchung mit zerstörungsfreien und zerstörenden Techniken – mit dem Ziel, Zuordnungen respektive Nicht-Zuordnungen oder Herkunftsbestimmungen machen zu können.
- Bestimmen der physikalischen Parameter und aller zerstörungsfrei zugänglichen Informationen in den ersten 24 Stunden. Spuren für die Forensik dürfen nicht verändert werden.
- Quantitative Analyse und Charakterisierung der vier radioaktiven Proben mit einem fortlaufend anzupassenden Prüfplan gemäss den geltenden Rapportierungszeiträumen.

Insbesondere ist von Interesse:

- Können die zwei Proben aus der Wohnung miteinander analytisch und/oder forensisch in Verbindung gebracht werden?
- Können die zwei Proben aus der Wohnung mit der Probe in Niels' Labor analytisch und/oder forensisch in Verbindung gebracht werden?
- Kann eine der beschlagnahmten radioaktiven Substanzen mit der Vergleichsprobe analytisch und/oder forensisch in Verbindung gebracht werden?
- Mit welcher Konfidenz treffen Sie obige Aussagen? Ohne statistischen Beleg werden Ihre Aussagen als unvollständig betrachtet.

**Die CMX-Serie ist auch für die Weiterentwicklung der Radioanalytik in anderen Gebieten von Bedeutung, da ähnliche Verfahren zur Anwendung kommen**

**Nukleare Forensik Schweiz: Umsetzung der Analytik im Labor Spiez**

- *Bestimmen Sie die chemische Form und Zusammensetzung.*
- *Gibt es weitere Charakteristika, die eine Verbindung zwischen den Proben ermöglichen?*
- *Gibt es Charakteristika, die auf eine Verbindung zu Material ausserhalb des Ermittlungsrahmens hindeuten?*

Aufgrund der Daten aus dem Szenario und der beschlagnahmten Materialien wurden im Labor Spiez unter Strahlenschutzbedingungen am ersten Tag möglichst viele analytische Informationen gesammelt, ohne die Proben zu zerstören. Im weiteren Verlauf der Übung wurden während zweier Monate immer detailliertere Analysen vorgenommen, Unsicherheiten gesenkt, die Hypothesen geprüft, und es wurden mittels GDF Konfidenz-basierte Aussagen zu den gestellten Fragen gemacht.

Dafür waren eine Reihe unterschiedlicher Verfahren und Kombinationen von Prüfgrössen erforderlich, unter anderem optische Mikroskopie, REM-EDX, Röntgenfluoreszenz, Oberflächenanalysen, Totalaufschlüsse, radiochemische Trennungen, Isotopenverhältnisanalysen, Fotometrie, Ionenchromatographie, Altersbestimmung oder die Bestimmung von Aktivitätskonzentrationen.

Nach Abschluss der laboranalytischen Untersuchungen übermittelte das Labor Spiez den Datensatz sowie die Antworten auf Fragen der Ermittlungsbehörden an die Übungsleitung. Im Verlauf des ersten Halbjahres 2022 wird die Übungsleitung der CMX-7 die Daten aller 25 teilnehmenden Labore auswerten. Dabei geht es primär darum, die Lösungswege der teilnehmenden Laboratorien zu vergleichen.

Für das Labor Spiez sind solche Übungen wertvoll, um sich als Speziallaboratorium des Bundes für derartige Fälle optimal vorbereiten zu können. Die Erkenntnisse aus der CMX-Serie sind auch für die Weiterentwicklung der Radioanalytik in anderen Gebieten von Bedeutung, da zum Beispiel für die Umweltradioaktivität ähnliche Instrumente und Verfahren zur Anwendung kommen. Ein weiteres wichtiges Verfahren, das im Labor Spiez verstärkt werden soll, ist die ortsaufgelöste, zerstörungsfreie Analyse. In der nuklearen Forensik sind Schlüsselinformationen für die Analyse häufig in Partikeln vorhanden, die sich auf dem eigentlichen Probenmaterial befinden. Dazu plant das Labor Spiez, zusätzlich zur etablierten Rasterelektronen-Mikroskopie die Beschaffung eines Systems zur ortsaufgelösten nuklidspezifischen Analytik mittels Laserablation, gekoppelt mit einem ICP-Massenspektrometer.

Ein weiteres wichtiges Hilfsmittel für die nukleare Forensik ist die anorganische Analytik. Sie liefert wichtige Informationen über die stabilen Elemente und Isotope. Die Ionenchromatographie sowie Fotometrie liefern zudem wichtige Daten zur Charakterisierung einer Substanz und stützen Vermutungen, die zuvor nur auf gravimetrischen Daten und stöchiometrischen Überlegungen basierten.

Ab 2022 wird das Labor Spiez den Bereich der nuklearen Forensik weiter verstärken und mit dem Radiochemie-Labor am Paul Scherrer Institut eine langfristige Forschungspartnerschaft im Rahmen einer Doktorarbeit eingehen. Das Labor Spiez leistet damit auch einen wichtigen Beitrag zur Ausbildung von dringend benötigten Radiochemie-Fachleuten in der Schweiz.

## Weitere Fachinformationen

- Weissbuch Radiochemie Schweiz. Chemie radioaktiver Substanzen zum Nutzen der Gesellschaft: Ein interdisziplinäres Forschungsgebiet mit Zukunft (2020) Online-Publikation der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT): [www.scnat.ch](http://www.scnat.ch)
- Website des Paul Scherrer Instituts (PSI), insbesondere Bereich Laboratory of Radiochemistry (LRC): [www.psi.ch/en/lrc](http://www.psi.ch/en/lrc)



# 03

## Wichtiger Entscheid zur Stärkung des Chemie- waffenübereinkommens

Am 1. Dezember 2021 haben die Vertragsstaaten des Chemiewaffenübereinkommens (CWÜ) den Entscheid gefasst, dass der aerosolisierte Einsatz von auf das zentrale Nervensystem wirkenden Chemikalien im nationalen Gesetzesvollzug unvereinbar ist mit den Bestimmungen des CWÜ. Somit konnte die Rüstungskontrolle der Schweiz mit dem Labor Spiez nach jahrelangem Engagement einen bedeutenden Fortschritt zur Stärkung der internationalen Norm gegen chemische Waffen erzielen.

---

Beat Schmidt



Polizeikräfte in aller Welt setzen Reizstoffe (engl. Riot Control Agents, RCA) zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung ein. Diese RCAs können beim Menschen spontan sensorische Irritationen oder handlungsunfähig machende Wirkungen hervorrufen, welche innerhalb kurzer Zeit nach Beendigung der Exposition ohne gesundheitliche Schäden wieder vollständig abklingen.

Das Chemiewaffenübereinkommen (CWÜ) beinhaltet ein Verbot von toxischen Chemikalien, es sei denn, diese Chemikalien werden gemäss Abkommen für nicht verbotene Zwecke verwendet, einschliesslich der Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung.<sup>1</sup> Jedoch schweigt sich das CWÜ darüber aus, ob ausser RCAs auch so genannte Central Nervous System-acting Chemicals (CNSaCs) zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung eingesetzt werden können. Das CWÜ verpflichtet zudem die Staaten, die Liste der RCA für den Gesetzesvollzug der Organisation für das Verbot chemischer Waffen (OPCW) zu melden. Die Schweiz und andere Staaten deklarierten nur RCAs,

während einige Staaten auch andere Stoffklassen der OPCW meldeten.

Im Jahr 2002 hielten tschetschenische Rebellen in Moskau mehr als 800 Besucher/innen im Dubrowka-Theater als Geiseln fest. Dies veranlasste die russischen Sicherheitskräfte, ein narkotisierendes Aerosol in die Klimaanlage des Theaters freizusetzen. Nach etwa 30 Minuten erstürmte die Polizei das Theater, schaltete die Geiselnnehmer aus und befreite die teils ohnmächtigen Geiseln. Etwa 120 Menschen starben an den Folgen des eingeatmeten Aerosols, welches sich gemäss analytischen Untersuchungen aus einem Gemisch der Opiate Carfentanil und Remifentanil zusammensetzte.

Dieser Einsatz in Moskau hat das Interesse der Forschungscommunity in eine neue Richtung gelenkt. Mehrere wissenschaftliche Berichte wurden publiziert, welche die Wirksamkeit von CNSaCs in Tierversuchen erforschten, um Erkenntnisse über die Lipophilie, die Überwindung der Blut-Hirn-Schranke, Rezeptoreffizienz und Selektivität/

▲  
**Die mexikanische Bundespolizei feuert Tränengas auf Studenten und Mitglieder der Volksversammlung von Oaxaca während Zusammenstössen vor der Universität von Oaxaca in Oaxaca-Stadt (2006)**

---

1. Gemäss Artikel II Absatz 9 Buchstabe d des Chemiewaffenübereinkommens (siehe SR 0.515.08).

## Wichtiger Entscheid zur Stärkung des Chemiewaffenübereinkommens

### Der wissenschaftliche Beirat («Scientific Advisory Board» der OPCW



Spezifität auf Rezeptortypen zu erlangen. Dazu zeigten auch Regierungen ein Interesse an der Möglichkeit, solche Stoffe für ihre Sicherheitskräfte einzu-

sationen mit dieser Thematik beschäftigt<sup>3</sup>. Die Schweiz wollte sicherstellen, dass der CWÜ-Vertrag zum Verbot der Entwicklung, Herstellung und Lagerung von Chemiewaffen angesichts der Fortschritte in Wissenschaft und Technik weiterhin verbindlich bleibt. Die wissenschaftlichen Fortschritte erlauben es nämlich, innert kürzester Zeit Tausende von chemischen Stoffen auf ihr biologisches Potenzial hin zu untersuchen und hochwirksame CNSaCs zu identifizieren. Falls diese CNSaCs mit unbekannter Dosierung und ohne wirksames Gegenmittel freigesetzt würden, könnten sich diese vermeintlich nicht tödlichen Mittel nach dem Grundsatz von Paracelsus<sup>4</sup> mit Sicherheit in tödliche Mittel verwandeln. Zudem könnten Staaten unter dem Deckmantel der gemäss dem CWÜ erlaubten Tätigkeiten<sup>5</sup> eine neue Generation von chemischen Waffen unbemerkt entwickeln. Neue Typen von Munition, Trägersystemen und Ausrüstung, speziell für die Verbreitung von CNSaCs, würden unweigerlich zu neuen Chemiewaffen-Typen führen, die auch für verbotene Zwecke eingesetzt und proliferiert werden könnten. Mit dem Einsatz von CNSaCs als Mittel des Gesetzesvollzugs besteht somit die latente Gefahr einer Aushöhlung der internationalen Norm gegen die Bewaffnung mit toxischen Stoffen und das Wiederaufleben der chemischen Kriegsführung. Folglich würden die Auswirkungen auf die Schutzmassnahmen und die damit verbundenen Kosten zur Ereignisbewältigung ebenfalls erheblich ansteigen.



setzen. Offensichtlich hielt man neue Strategien oder vermeintlich humanere Methoden dank CNSaCs für geeignet, um bei der Bewältigung von Unruhen, der Kontrolle von Menschenmengen, der Festnahme von Gewalttätern oder bei Geiselnbefreiungen Mensch und Umwelt zu schonen und die Zahl der Toten und Verletzten gering zu halten.

Diese Bestrebungen führten zu ersten politischen Stellungnahmen von Seiten der Schweiz und von Nichtregierungsorganisationen. So hatte der Schweizer Botschafter bereits während der ersten CWÜ-Überprüfungskonferenz (RevCon) im April 2003 die Staaten eindringlich zu mehr Transparenz aufgerufen und verlangt, dass sämtliche für den Gesetzesvollzug gelagerten Chemikalien offengelegt werden. Diese Forderung bekräftigte die Schweiz in einem vielbeachteten Grundsatzpapier<sup>2</sup> an der zweiten RevCon 2008. Daneben hatten sich auch das Internationale Komitee vom Roten Kreuz (IKRK) sowie diverse weitere Nichtregierungsorgani-

Nachdem es der Schweiz an der dritten RevCon 2013 erneut nicht gelungen war, eine Referenz zu CNSaCs im Schlussdokument zu verankern, kam mit Australien ein starker Partner mit ins Boot. Mit gebündelten Anstrengungen forderte man die CWÜ-Staaten auf, ihre Position zu CNSaCs freiwillig offenzulegen. Mehrere Staaten bekundeten darauf nicht nur ihr Interesse an einer for-

2. RC-2/NAT.12, dated 9 April 2008: «Riot control and incapacitating agents under the Chemical Weapons Convention».
3. Vgl. Z.B. «Report Technical Workshop on Incapacitating Chemical Agents», Spiez, Switzerland (8–9 September 2011); ICRC - Expert meeting report. «Incapacitating chemical agents»: Law enforcement, human rights law and policy perspectives; from 24 to 26 April 2012 in Montreux, Switzerland; ICRC - Expert Meeting Report: Incapacitating Chemical Agents: Implications for International Law; 24–26 March 2010 in Montreux, Switzerland.
4. Zitat des Schweizer Arztes Paracelsus (1493 oder 1494): «Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift sei.»
5. Gemäss Art II, Abs. 9 (d) gelten Zwecke zum Gesetzesvollzug als eine durch das CWÜ nicht verbotene Tätigkeit.

malen CNSaCs-Diskussion innerhalb der OPCW, sondern legten auch ihre erlaubten RCAs für den Gesetzesvollzug offen.<sup>6</sup> Mittels informellen Veranstaltungen für alle regionalen Gruppen der OPCW wurden «Side-Events» mit namhaften Referenten organisiert und Aide-Memoires oder Working Papers zu CNSaCs publiziert. Dadurch wurde eine deutlich verbreitete Sensibilisierung erreicht.

Der Wissenschaftliche Beirat (Scientific Advisory Board, SAB) des Generaldirektors der OPCW befasste sich eingehend mit den technischen Aspekten zu CNSaCs. Bereits in seinem Bericht zur dritten RevCon kam der Rat zum Schluss, dass «die technische Diskussion über die mögliche Verwendung toxischer Chemikalien für den Gesetzesvollzug ausgeschöpft ist».<sup>7</sup> Auf der Grundlage der Definition von RCAs im CWÜ erstellte der SAB aus 59 Chemikalien, die zuvor von den Vertragsstaaten deklariert worden waren, eine Liste von 17 sensorischen Reizstoffen, die der CWÜ-Definition eines RCAs entsprechen. Die anderen 42 gemeldeten Chemikalien erfüllten gemäss SAB die RCA-Definition nicht – dies aufgrund ihrer fehlenden kurzzeitigen Wirkung und möglichen dauerhaften gesundheitlichen Schäden. Der SAB unterstrich, dass CNSaCs wie etwa das Opioid Fentanyl und seine Analoga unter kontrollierten medizinischen Bedingungen als sicher gelten. Hingegen muss bei der Freisetzung von CNSaCs-Aerosolen mit langfristigen gesundheitsschädigenden Auswirkungen oder gar dem Tod gerechnet werden – dies aufgrund der geringen Sicherheitsmargen, der ungleichmässigen Verbreitung, der Variabilität der menschlichen Reaktionen sowie der Notwendigkeit einer schnellen medizinischen Behandlung nach der Exposition.

Mit dem Eintritt der USA in diese CNSaCs-Debatte änderte sich 2017 der

Ton schlagartig. Das Ziel war nun nicht mehr, eine inklusive und unvoreingenommene Diskussion innerhalb der politischen Entscheidungsorgane des CWÜ zu erreichen, sondern man steuerte direkt auf einen Entscheid hin, den aerosolisierten Einsatz von CNSaCs im nationalen Gesetzesvollzug zu verbannen. Dieses Ziel weckte auf Seiten von Russland, China und Iran hartnäckigen Widerstand. Andere Staaten hielten sich zurück oder plädierten für eine einvernehmliche Konsenslösung.

Schliesslich kam es Anfang Dezember 2021 an der 26. Vertragsstaatenkonferenz des CWÜ in Den Haag zur Abstimmung über den von Australien, den USA und der Schweiz initiierten Entscheid,<sup>8</sup> der festhält, dass der aerosolisierte Einsatz von CNSaCs im nationalen Gesetzesvollzug verboten ist. Der Entscheid wurde mit deutlicher Mehrheit von 85 Ja, 10 Nein und 33 Enthaltungen angenommen.

Dieser wichtige Entscheid verhindert ein Wiederaufleben der chemischen Kriegsführung und stärkt die internationale Norm gegen chemische Waffen entscheidend. Das Labor Spiez hat einen wesentlichen Teil zu diesem Entscheid beigetragen und freut sich über diesen deutlichen rüstungskontrollpolitischen Fortschritt.

6. Siehe AUS Paper C-19/NAT.1; dated 14 November 2014.

7. RC-3/DG.1, dated 29 October 2012, paragraph 13 und 86.

8. C-26/DEC.10: Decision: Understanding Regarding the Aerosolised Use of Central Nervous System-Acting Chemicals for Law Enforcement Purposes.

### Was sind Central Nervous System-acting Chemicals (CNSaCs)?

CNSaCs sind auf das zentrale Nervensystem wirkende Chemikalien. Die Substanzen beeinflussen beim Menschen bestimmte biochemische Prozesse und physiologische Systeme und bewirken einen handlungsunfähig machenden Zustand. Sie verursachen durch unkontrollierten Einsatz langanhaltende starke Übelkeit und Desorientierung, inkohärentes Verhalten, Halluzinationen, Betäubung, Bewusstseinsverlust und führen in höheren Konzentrationen zu Sedierung, Atemdepression, Bewusstlosigkeit bis hin zum Tod. Unter kontrollierten medizinischen Bedingungen z. B. in Spitälern sind diese Substanzen als Betäubungsmittel unabdingbar und weiterhin legitim.



D4

# 4 Ein Netzwerk von Vertrauenslaboratorien im Dienste der UNO

Der Generalsekretär der Vereinten Nationen kann mit seinem Mechanismus (United Nations Secretary-General's Mechanism, UNSGM) den mutmasslichen Einsatz chemischer oder biologischer Waffen unverzüglich untersuchen. Die UNO-Mitgliedstaaten sind aufgefordert, geeignete Laboratorien zu nominieren, um solche Abklärungen zu unterstützen. Im September 2021 organisierte das Labor Spiez zum sechsten Mal den Schweizer UNSGM Designated Laboratories Workshop in Spiez, um ein funktionales Netzwerk von Vertrauenslaboratorien für den UNSGM voranzubringen.

---

Cédric Invernizzi

Bei den früheren UNSGM Designated Laboratories Workshops zeigte sich die Notwendigkeit eines kollaborativen Netzwerks nominierter Laboratorien, um Transparenz und Vertrauen in die wissenschaftliche Kompetenz, die analytischen Fähigkeiten und die Qualitätssicherungssysteme zu fördern und so die operationellen Kapazitäten und Fähigkeiten des UNSGM zu stärken. Die sechste Ausgabe der Workshopreihe setzte diese Diskussionen fort, musste jedoch aufgrund der COVID-19-bedingten Lage in einem virtuellen Format stattfinden. Angesichts dieser Einschränkung wurde die Agenda im Vergleich zu den Vorjahren merklich gestrafft, sie ermöglichte aber eine wesentlich breitere Beteiligung, sowohl in Bezug auf die Anzahl der Teilnehmenden als auch deren geografische Verteilung.

Die Schweizer Workshopreihe dient mittlerweile als wichtige Plattform, um Informationen auszutauschen und die praktischen Aktivitäten aufeinander abzustimmen. Letzteres ist besonders wichtig mit Bezug auf die in den «UNSGM Guidelines and Procedures»<sup>1</sup> beschriebenen, laborübergreifenden Kalibrierungen. Dazu finden periodisch massgeschneiderte Aktivitäten auf Laborebene statt, einschliesslich Übungen zur Vertrauensbildung und Qualitätssicherung. Die regelmässige Teilnahme der Laboratorien an diesen Aktivitäten verbessert nicht nur die operationellen Fähigkeiten des UNSGM, sondern schafft für die Laboratorien auch Möglichkeiten zur Selbsteinschätzung, zum Benchmarking und zur Verbesserung. Damit gewinnen die Laboratorien an Vertrauen, und die Zusammenarbeit untereinander erleichtert den Zugang

Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine leicht bearbeitete Übersetzung aus dem englischen Konferenzbericht.

[www.spiezlab.admin.ch/de/kontrolle/unsgm.html](http://www.spiezlab.admin.ch/de/kontrolle/unsgm.html)

---

1. Guidelines and Procedures for the timely and efficient investigation of reports for the possible use of chemical and bacteriological (biological) or toxin weapons. [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/44/561](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/44/561)

## Seit Beginn des Projekts hat die Beteiligung von Laboratorien sukzessive zugenommen

zu wichtigen Ressourcen wie Datenbanken, Analysemethoden und Fachwissen.

Dieser sechste Workshop befasste sich erneut mit Laborübungen, Expertenübungen mit Einbezug der Laboratorien, Laborberichterstattung sowie Leitlinien zur Probenahme und zum Probentransfer. Wichtige Aufgaben, die zusätzliche Anstrengungen erfordern, sind eine grössere geografische Verteilung der Laboratorien sowie die Sicherstellung einer nachhaltigen Finanzierung des Netzwerks.

Die Teilnehmenden erhielten eine Übersicht über das deutsche Projekt RefBio, das Laborübungen in den Bereichen Bakteriologie, Virologie und Toxinologie anbietet. Das Projekt startete 2017 und wurde kürzlich um weitere drei Jahre bis 2024 verlängert. Das Robert Koch-Institut (RKI) leitet das Projekt und hilft den beteiligten Laboratorien, ihre Fähigkeiten auf der Grundlage ihrer Leistungen in externen Qualitätssicherungsübungen zu bewerten. Seit Beginn des Projekts hat die Beteiligung von Laboratorien aus verschiedenen Regionen der Welt sukzessive zugenommen, aber es sind noch weitere Anstrengungen erforderlich, um ein stärkeres Engagement zu erreichen, insbesondere in Südamerika, Afrika, im Nahen Osten und in Teilen Asiens. Künftige Arbeiten im Rahmen des Projekts RefBio erfordern die Investition erheblicher Ressourcen in die Schulung von nominierten Laboratorien und in die Einrichtung einer kuratierten Referenzgenomdatenbank zur Verwendung bei der forensischen Profilerstellung von Bakterien.

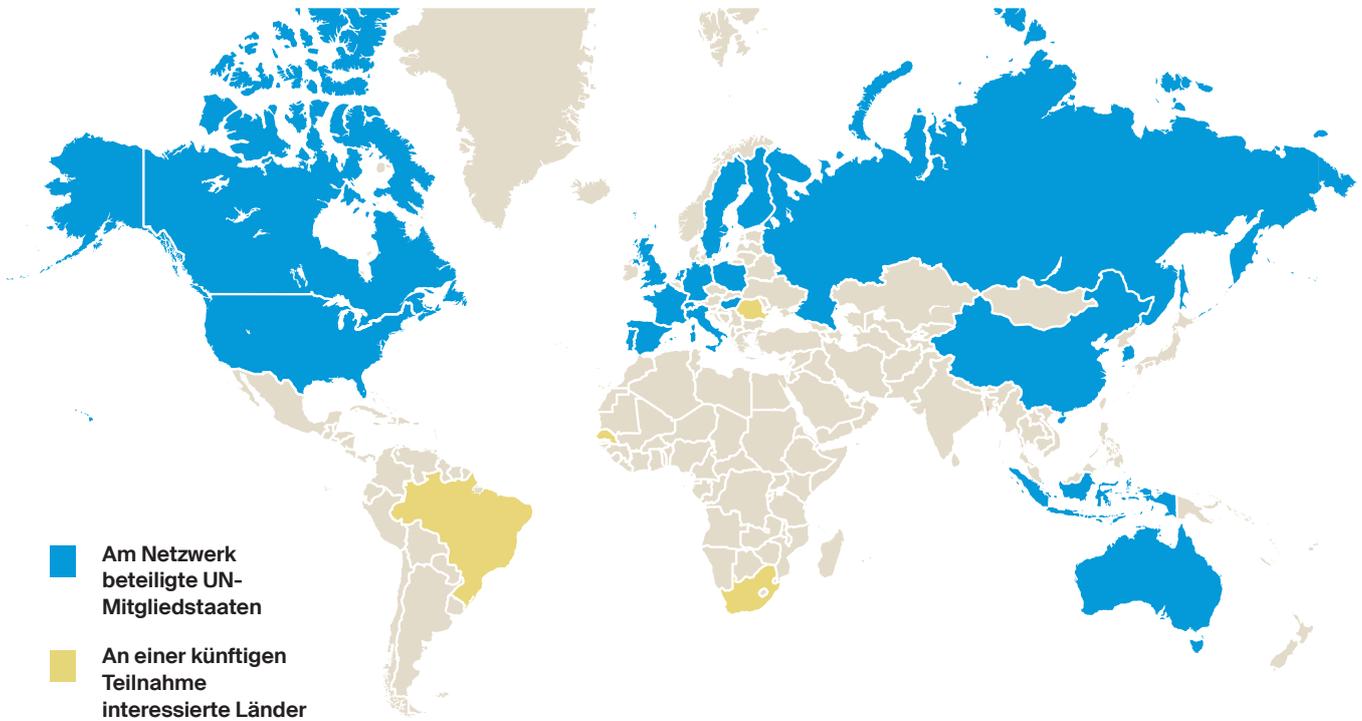
Das State Key Laboratory of Infectious Disease Prevention and Control (SKLID) des China Centre for Disease Control (China CDC) hat eine neue Initiative angekündigt, die im Mai 2022 beginnen

soll. Die geplante Laborübung zielt darauf ab, einerseits einen unbekanntem Erreger zu identifizieren, der bisher nicht beschrieben wurde und als Auslöser einer potenziellen Epidemie (Krankheit X) vermutet wird, andererseits soll sein tierischer Ursprung untersucht werden.

Aufbauend auf den Erfahrungen früherer Aktivitäten haben das RKI, die Dänische Technische Universität und die schwedische Behörde für Verteidigungsforschung (FOI) ein neues, zweijähriges Projekt mit Trockenlaborübungen gestartet, das vom US-Aussenministerium finanziert wird. Der Schwerpunkt liegt auf dem Nachweis, der Identifizierung und der Charakterisierung viraler Krankheitserreger als biologische Waffen unter Verwendung von DNA-Sequenzierungsdaten.

Im Hinblick auf die Schnittstellen zu Laboratorien informierten sich die Workshop-Teilnehmenden über den aktuellen Stand der von Deutschland angebotenen und vom RKI organisierten Capstone Exercise. Bereits im November 2020 wurde eine fünftägige, virtuelle Table-Top-Übung zu den Abläufen vor dem Einsatz einer UNSGM-Untersuchung abgehalten. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden nun bei der für 2022 geplanten Feldübung umgesetzt – sofern die pandemische Situation dies zulässt. Um die Komplexität einer UNSGM-Mission zu simulieren, werden alle relevanten Akteure, einschliesslich der nominierten Laboratorien, einbezogen.

Die zentrale Bedeutung der Laborberichterstattung wurde bereits in früheren Workshops hervorgehoben, was die jüngsten Bemühungen um die Entwicklung von Leitlinien und Vorlagen veranlasst hat. Da die Berichtspraktiken forensischer Laboratorien gut etabliert sind, können diese als Richtschnur für



die Entwicklung der forensischen UNSGM-Berichterstattung genutzt werden. Im Rahmen des RefBio-Projekts wird die weitere Entwicklung einer Vorlage vorangetrieben.

Im Anschluss an frühere Workshops hat sich eine kleine Arbeitsgruppe unter der Leitung Kanadas mit der Zusammenarbeit von Untersuchungsteams und nominierten Laboratorien befasst, insbesondere im Hinblick auf die Probenahme. Zu den jüngsten Arbeiten gehören die Überprüfung bestehender Protokolle sowie die Ausarbeitung von Arbeitsverfahren und Leitlinien für die Probenahme und den internationalen Transport biologischer Umweltproben. Das US-Aussenministerium erarbeitet derzeit eine virtuelle Übung, in welcher die politischen, rechtlichen, regulatorischen und technischen Herausforderungen untersucht werden, die beim Transfer biologischer Proben über Landesgrenzen auftreten können.

Dieser sechste UNSGM Designated Laboratories Workshop des Labor Spiez war ein weiterer wichtiger Schritt zur Stärkung der Bemühungen, ein funktionsfähiges und zweckmässiges Netzwerk an Vertrauenslaboratorien für den UNSGM zu errichten. Zudem wird die Unterstützung und Koordination durch das Büro der Vereinten Nationen für Abrüstungsfragen (UNODA) von zentraler Bedeutung sein, um das Interesse aufrechtzuerhalten und Finanzmittel anzuziehen. Die Schweizer Workshopreihe wird weiterhin als Plattform für Feedback und den Austausch zwischen verschiedenen Projekten dienen. So kann sichergestellt werden, dass die Laboratorien auf ein kompatibles System im Gleichgewicht zwischen Standardisierung und Flexibilität hinarbeiten. Zu diesem Zweck wird der siebte UNSGM Designated Laboratories Workshop vom 14. bis 16. September 2022 wiederum in Spiez stattfinden.

# 05 Spiez CONVERGENCE 2021: Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Schweiz hat 2014 die Konferenzreihe Spiez CONVERGENCE ins Leben gerufen, um die von der Organisation für das Verbot chemischer Waffen (OPCW) initiierten Diskussionen über mögliche Auswirkungen der Konvergenz in Chemie und Biologie fortzusetzen. Diese vierte Ausgabe bot den Teilnehmenden aus Forschung, Industrie und Rüstungskontrolle erneut eine Plattform, um sich über neue Entwicklungen in Wissenschaft und Technologie und deren Auswirkungen auf das Verbot chemischer und biologischer Waffen auszutauschen.

---

**Stefan Mogl**

Aufgrund der COVID-19-Pandemie musste die für 2020 geplante Konferenz um ein Jahr verschoben und das Format angepasst werden. Man nahm virtuell teil, nur die Moderatoren der Themenbereiche und die Rapporteurs versammelten sich in Spiez. Das virtuelle Format schränkte das Konferenzprogramm zwar zeitlich etwas ein, ermöglichte dafür aber eine breite geografische Teilnahme.

Frühere Ausgaben von Spiez CONVERGENCE zeigten deutlich, wie wichtig es ist, den Entwicklungsstand einer Technologie zu verstehen, um mögliche Auswirkungen auf die Rüstungskontrolle und die Sicherheit bewerten zu können. Nicht alle Erwartungen an eine

neue Technologie werden später Realität; und neue wissenschaftliche Entdeckungen und daraus abgeleitete Möglichkeiten sind nicht gleichbedeutend mit neuen Waffen. An der Konferenz 2021 wurden Technologien in verschiedenen Entwicklungsstadien vorgestellt und diskutiert – von der Grundlagenforschung bis zu weltweit verbreiteten Technologien im industriellen Massstab.

Wie Fortschritte in Wissenschaft und Technik die Synthese und Nutzung chemischer Moleküle beeinflussen und dadurch das Potenzial des «chemischen Raums» in rasantem Tempo erweitern, ist eine wiederkehrende Beobachtung bei Spiez CONVERGENCE. Automati-

Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine leicht bearbeitete Übersetzung aus dem englischen Konferenzbericht.

[www.spiezconvergence.com](http://www.spiezconvergence.com)



▲  
**Organisationsteam von Spiez CONVERGENCE 2021  
von links nach rechts:**

**Cédric Invernizzi**, Chef Stab ABC-Rüstungskontrolle Labor Spiez; **Amanda Moodie**, Research Fellow, National Defense University, US; **Dana Komárek**, Stv. Chefin Rüstungskontrolle und Abrüstungspolitik, VBS; **Filippa Lentzos**, Senior Research Fellow, Kings College London, UK ; **Stefan Mogl**, Chef Fachbereich Chemie, Labor Spiez; **Franziska Mala**, Konferenzmanagement, Labor Spiez; **Ralf Trapp**, International Disarmament Consultant, FR; **Marc Cadisch**, Leiter Labor Spiez; **Michèle Gemünden**, Senior Scientist, CSS ETH Zürich; **Michelle Dover**, Director of Programs, Ploughshares Fund, US; **Maximilian Brackmann**, Bereichsleiter Rüstungskontrolle Biologie, Labor Spiez; **Beat Schmidt**, Bereichsleiter Rüstungskontrolle Chemie, Labor Spiez; **Lisa Brüggemann**, Konferenzmanagement, Labor Spiez; **Mark Smith**, Senior Programme Director, Wilton Park, UK

**Die breite Zugänglichkeit der Genomsynthese erhöht das Potenzial für Unfälle sowie den Missbrauch dieser Technologie**

sierte Synthese- und Screeningverfahren, bessere Algorithmen und höhere Rechenleistung ermöglichen die Identifizierung von Molekülen mit gewünschten Eigenschaften. Dies kann in der Entwicklung neuer Behandlungs- und Diagnosemethoden helfen.

Ein Beispiel für die Nutzung chemischer Moleküle und die Erweiterung des «chemischen Raums» ist die Positronen-Emissions-Tomographie (PET). PET ist eine bildgebende Technologie, die isotonenmarkierte Chemikalien als PET-Tracer verwendet. Die Substitution einer Hydroxylgruppe in Glukose durch  $^{18}\text{F}$  ist ein Beispiel für einen solchen chemischen Tracer. PET ist eine hochempfindliche Diagnosemethode, die dazu beitragen kann, pathologische Veränderungen zu erkennen, bevor morphologische Manifestationen auftreten.

Die Biokatalyse ist ein zweites Beispiel dafür, wie Fortschritte in Wissenschaft und Technik den «chemischen Raum» erweitern. Der wissenschaftliche Beirat (Scientific Advisory Board, SAB) der OPCW verfolgt dieses Thema aufgrund der Anwendung von biologischen Prozessen für die industrielle Produktion bestimmter organischer Chemikalien. Biokatalysatoren haben viele Vorteile gegenüber klassischen, chemischen Katalysatoren; sie bieten Reaktions- und Stereoselektivität, sind im Allgemeinen ungiftig und leicht biologisch abbaubar. Sie erlauben zudem, unter «milden» und ähnlichen Reaktionsbedingungen verschiedene Arten von Chemikalien herzustellen. Biokatalysatoren geben keinen Anlass zu Bedenken hinsichtlich der Synthese bekannter chemischer Kampfstoffe. Sie bieten jedoch Zugang zu Molekülstrukturen, die sich mit herkömmlichen Methoden nicht ohne weiteres herstellen lassen, und sie spielen eine zunehmend wichtige Rolle bei der Herstellung bestimmter Chemikalien, z. B. Duftstoffe, die auf der Konferenz vorgestellt wurden.

Genome Engineering ist ein weiteres Thema, welches regelmässig bei Spiez CONVERGENCE Beachtung findet. Die Konferenz von 2021 befasste sich mit den Fortschritten im digitalen Genome Engineering. Dabei werden Algorithmen eingesetzt, die den Zusammenbau von DNA-Konstrukten erleichtern. Neue Algorithmen erhöhen dabei die Effizienz der DNA-Synthese. Sie optimieren die native DNA-Sequenz, ohne deren Funktionalität zu beeinträchtigen und erhalten die Kodierung für die Zielproteine aufrecht. Im April 2021 wurden die ersten halbsynthetischen Zellen hergestellt. Die vollständige Fähigkeit zur Zellsynthese wird für 2023 erwartet. Die heutigen Computeralgorithmen ermöglichen es, ganze Genome von Grund auf neu zu generieren und bieten neue Lösungen für drängende Probleme. Die breite Zugänglichkeit der Genomsynthese erhöht jedoch das Potenzial für Unfälle sowie den Missbrauch dieser Technologie.

Projekte in der synthetischen Biologie erfordern DNA-Stränge von mehreren tausend Basenpaaren Länge. Die DNA-Synthese ist aktuell noch sehr fehlerbehaftet, im Durchschnitt kommt ein Fehler auf 200 Basenpaare. Die konventionelle Fehlerkorrektur ist arbeitsaufwändig, und unter dem Titel Third Generation DNA Synthesis wurde eine binäre Assemblierung als Methode zur Korrektur von Fehlern vorgestellt. Das Verfahren, das sich derzeit im Prototypenstadium befindet, basiert auf drei Kerntechnologien: einem Chip mit Tausenden von Pixeln, die unabhängig voneinander thermisch gesteuert werden, einer Phosphoramidit-Chemie, die eine thermisch gesteuerte Synthese einzelsträngiger DNA ermöglicht, sowie der On-Chip-Assemblierung von einzelnen DNA-Strängen zu doppelsträngiger DNA. Für die Zukunft ist ein Plug-and-Play-Tischgerät geplant, das «intelligente» Verbrauchsmaterialien verwendet. Ziel ist es, den Forschern eine modulare Tisch-DNA-Synthese der dritten Generation zu ermöglichen. Das

Potenzial dieser Technologie geht weit über das Klonieren oder Editieren von Genomen (z. B. CRISPR) hinaus, das Gleiche gilt aber auch für das Potenzial des Missbrauchs. Die Folgen des wachsenden Zugangs zu Werkzeugen der synthetischen Biologie können noch nicht abschliessend beurteilt werden, ebenso wenig wie allfällige Anforderungen an eine Regulierung und/oder Aufsicht.

Im Bereich der Nanowissenschaft und Nanotechnologie befasste sich die Konferenz mit der Verwendung von Nanomaterialien als Verabreichungssysteme für pharmazeutische Stoffe. Es wurde ein System im Stadium präklinischer Studien vorgestellt, das pharmazeutische Stoffe nach deren Aufnahme in den Körper aufgrund physiologischer oder anderer Stimuli freisetzt. Über eine nasale oder orale Aufnahme von Nanopartikeln aus glukosesensitiven Polymeren wird so Insulin bedarfsgerecht an Diabetiker abgegeben. Bei einem hohen Glukosespiegel werden die Nanopartikel abgebaut und setzen Insulin frei. Nanomaterialien wurden auch als Methode zur Bekämpfung der mikrobiellen Resistenz gegen Antibiotika untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass Salze von Polyimidazolium-Partikeln die Membran zerstören und die Zellwand aufbrechen, wodurch mikrobielle Krankheitserreger schnell abgetötet werden und so die Entwicklung von Resistenzen verhindert wird.

Künstliche Intelligenz (KI) hat sich zu einer wichtigen Technologie für die Synthese und Nutzung chemischer Moleküle entwickelt. Die Kombination aus verbesserten Algorithmen, Rechenleistung und offenem Zugang zu Daten wird zu einem «Game-Changer» und macht bisher unbekannte Moleküle und ganze «chemische Räume» zugänglich. Ein sehr vielversprechender Bereich von KI ist die Nutzung des maschinellen Lernens (ML). ML-Algorithmen sagen auf der Grundlage vorhandener Daten Moleküleigenschaften voraus

und helfen dadurch, Wirkstoffkandidaten für In-vitro- und In-vivo-Tests zu priorisieren. Kuratierte Datenbestände werden mit trainierten Algorithmen kombiniert, um als generative Modelle zu fungieren, die wie ein pharmazeutischer Chemiker arbeiten. Ein solches generatives Modell könnte jedoch auch eingesetzt werden, um Strukturen für toxische Wirkstoffe vorzuschlagen – ein Beispiel auf der Grundlage des Nervengifts VX wurde im Workshop vorgestellt.<sup>1</sup> Des Weiteren werden mit Hilfe von ML die Schritte vom Moleküldesign zur Synthese immer einfacher und können automatisiert werden. Das hat den Nachteil, dass solche ML-Methoden auch eingesetzt werden könnten, um Kontrollmassnahmen aktiv zu umgehen. Die Zahl der Unternehmen, die im Bereich der KI tätig sind, wächst rapide, ebenso wie die Kapitalinvestitionen in dieser Branche. Die Konferenz diskutierte ein aufkommendes Risiko in der KI-Branche aufgrund eines fehlenden Bewusstseins über das Missbrauchspotenzial von KI sowie aufgrund fehlender Kontrolle.

Fortschritte in der mRNA-Technologie und bei mRNA-basierten Impfstoffen ermöglichen die schnelle Entwicklung von Impfstoffen gegen SARS-CoV-2. Verschiedene mRNA-Plattformtechnologien erlauben eine schnellere Entwicklung von Therapeutika und Impfstoffen. Zudem erhöhen neue Plattformtechnologien die Wirksamkeit der Stoffe und verringern so die Menge der benötigten RNA, und sie erweitern darüber hinaus die Anwendbarkeit der Methoden. Gene von monoklonalen Antikörpern können in der RNA kodiert werden. Das reduziert Bedenken bezüglich ihrer Veränderung bei der Herstellung bzw. dem Auftreten von Artefakten. mRNA-Impfstoffe sind wegweisend, da ihre schnelle Konzeption und Entwicklung kürzere Produktionszeiten ermöglichen und es einfacher ist, sie anzupassen. Die Synthesepattformen erlauben eine schnelle und zellfreie Produktion der Impfstoffe. Sie sind

## Künstliche Intelligenz hat sich zu einer wichtigen Technologie für die Synthese und Nutzung chemischer Moleküle entwickelt

1. Im Anschluss an die Konferenz sind die Ergebnisse publiziert worden: Urbina, F., Lentzos, F., Invernizzi, C. et al. Dual use of artificial-intelligence-powered drug discovery. *Nat Mach Intell* 4, 189–191 (2022). Der Beitrag stiess in der Fachwelt, auf politischer Ebene und auch in allgemeinen News-Medien auf ein aussergewöhnlich grosses Interesse.

**Die Zeitspanne  
von einer  
Entdeckung bis  
zur Anwendung  
in der  
Gesellschaft wird  
immer kürzer**

weitgehend unabhängig von der RNA-Sequenz. Missbrauchsmöglichkeiten ergeben sich aus der Kodierung kompletter Virusgenome, um eine Infektion auszulösen, ohne dass ein physischer Zugang zum Virus erforderlich ist. Eine weitere Missbrauchsmöglichkeit der mRNA-Technologie entsteht aus der Kodierung toxischer Proteine, die bei Bedarf durch etablierte Methoden verabreicht werden können. Während dies bereits mit Plasmiden möglich war, machen die neuen mRNA-Plattformen eine entsprechende Verabreichung viel leichter zugänglich.

Synthetische Genomik auf Hefebasis kann dazu verwendet werden, virale Genome de novo zu assemblieren, zu rekonstruieren und virale Genome mit relativ geringen Kosten zu bearbeiten. Hefezellen werden verwendet, um Genome zu «parken» und gezielt zu verändern, zum Beispiel unter Verwendung von CRISPR. Die Hefe-Assembly-Technologie wurde erfolgreich eingesetzt, um SARS-CoV-2 im Januar 2020 innerhalb kurzer Zeit zu rekonstruieren; ein Impfstoff gegen die Afrikanische Schweinepest, der sich eine hefebasierte Plattform zunutze macht, befindet sich derzeit in Entwicklung. Ein weiterer Anwendungsbereich für die Hefe-Assembly-Technologie ist die Entwicklung von Bakteriophagen – d.h. Viren, die mit hoher Spezifität Bakterien angreifen. Solche Bakteriophagen könnten eingesetzt werden, um Infektionen mit multiresistenten Bakterien zu behandeln.

Mit Universalimpfstoffen wird versucht, einen Schutz gegen alle Viren innerhalb einer Virusart/-gattung/-familie und deren Varianten zu erreichen, die im Laufe der Zeit auftreten könnten. Die Grippe ist ein Beispiel dafür, dass eine Form des Virus nach einiger Zeit eine andere ersetzen kann und dass mehrere Formen des Virus über lange Zeiträume nebeneinander existieren können. Ein Universalimpfstoff versucht, auf relativ stabile Teile des Virus abzielen und

dennoch schützende Antikörperspiegel hervorzurufen. Universelle Impfstoffe werden derzeit für Influenza, SARS-CoV-2, HIV-1 und Hepatitis C entwickelt. Erfolgreiche Impfstoffkandidaten haben einen komplizierten Entwicklungsweg, und ein universeller Influenza-Impfstoff ist möglicherweise noch 5 bis 10 Jahre entfernt.

Die letzte Sitzung von Spiez CONVERGENCE (Summary and Conclusions) ist jeweils einer politischen Diskussion gewidmet. Welche Auswirkungen haben die neuen Fortschritte in Wissenschaft und Technologie, die gerade vorgestellt wurden? Die Konferenz von 2021 bestätigt eine Beobachtung aus dem Jahr 2014: Wissenschaft und Technologie entwickeln sich in rasantem Tempo. Ausserdem scheint die Zeitspanne von einer Entdeckung bis zu deren Anwendung in der Gesellschaft immer kürzer zu werden. Die diesjährige Konferenz beleuchtete wichtige Entwicklungen, die zu grundlegenden Veränderungen in den Biowissenschaften führen können:

Der «chemische Raum» weitet sich aus, so dass neue Familien bislang unbekannter Chemikalien mit spezifisch entwickelten Eigenschaften verfügbar werden. Die Art und Weise, wie Experimente durchgeführt werden, verlagert sich weiter weg von der Nasschemie und lebenden Organismen hin zum Einsatz von Algorithmen, Modellen, Datenbibliotheken und Computer-basierten Berechnungen. Die Verfügbarkeit von Automatisierung und Cloud-Diensten nimmt zu. Technologien, die es ermöglichen, bioaktive Moleküle zielgerecht zu verabreichen, wurden erfolgreich entwickelt.

Fortschritte in den Biowissenschaften und in Schlüsseltechnologien bringen der Gesellschaft grosse Vorteile. Aber leider existiert keine Single-Use-Technologie für die Biowissenschaften. Je nach Absicht können technologische Fortschritte dazu missbraucht werden,

um chemische oder biologische Kampfstoffe zu entwickeln, um neue Methoden für die Herstellung bekannter Kampfstoffe zu finden, deren Detektion oder Verifikation zu verunmöglichen oder um vorhandene Schutzmassnahmen zu umgehen. Der Einsatz von Chemiewaffen im Syrien-Konflikt sowie diverse Attentate mit Nerven-kampfstoffen zeigen, dass das Interesse an chemischen Waffen kein Thema der Vergangenheit ist. Rüstungskontrollmassnahmen dürfen darum nicht den wissenschaftlichen Fortschritt behindern, sondern sie sollen helfen, neue Entwicklungen für förderliche Zwecke zu nutzen.

Wissenschaftlicher und technologischer Fortschritt manifestiert sich in neuen Fähigkeiten. Wie und wo diese Fähigkeiten zum Einsatz kommen, ist abhängig von den jeweiligen Absichten der Akteure. Gesetze und internationale Konventionen schaffen den regulatorischen Rahmen. Konventionen sind jedoch nicht darauf ausgelegt, ihre Umsetzungsinstrumente so schnell und so oft anzupassen, wie es notwendig wäre, um mit dem Tempo des wissenschaftlichen Fortschritts Schritt zu halten. Es sind ergänzende Massnahmen erforderlich, die von anderen Gruppen und Akteuren ausgehen.

Ein wichtiges Beispiel dafür ist die zunehmende Abhängigkeit der Biowissenschaften von Open-Source-Daten und -Software, von Cloud-Diensten und vom Internet für den Zugang zu Materialien, Gerätschaften und Dienstleistungen. Wer ist der Eigentümer der Daten und wer entscheidet über den Zugang zu diesen Daten? Wie können Ziele und Absichten einer Arbeit erkannt werden, wenn Aktivitäten und Transaktionen getrennt innerhalb komplexer Programmstrukturen ausgeführt werden, die das Endprodukt verschleiern? Welche Bedeutung hat Cybersicherheit in diesen Prozessen?

Geht es darum, Risiken und Nutzen neuer Fähigkeiten zu beurteilen, stellt sich die Frage, welche Akteure dazu am besten in der Lage sind: Sind es die Fachexperten, weil sie die Auswirkungen ihrer Arbeit verstehen, oder sind es die Rüstungskontrollexperten, die sich eher auf die Risiken neuer Technologien als auf deren Nutzen fokussieren? Wichtig ist, dass ein ständiger Dialog geführt wird – zwischen Rüstungskontrollexperten, die ihre Besorgnis darüber zum Ausdruck bringen, wie bestehende Normen untergraben werden könnten, und den Fachleuten, die beurteilen, ob und wie eine bestimmte Technologie dies tatsächlich ermöglichen kann.

Outreach, Awareness Raising, Ethical Guidelines, Codes of Conduct, Ethics Training sind Initiativen, die sich auf den Dialog über Risiken und Vorteile von neuen Entwicklungen fokussieren. Diese Initiativen zielen im Allgemeinen darauf ab, in der wissenschaftlichen Gemeinschaft die Bereitschaft zu wecken, Verantwortung für die eigene Arbeit zu übernehmen und ein System der Selbstverwaltung zu schaffen. Solche Bildungs- und Ausbildungsinitiativen zielen jedoch in der Regel auf Einzelpersonen ab, und Selbstverwaltung ist mehr als nur gutes Verhalten von Einzelpersonen. Die Herausforderung für die Rüstungskontrolle besteht heute darin, das breite Spektrum der wissenschaftlichen Gemeinschaft effektiver einzubeziehen und das Gleichgewicht zwischen dem Fokus auf Institutionen und dem Individuum zu finden.

Um weiter zu beobachten, wie sich Fortschritte in Wissenschaft und Technologie auf die Umsetzung der (chemischen und biologischen) Rüstungskontrolle auswirken und wie darauf angemessen reagiert werden könnte, wird Spiez CONVERGENCE auch in Zukunft Gespräche zwischen Experten aus Wissenschaft, Technologie und Industrie sowie Rüstungskontrolle ermöglichen – das nächste Mal im September 2022.

**Rüstungskontrolle darf nicht den wissenschaftlichen Fortschritt behindern, sondern soll helfen, neue Entwicklungen für förderliche Zwecke zu nutzen**

# 06

## Leistungen des Labor Spiez zu Gunsten der Kantone

Das Labor Spiez setzt sich mit radiologischen, nuklearen, biologischen und chemischen Gefahren auseinander. Nutzniesser dieser Arbeit sind unter anderem die kantonalen und kommunalen Einsatzorganisationen. Sie können im Ernstfall auf die Leistungen der Spiezer Fachexpertinnen und -experten zurückgreifen. Auf Wunsch unterstützt das Labor Spiez kantonale Ämter auch bei der Erarbeitung ihrer ABC-Vorsorgeplanungen.

---

Pia Feuz  
César Metzger

### Bereitstellung von Grundlagen

Das Labor Spiez erarbeitet Grundlagen, auf deren Basis die Schweizer Bevölkerung in einem ABC-Ereignis geschützt werden kann. Dazu werden die erforderlichen wissenschaftlichen Expertisen entwickelt und den zivilen und militärischen Behörden und Einsatzorganisationen der Schweiz zur Verfügung gestellt. Dabei legt das Labor Spiez grossen Wert auf die Zusammenarbeit mit den Kantonen, Hochschulen und Universitäten. So sind in den letzten Jahren diverse Konzepte und Dokumente entstanden, etwa die Umsetzungshilfe zur Strategie «ABC-Schutz Schweiz», das Handbuch Persönliche ABC-Schutzausrüstung sowie diverse Faktenblätter, Poster und Broschüren.

Wichtig ist zudem der 2021 revidierte und aktualisierte Katalog mit ABC-Referenzszenarien: Anhand dieser Szenarien

kann ein breites Spektrum bevölkerungsschutzrelevanter ABC-Gefährdungen analysiert werden. Die Referenzszenarien dienen den ABC-Verantwortlichen in den Kantonen als Grundlage für vorsorgliche Planungen, um rasch und effizient auf ABC-Ereignisse reagieren zu können.

### Fachberatung und Prüfungen

Beratung vor dem Einsatz – unter diesem Motto erhalten die Kantone sowie weitere Partner im Bevölkerungsschutz und Sicherheitsbereich ABC-spezifische Fachberatungen zu Einsatzsystemen und Individualschutz. Das Labor Spiez verfügt über ein grosses Wissen über die verschiedenen Komponenten der persönlichen Schutzausrüstung (Masken, Schutzanzüge) wie auch über Detektionsgeräte.

# ABC

## Referenzszenarien



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS  
LABOR SPEZ  
Federal Office for Civil Protection FOCP  
SPEZ LABORATORY

Referenzszenarien ABC  
A-Szenario



### A-Szenario

#### Kernkraftwerkunfall mit ungefilterter Freisetzung

- Zeitlich** Dekontamination belastet über Jahrzehnte
- Personen** Ohne Massnahmen: Sehr hohe Strahlenbelastung (>100 mSv) bis zu einer Distanz von ca. 7 km in Abwdringung. Hohe Strahlenbelastung (20-100 mSv) bis zu einer Distanz von ca. 20 km, Strahlenbelastung über dem Grenzwert von 1 mSv bis zu einer Distanz von mehr als 100 km in Abwdringung
- Umwelt** Langfristige Veränderungen des Ökosystems bis ca. 20 km in Abwdringung
- Übriges** Sehr hohe Dekontaminationskosten, wirtschaftliche Folgekosten (Tourismus, Umsiedlung)



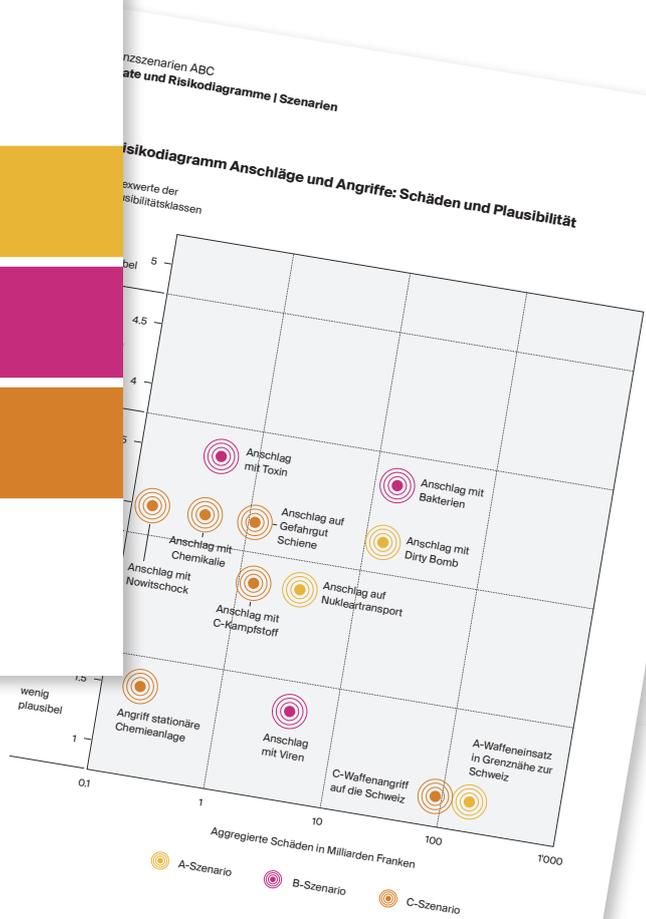
#### Massnahmen

- Verhinderung** Operationelle und technische Massnahmen im KKW
- Vorsorge** Eingespielte Alarmorganisation, Notfallübungen, Ausrüstung und Ausbildung des KKW-Personals
- Bewältigung** Zeitgerechte Information der Bevölkerung, Massnahmen (Außenbaltstauer im Freien, Ernte-, Fischeren, Weide- und Jagdverbot, Dekontamination, Beratungsgastelle Radioaktivität, evtl. Evakuierung oder Umsiedlung von Teilen der Bevölkerung, Monitoring)



#### Risikobewertung

- Plausibilität** sehr bis extrem selten
- Schadensausmass** sehr gross
- Risiko** klein



Gemäss Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz ist das Labor Spez zuständig für die Bereitstellung von ABC-Gefährdungsanalysen. Dazu stellt es den Kantonen und anderen interessierten Stellen entsprechende Referenzszenarien zur Verfügung.

## Die Bewältigung von ABC-Ereignissen wird im Labor Spiez regelmässig trainiert

### Abklärungen von verdächtigen ABC-Proben

Die Probenannahmestelle (PAS) ist eine Sicherheitseinrichtung für das ganze ABC-Zentrum Spiez und einzigartig in der Schweiz. Die PAS ermöglicht für eine grosse Anzahl von ABC-Proben die sichere und fachtechnisch korrekte Entgegennahme, Erfassung, Zwischenlagerung und Weiterleitung in die Analysenlabors. Auch einzelne Proben wie zum Beispiel Anthrax-Verdachtsbriefe können in der PAS verarbeitet werden. Kantonale Einsatzorganisationen machen regelmässig Gebrauch von diesem Angebot, wenn verdächtige Gegenstände aufgefunden werden.

### Einsatzequipen des Labor Spiez

Die A-, B- und C-Einsatzequipen (EEVBS) des Labor Spiez stehen rund um die Uhr zur Verfügung. Sie sind die einzigen sofort einsatzbereiten Mittel des Bundes, die die Kantone und ihre Ersteinsatzkräfte (Feuerwehr, Chemiewehren, Polizei, Sanität usw.) bei der Bewältigung von Ereignissen mit einer radiologischen, biologischen oder chemischen Gefährdung vor Ort unterstützen.

Unmittelbar nach der Alarmierung wird die Einsatzleitung auf dem Schadenplatz von der EEVBS telefonisch kontaktiert. Damit steht den Verantwortlichen vor Ort sehr rasch Fachexpertise zur Verfügung. Bereits innerhalb einer Stunde nach Alarmierung kann zudem ein Team mit Spezialistinnen und Spezialisten ab Standort Spiez zum Einsatz vor Ort ausrücken. Die Modul- und Messfahrzeuge der EEVBS sind mit modernen Messmitteln und Einsatzmaterial ausgerüstet. Damit können sich die Teams vor Ort schützen und erste Messungen sowie Probenahmen vornehmen. Bei komplexen oder grossflä-

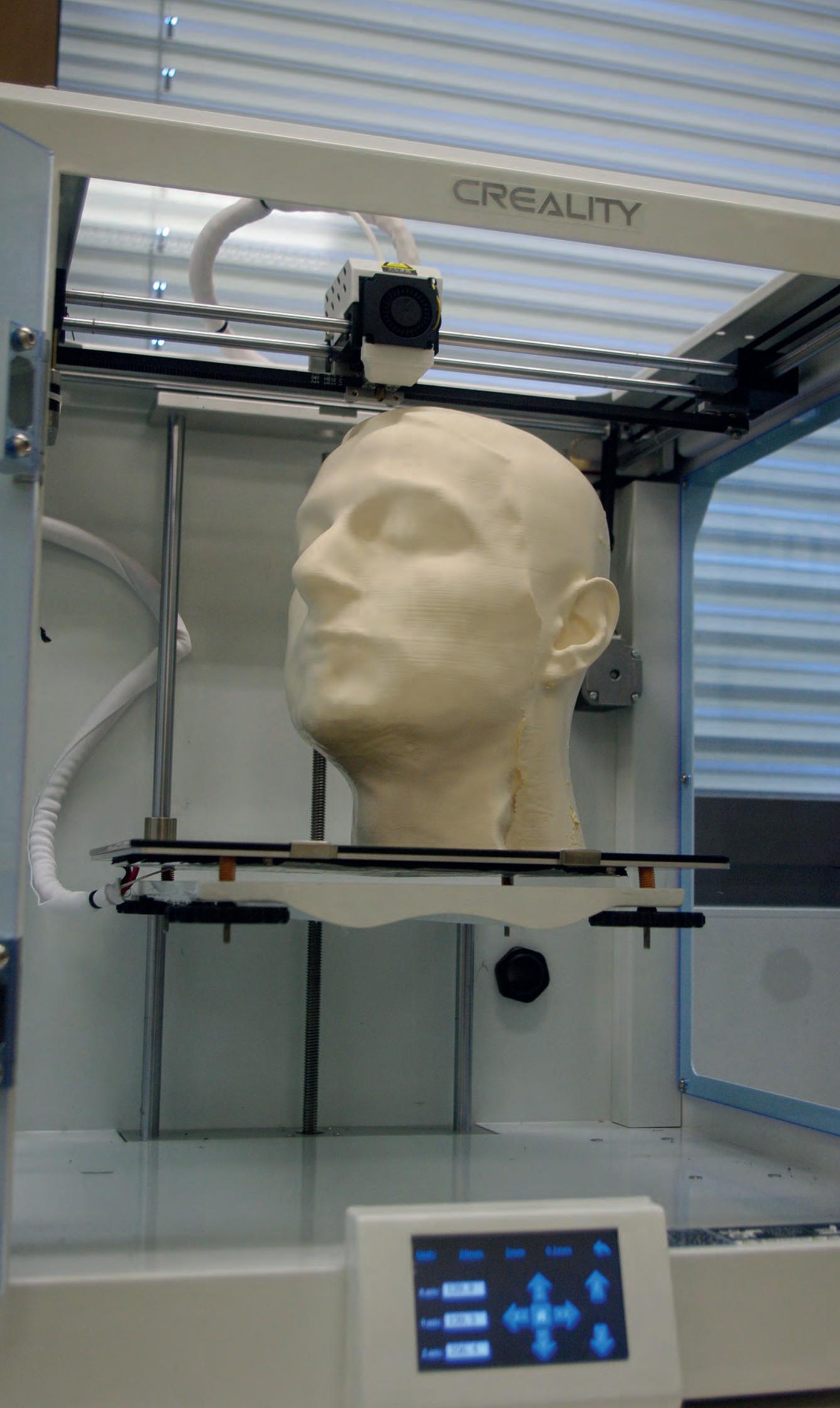
chigen Ereignissen können zudem die militärischen Einsatzelemente der ABC Abwehr Truppen sowie KAMIR-Spezialisten hinzugezogen werden.

Weil ABC-Ereignisse selten eintreten, werden im Labor Spiez die Abläufe in regelmässigen Abständen geübt. Die A-, B- und C-Einsatzequipen durchlaufen dazu spezielle Ausbildungen und nehmen an gemeinsamen Übungen mit kantonalen Einsatzorganisationen teil.



Mitglieder der B-Einsatzgruppe  
(B-EEVBS) des Labor Spiez  
während einer Übung.





07

# Développement des tests de masques : Impression 3D de modèles de têtes

Le test d'un éventail aussi large que possible de formes de masques de protection nécessite un nombre considérable de volontaires. Or, ces derniers n'étaient pas toujours disponibles pendant la pandémie de COVID-19. C'est pourquoi le Laboratoire Spiez a mis au point un procédé de fabrication de modèles de têtes à l'aide d'une imprimante 3D haute résolution.

---

Gilles Richner  
Coralise Othenin-Girard

Les équipements de protection individuelle (EPI) contribuent à prévenir les blessures et les atteintes à la santé des travailleurs et doivent être adaptés à la morphologie de ceux-ci. Par exemple, afin d'assurer pleinement leur efficacité, les masques de protection respiratoire doivent être bien ajustés. Leur forme et leur taille, par rapport aux dimensions anthropomorphiques du visage de l'utilisateur, sont des facteurs majeurs en termes de qualité d'ajustement. Un test d'ajustement quantitatif (fit-test) permet de vérifier la création d'une zone étanche contre le visage de l'utilisateur.

Pour leurs mises sur le marché européen, les masques de protection respiratoire doivent être produits conformément aux normes européennes: EN 149 et EN 405 pour les demi-masques filtrants, couvrant le nez, la bouche et le menton et offrant respectivement une protection contre les particules (FFP) et contre les gaz, et EN 136 pour les mas-

ques complets, couvrant également les yeux. Selon ces normes, l'étanchéité faciale des masques doit être testée par un panel de dix personnes choisies de sorte à couvrir les caractéristiques faciales des utilisateurs types.

Durant la phase initiale de la pandémie de SARS CoV-2 en 2020, la pénurie de l'approvisionnement en matériel médical de protection a constitué un problème majeur. Les laboratoires de test de masques reconnus en Europe n'étant pas disponibles, le Laboratoire Spiez a mis au point une procédure ad hoc simplifiée pour vérifier la qualité de masques de protection respiratoire importés en Suisse<sup>1</sup>. Cependant, les volontaires pour effectuer les tests d'ajustement, généralement des collaborateurs, n'étaient souvent pas assez nombreux, notamment en raison des mesures sanitaires. Par conséquent, le panel ne représentait pas les différentes morphologies des utilisateurs tel que spécifié dans les normes.

---

1. Delaloye et al., (2021) Distribution of low quality filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: an independent analysis of the situation in Switzerland. Swiss Med Wkly;151:w20459.

**Le travail pour tester des masques de protection respiratoire est long et fastidieux, mais nécessaire pour garantir un ajustement optimal**

En réaction au manque de matériel de protection respiratoire, des petites et moyennes entreprises de l'industrie textile suisse ont développé des produits alternatifs<sup>2</sup>. Ces entreprises ayant initialement un savoir-faire limité dans le domaine de la fabrication de masques, notamment en ce qui concerne la conception, elles ont dû consentir à un investissement en temps conséquent pendant les phases de recherche et de développement, notamment pour les mesures d'ajustement.

L'utilisation de têtes factices pour tester les masques de protection respiratoire aurait pu alors aider les concepteurs et couvrir un plus large panel de tailles que celui des volontaires présents. Certains modèles commerciaux sont très réalistes, avec une simulation de la transpiration et des faciès, mais le prix et les délais de livraison n'étaient pas raisonnables. D'autres modèles utilisent des matériaux ne simulant pas le tissu facial humain et étaient donc peu adaptés aux tests d'ajustement.

Des têtes factices en acide polylactique ont donc été réalisées directement au Laboratoire Spiez avec une imprimante 3-D. À l'aide d'une matrice en polyuréthane recouvert de résine époxy, les têtes sont recouvertes de silicone haute performance, disponible dans une variété de dureté, simulant la souplesse de la peau. Les têtes factices comportent de plus un tube concentrique fixé à l'intérieur de celle-ci permettant le raccordement à un appareil respiratoire externe.

Afin d'améliorer la fabrication, une première série de têtes factices en cinq tailles a été conçue selon les dimensions anthropométriques rapportées dans la norme ISO/TS 16976-2, déterminées par une analyse en composantes principales (ACP) de la morphologie de près de 4000 sujets. Par la suite, une

deuxième série représentant une sélection de collaborateurs du Laboratoire Spiez a été numérisée grâce à un système de scans 3-D et d'un traitement d'image. Les résultats des tests d'ajustement, comparés à ceux des testeurs réels, ont permis d'évaluer l'approche effectuée. Un scanner 3-D à haute résolution est néanmoins nécessaire afin d'améliorer la numérisation et, ainsi, d'obtenir des têtes factices plus représentatives.

Le travail pour dimensionner et tester des masques de protection respiratoire est long et fastidieux, mais nécessaire pour garantir un ajustement optimal sur le visage du porteur. Afin de remédier à l'absence d'un panel de testeurs représentatifs et pour réduire les coûts des ressources lors de tests d'ajustement, le Laboratoire Spiez a développé une technique afin de fournir une rapide estimation de l'ajustement de masques sur porteur. Les objectifs à long terme suite à ce projet seraient la mise en place et l'évaluation statistique de panels d'utilisateurs afin de déterminer les tailles faciales représentatives des différents genres et groupes ethniques ou professionnels et d'adapter ainsi les tailles des têtes factices en fonction de la demande. Il pourrait également être judicieux d'intégrer ces différentes dimensions dans les normes internationales relatives aux appareils de protection respiratoire.

2. Batt et al., (2022) Community masks - from an emergency solution to an innovation booster for the textile industry, *Chimia* 76 249–254. (Project Innosuisse, Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation: Project reMask, N° 46668.1 IP-EN « reMask: Strategies for innovations for Swiss masks needed in pandemic situations »)

# 8 Academic Resources for COVID-19 (ARC): une technologie open source au service de la gestion de crise

Au premier trimestre 2020, le monde a été confronté à un vieil ennemi qui ne l'avait pas frappé avec une telle ampleur depuis une centaine d'années : une pandémie due à un virus. La crise liée au COVID-19 a très rapidement provoqué des pénuries importantes dans de nombreuses chaînes d'approvisionnement au niveau mondial, notamment dans le domaine des équipements médicaux et de laboratoire. Dans les situations extrêmes, c'est-à-dire quand les processus et moyens ordinaires ne suffisent plus, des solutions non conventionnelles et des approches novatrices sont nécessaires. Le Laboratoire Spiez a collaboré avec l'EPF de Zurich (EPFZ) et le Blue Brain Project (BBP) de l'EPFL afin de développer une solution immédiate pour remédier aux goulots d'étranglement et aux ruptures d'approvisionnement et, dans un second temps, faire évoluer celle-ci vers une plate-forme internet open source sur-mesure permettant de mettre en relation l'offre et la demande et de contrôler l'exécution de ce soutien non conventionnel.

---

César Metzger  
Cédric Invernizzi  
Roman Stocker  
Felix Schürmann

Dès mars 2020, au tout début de la pandémie de COVID-19 en Suisse, les défis posés par les chaînes d'approvisionnement

mondiales de matériel, de réactifs et de médicaments nécessaires à la gestion de la pandémie sont apparus



très clairement : alors qu'il fallait augmenter rapidement le nombre de tests de diagnostic, même les équipements de laboratoire de biologie moléculaire de base connaissaient des retards de livraison importants, provoquant de graves pénuries. Cette situation menaçait d'entraver les efforts visant à renforcer d'urgence les capacités de tests, voire de mettre un terme à la réalisation de tests sur différents sites.

Sous l'égide de la Swiss National COVID-19 Science Task Force, issue d'un groupe de travail du Domaine des EPF, l'EPFZ et le BBP de l'EPFL (un projet de recherche visant à développer la simulation du cerveau dans les neurosciences) ont commencé à collaborer avec le Laboratoire Spiez. Un service a été mis en place pour soutenir les laboratoires effectuant les tests de dépistage du SRAS-CoV-2 en Suisse et les mettre en relation avec des laboratoires de recherche universitaires afin que ceux-ci leur fournissent les équipements (matériel, réactifs et appareils) et le personnel nécessaires. Ce service est devenu la plate-forme « Academic Resources for COVID-19 » (ARC).

La première vague ayant surpris le monde entier, de nombreuses activités,

comme la recherche universitaire, ont été réduites ou interrompues à la suite des mesures mises en place pour gérer la crise telles que les confinements partiels ou complets. Les activités des laboratoires universitaires ayant été réduites au minimum, la communauté universitaire a mis à disposition du matériel, des réactifs, et, dans certains cas, des appareils et son propre personnel pour soutenir les laboratoires de diagnostic.

Dans sa première version, la plate-forme ARC constituait une mesure organisationnelle dans le cadre de laquelle un groupe d'experts modérateurs – étudiants et chercheurs – demandait aux responsables des laboratoires universitaires quelles ressources ils pouvaient offrir. De son côté, le Laboratoire Spiez contactait les laboratoires de diagnostic afin de contrôler leurs besoins et en informait l'équipe d'experts. Cette dernière comparait manuellement les offres et les demandes, en tenant également compte de leurs localisations respectives, pour proposer de possibles échanges. Le Laboratoire Spiez, par ailleurs chargé de sensibiliser à la situation tous les laboratoires, a tiré parti de sa vue d'ensemble pour analyser les échanges proposés en tenant compte

du contexte épidémiologique et de la situation en matière d’approvisionnement sur le plan national pour valider chaque échange proposé.

Dans la nouvelle version de la plate-forme, développée immédiatement après la première, les trois institutions partenaires ont travaillé avec l’agence start-up Apptitude SA (entreprise « spin-off » de l’EPFL) pour faire de l’ARC une plate-forme en ligne sur-mesure et à code source ouvert, disposant de systèmes de processus automatisés de mise en relation entre l’offre et la demande, tout en permettant la supervision et le contrôle de l’exécution par le Laboratoire Spiez. Cette nouvelle version a pu être déployée à temps pour faire face à la deuxième vague de la pandémie. Grâce à des processus plus rationalisés, la surveillance et l’exploitation de la plate-forme ont nécessité moins d’intervention humaine et d’assistance d’experts, d’où une équipe de modérateurs réduite travaillant uniquement à temps partiel.

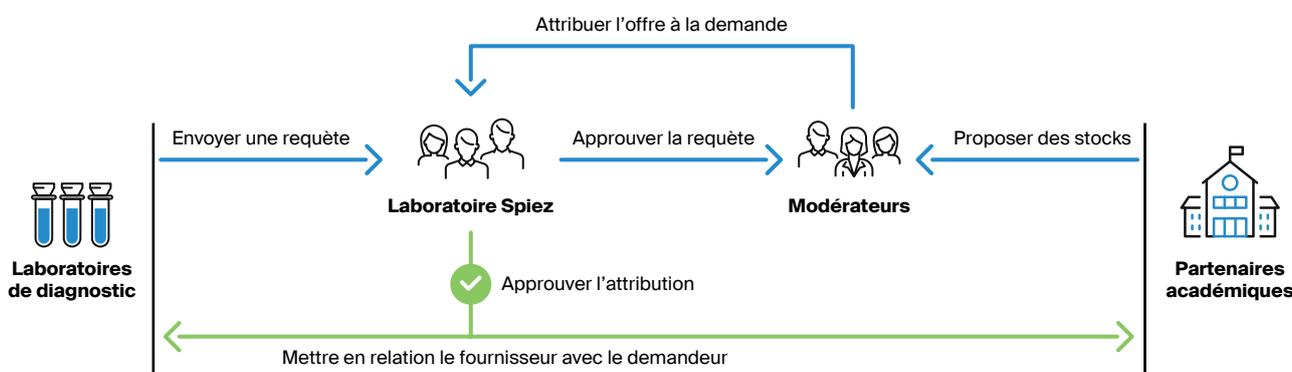
Pendant la première vague, 150 utilisateurs uniques ont soumis près de 300 demandes et 400 offres. Parmi ces off-

res, 55 % ont pu être mises en correspondance avec des demandes. Même si tous les équipements des laboratoires de recherche universitaires ne peuvent pas être utilisés dans des laboratoires de diagnostic, des fournitures telles que du matériel plastique, des équipements de protection, des robots de pipetage et même certains types d’appareils RT-PCR ont pu être mis à disposition.

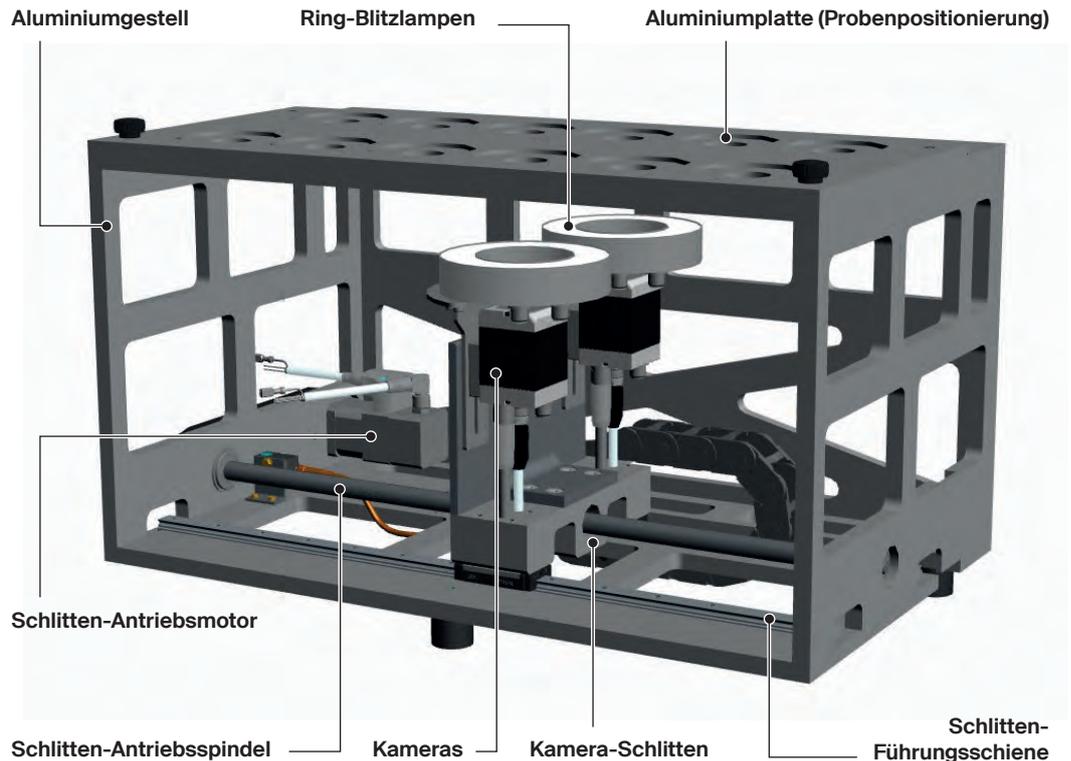
La plate-forme ARC a démontré l’inventivité et l’esprit d’équipe dont ont fait preuve les institutions suisses qui ont travaillé ensemble, dans des délais extrêmement courts, pour pallier aux goulots d’étranglement créés par la progression rapide de la pandémie. Sa technologie ne se limite pas à son utilisation actuelle dans le cadre de la crise du COVID-19 en Suisse. Proposée en tant que logiciel libre, elle peut non seulement être utilisée dans d’autres pays aux mêmes fins, mais, grâce à son ontologie modifiable, elle peut également être adaptée pour être employée dans d’autres contextes, tels que l’échange de matériel hospitalier ou la fourniture d’aide humanitaire.

## La plate-forme ARC a démontré l’inventivité et l’esprit d’équipe dont ont fait preuve les institutions suisses qui ont travaillé ensemble

Le présent article a été publié dans la revue *Frontiers in Public Health* (<https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.607677>), évaluée par des pairs et en libre accès, et la technologie qui s’y rapporte a été mise à disposition en code ouvert.



Plateforme de ressources académiques pour le COVID-19 (appelée ARC): Vue globale du processus et des acteurs. La plateforme ARC est conçue pour faciliter les approvisionnements en fournitures critiques pour les laboratoires de diagnostic auprès des laboratoires universitaires, tout en permettant à un décideur central (Laboratoire Spiez) de hiérarchiser et d’approuver les attributions.



09

# Neue Prüfmethode für Schutzausrüstungen

Die Gruppe Werkstoffprüfung prüft Materialien für ABC-Schutzausrüstungen wie Anzüge, Handschuhe, Masken und Überstiefel auf ihre Schutzleistung gegen chemische Kampfstoffe. Ein speziell entwickeltes Kamerasystem unterstützt dabei eine neue, höchst effiziente Prüfmethode.

Thomas Friedrich

Die standardisierte Versuchsanordnung ist grundsätzlich einfach: Zur Prüfung der Materialien für Schutzausrüstungen wird flüssiger chemischer Kampfstoff auf die Aussenseite der Materialmuster appliziert. Anschliessend wird die Zeit gemessen, bis der Kampfstoff durch das Material durchgedrungen ist (Durchbruchzeit).

Jede Materialprobe sowie ein darunterliegendes Indikatorpapier werden mit

flüssigem Wachs auf einem Glasplättchen fixiert. Das rot eingefärbte und mit einer Reaktionschemikalie behandelte Indikatorpapier verfärbt sich bei Kontakt mit dem Kampfstoff blau.

Im chemischen Sicherheitslabor werden die Proben anschliessend mit flüssigem Kampfstoff kontaminiert. Das spezifisch geschulte Personal trägt dazu eine vollständige C-Schutzausrüstung (Bild 1)

Die kontaminierten Proben werden mit Glaskappen verschlossen und über den Öffnungen einer schwarzen Aluminiumplatte positioniert, die auf dem Gestell des Kamerasystems fixiert ist (Bild 2). Maximal können 12 Proben gleichzeitig geprüft werden, angeordnet in zwei nebeneinanderliegenden Reihen zu je sechs Messplätzen.

Das in Zusammenarbeit mit zwei Firmen aus der Privatindustrie entwickelte Kamerasystem besteht aus einem Aluminiumgestell mit einem horizontal beweglichen Schlitten, auf welchem nebeneinander zwei Kameras mit je einer ringförmigen Blitzlampe befestigt sind (Grafik Kamerasystem, S. 40).

Die beiden Kameras unter den Proben schießen in regelmässigen Zeitabständen Fotos von den Unterseiten der Indikatorpapiere. Dabei sorgen die Blitzlampen für eine gute Beleuchtung, denn die Prüfungen laufen in einem geschlossenen Wärmeschrank bei 30° oder 37°C ab. Dies simuliert erhöhte Temperaturen, die das Material annimmt, wenn es im Ernstfall von Einsatzkräften in Form einer persönlichen Chemieschutzausrüstung am Körper getragen wird. Höhere Temperaturen führen in der Regel zu merklich kürzeren Durchbruchzeiten.

Am Computer können die Bildfolgen begutachtet werden, und es lässt sich dasjenige Bild mit der entsprechenden Zeit bestimmen, bei welchem der Durchbruch stattgefunden hat.

Der Durchbruch des Kampfstoffs ist anhand von sichel- oder kreisförmigen, blauen Verfärbungen des Indikatorpapiers zu erkennen (Bild 3). Dieses Farbmuster entsteht dadurch, dass die in Flüssigkeit gelöste Indikatorchemikalie vor der Prüfung in gleichmässigen Tropfen auf das rot eingefärbte Indikatorpapier aufgebracht wird.

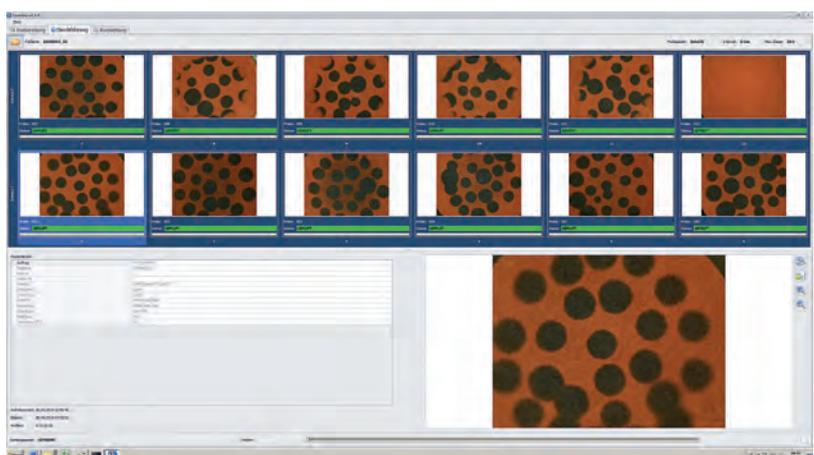
Diese Prüfmethode funktioniert zuverlässig bei eher schnell erfolgenden Durchbrüchen im Bereich von einigen Minuten bis ca. 5 Stunden. Sie ist damit für eine erste Selektion von Materialen geeignet. Zur genaueren Un-



**Bild 1: Kontamination von Materialproben mit C-Kampfstoff**



**Bild 2: Kontaminierte Proben auf dem Kamerasystem**



**Bild 3: Detektion Durchbruch des Kampfstoffs mittels Indikatorpapier**

tersuchung von ABC-Schutzmaterialien wendet die Gruppe Werkstoffprüfung auch ein quantitatives Detektionsverfahren an, mit welchem die Masse des durchgebrochenen Kampfstoffs in Funktion der Zeit (Durchbruchkurve) bestimmt werden kann.



# 10

## Auf der Suche nach Chlor-Biomarkern

Aufgrund seiner industriellen Relevanz sowie der gleichzeitigen Verwendung als Chemiewaffe ist Chlor eine so genannte «dual-use» Chemikalie, die nicht im Regime des Chemiewaffenübereinkommens aufgelistet ist. Es ist somit jedem Land gestattet, Chlor in grossem Massstab herzustellen. Die militärische Nutzung von Chlor als Chemiewaffe ist jedoch international verboten.<sup>1</sup> Umso wichtiger ist gerade im Falle von Chlor die Erforschung chemischer Biomarker, um mögliche Expositionen im menschlichen Körper nachweisen zu können.

---

Severin Martz  
Maximilian Brackmann  
Christophe Curty  
Christian Bochet



Chlor-Experiment im Rahmen des Jack Rabbit Programs, durchgeführt in der Wüste Utah (USA) vom Department of Homeland Security, in Zusammenarbeit mit dem Chemical Security Analysis Center. Ziel des Experiments war das Untersuchen des Verhaltens von Chlor in einem standardisierten Testbereich.

Chlor ( $\text{Cl}_2$ ) ist eine essenzielle Industriechemikalie und wird weltweit in grossen Mengen produziert. Es wird bei zahlreichen chemischen Herstellungsprozessen eingesetzt, zum Beispiel für Plastik, es wird aber auch für die Aufarbeitung von Trinkwasser genutzt.<sup>2-4</sup> Gleichzeitig prägt die korrosive und hochgiftige Chemikalie ein dunkles Kapitel der Menschheitsgeschichte: Während des Ersten Weltkriegs in Ypern (Belgien) wurden über 150 Tonnen  $\text{Cl}_2$  eingesetzt. Die hochgiftigen Chlorwolken forderten tausende Verletzte und Tote. Von diesem Zeitpunkt an gehörte Chlor als Chemiewaffe zum Kriegsgeschehen des ersten Weltkriegs.<sup>5-6</sup> Um die Effizienz der Waffe zu steigern, folgten bald weitere, noch toxischere Gasmische, wobei Chlor zeitweise mit Phosgen vermischt wurde. Mit der Entwicklung von wirksameren Chemiewaffen wie Yperit (Senfgas) verschwand Chlor über die folgenden Jahrzehnte aus den Kriegsgeschehen und sorgte höchstens noch im Falle eines Industrieunfalls für Schlagzeilen. Erst in den Jahren 2006 und 2007 wurde Chlor wieder als Waffe eingesetzt, diesmal für terroristische Angriffe von Selbstmordkommandos

im Irak.<sup>7-9</sup> Auch im Syrienkrieg tauchte Chlor erneut als Chemiewaffe auf. Seit 2012 wurden in Syrien über 336 Chemiewaffeneinsätze glaubhaft begründet und/oder bestätigt. Davon sind rund 89 % der Chemikalie  $\text{Cl}_2$  zuzuschreiben. Abgeworfen von Helikoptern als Fassbomben, forderte die Chemikalie viele zivile Opfer und rückte in den Fokus des Kampfs gegen den Einsatz von Chemiewaffen.<sup>10</sup>

Bei Raumtemperatur liegt  $\text{Cl}_2$  als gelbgrünes Gas mit stechendem, «chlorigem» Geruch vor. Aufgrund seiner Dichte sinkt  $\text{Cl}_2$  auf den Boden ab und kann in Keller oder Bunker eindringen. Chlor gelangt primär durch Nase und Mund in die Lungen, wo es grossen Schaden am Gewebe anrichtet. Die Dosis sowie die Dauer der Exposition sind entscheidend für den Schweregrad der möglichen Reizungen, Verätzungen, Lungenödeme bzw. für die Letalität dieses Giftgases.<sup>3, 11</sup> Es gibt kein spezifisches Gegenmittel gegen eine Chlorvergiftung, daher sind lediglich symptom bekämpfende Massnahmen möglich.

1. OPCW, Convention On The Prohibition Of The Development, Production, Stockpiling And Use Of Chemical Weapons And On Their Destruction 2005.
2. Jones, R.; Wills, B.; Kang, C., Chlorine gas: an evolving hazardous material threat and unconventional weapon. *West J Emerg Med* 2010, 11 (2), 151-6.
3. Evans, R. B., Chlorine: State of the Art. *Lung* 2005, 183 (3), 151-167.
4. Zellner, T.; Eyer, F., Choking agents and chlorine gas – History, pathophysiology, clinical effects and treatment. *Toxicology Letters* 2020, 320, 73-79.
5. Marrs, T. T.; Maynard, R. L.; Sidel, F., Chemical warfare agents: toxicology and treatment. John Wiley & Sons: 2007.
6. Fitzgerald, G. J., Chemical Warfare and Medical Response During World War I. *American Journal of Public Health* 2008, 98 (4), 611-625.
7. Cave, D.; Fadam, A., Iraqi militants use chlorine in 3 bombings. *The New York Times* 2007, 21, 70.
8. Semple, K., Attacks kill 2 Iraqis and expose hundreds to chlorine gas. *New York Times* 2007.

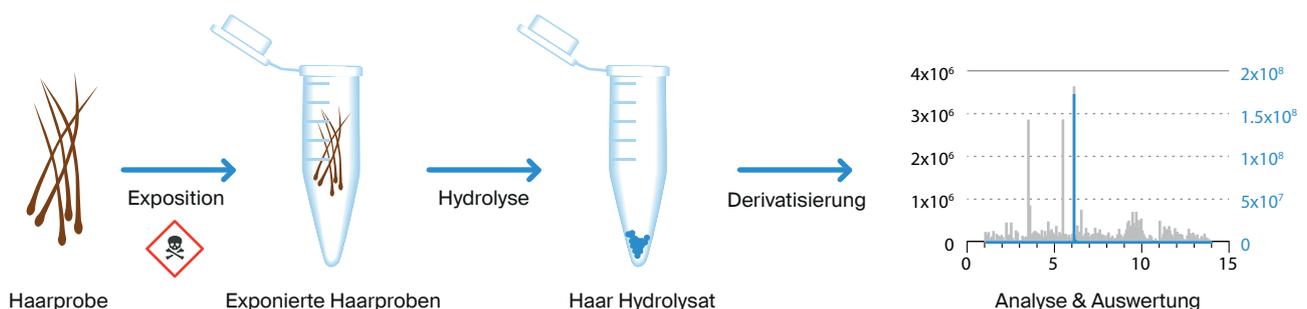
9. Garamone, J., Terrorists using chlorine car bombs to intimidate Iraqis. Department of Defense 2007, 6.
10. Schneider, T.; Lütkefend, T., Nowhere to Hide: The Logic of Chemical Weapons Use in Syria. Global Public Policy Institute (GPPi) 2019.
11. Gupta, R. C., Handbook of toxicology of chemical warfare agents. Elsevier: Waltham, 2020.
12. Black, R. M., History and perspectives of bioanalytical methods for chemical warfare agent detection. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci 2010, 878 (17-18), 1207-15.
13. Noort, D.; Benschop, H. P.; Black, R. M., Biomonitoring of Exposure to Chemical Warfare Agents: A Review. Toxicology and Applied Pharmacology 2002, 184 (2), 116-126.
14. Ford, D. A.; Honavar, J.; Albert, C. J.; Duerr, M. A.; Oh, J. Y.; Doran, S.; Matalon, S.; Patel, R. P., Formation of chlorinated lipids post-chlorine gas exposure. J Lipid Res 2016, 57 (8), 1529-40.
15. Lindén, P.; Jonasson, S.; Hemström, P.; Ålander, L.; Larsson, A.; Ågren, L.; Elfsmark, L.; Åstot, C., Nasal Lavage Fluid as a Biomedical Sample for Verification of Chlorine Exposure. Journal of Analytical Toxicology 2021.
16. Pantazides, B. G.; Crow, B. S.; Quiñones-González, J.; Perez, J. W.; Harvilchuck, J. A.; Wallery, J. J.; Hu, T. C.; Thomas, J. D.; Johnson, R. C.; Blake, T. A., Development of a clinical assay to measure chlorinated tyrosine in hair and tissue samples using a mouse chlorine inhalation exposure model. Analytical and Bioanalytical Chemistry 2021.

Im Falle eines Angriffs mit Chlor lässt sich die Substanz bereits nach kurzer Zeit nicht mehr in der Umwelt nachweisen, da sie sehr flüchtig ist, sich in der Umgebungsluft verdünnt und mit der Luftfeuchtigkeit abgebaut wird. Lediglich Indizien wie Überreste von Gas-tanks oder Fassbomben oder die Symptome möglicher Opfer geben Hinweise darauf, dass  $\text{Cl}_2$  als Waffe eingesetzt wurde. Die Erforschung chemischer Biomarker für Chemiewaffen-Expositionen im menschlichen Körper ist daher gerade im Falle von Chlor von hoher Relevanz.<sup>10</sup> Diese Biomarker sollen einen Rückschluss auf eine mögliche Exposition geben und müssen somit verschiedene Anforderungen wie Selektivität und Stabilität erfüllen. Da medizinische Proben bis zu ihrer Analyse im Labor oft lange Strecken aus den Kriegsgebieten zurücklegen müssen, sollten sich die Biomarker idealerweise noch einige Tage bis Wochen nach der Exposition nachweisen lassen.<sup>12-13</sup>

In Bezug auf  $\text{Cl}_2$  existieren nur wenige mögliche Biomarker, insbesondere keine mit einer praktischen Anwendung. Einige Studien fokussierten bisher auf das Lungengewebe, genauer auf die bronchoalveoläre Flüssigkeit, in der gewisse chlorierte und oxidierte Fettsäure-Addukte gefunden wurden.<sup>14-15</sup> Ebenfalls wurden Blutproben von  $\text{Cl}_2$ -exponierten Mäusen analysiert, wobei chlorierte Aminosäuren nachgewiesen wurden.<sup>16</sup> Die derzeit existierenden Biomarker für  $\text{Cl}_2$  bergen den Nachteil, dass die meisten binnen 24 bis 72 Stunden nach der Exposition nicht mehr in den erforderlichen Mengen vorliegen, um einen Nachweis zu ermöglichen. Zudem ist eine Probenahme oftmals nicht praktikabel und für eine menschliche Anwendung zu invasiv (z. B. Proben des Lungengewebes).

derlichen Mengen vorliegen, um einen Nachweis zu ermöglichen. Zudem ist eine Probenahme oftmals nicht praktikabel und für eine menschliche Anwendung zu invasiv (z. B. Proben des Lungengewebes).

Vor diesem Hintergrund haben die Fachbereiche Chemie und Biologie des Labor Spiez im Rahmen eines Dissertationsprojektes mit der Gruppe von Prof. C. Bochet der Universität Fribourg nach Chlor-Biomarkern für eine praktische Anwendung geforscht. Zunächst wurde nach geeigneten biologischen Matrizen, wie etwa menschlichem Blut, Urin oder Gewebeproben, gesucht. Dabei erwies sich menschliches Haar aufgrund seiner stabilen Struktur als vielversprechend. Haar besteht zu 95 % aus Keratin, einem Protein. Da es neben  $\text{Cl}_2$  verschiedene weitere Chemikalien gibt, die eine Substanz zu chlorieren vermögen, wurden für die Studie verschiedene Chlorierungsreagenzien ausgewählt (Natriumhypochlorit ( $\text{NaOCl}$ ),  $\text{HCl}$  (Gas), Phosgen, Oxalylchlorid, Thionylchlorid, Sulfurylchlorid und Chlorpikrin). Dies, um – ergänzend zu früheren Studien, die nur mit  $\text{Cl}_2$  oder  $\text{HOCl}$  arbeiteten – Hinweise auf die Spezifität möglicher Biomarker für Chlor zu erhalten. In Zusammenarbeit mit dem Functional Genomic Center Zurich der ETH Zürich konnte eine einfach reproduzierbare Methode mit minimalst invasiver Probenahme entwickelt werden, die zudem äusserst geringe Mengen an Probenmaterial erfordert.

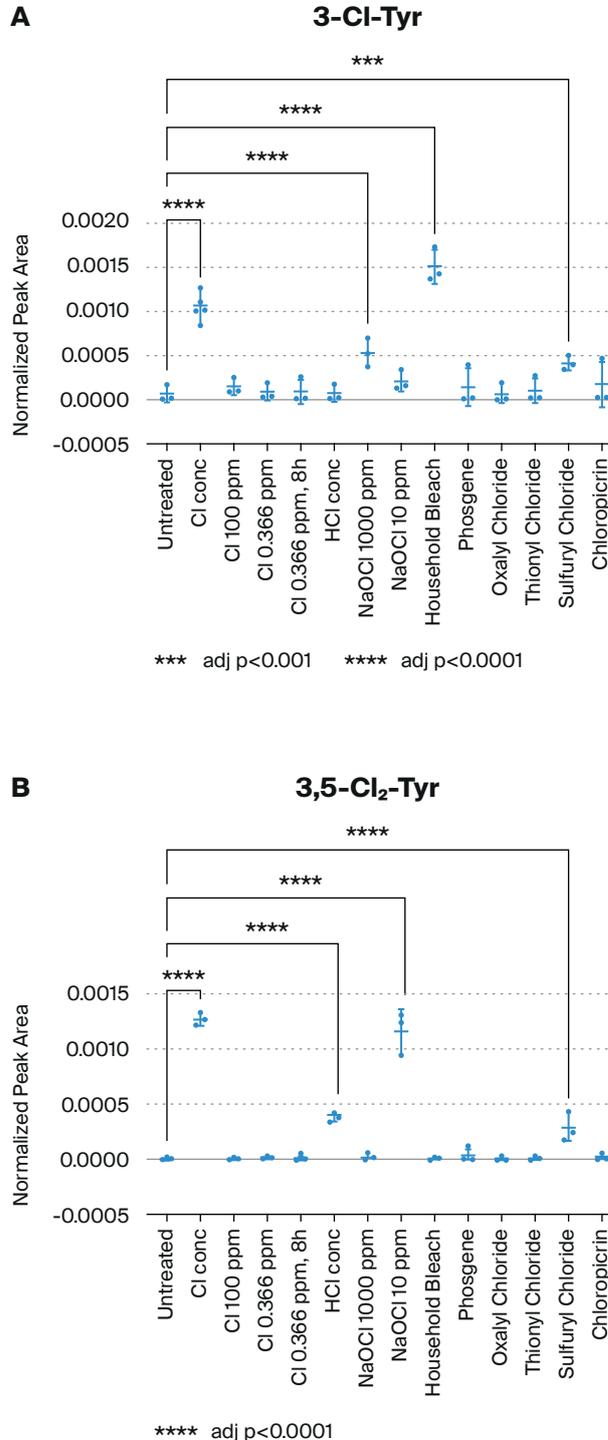


**Abbildung 1. Workflow der entwickelten Methode zur Analyse von Cl-Addukten in menschlichen Haaren**

Die Methode liess sich direkt für die Expositionsanalyse menschlicher Haare anwenden werden und erlaubte den Verzicht auf Tierexperimente. Haarproben (1 x, 10 cm) von drei unterschiedlichen, gesunden Personen wurden mit den verschiedenen Chlorierungsreagenzien behandelt. Danach erfolgte eine Komplett-Hydrolyse, wobei die Haare in ihre einzelnen Aminosäurebestandteile aufgespalten wurden. Das resultierende Hydrolysat wurde chemisch derivatisiert und mittels Flüssigkeitschromatographie, gekoppelt mit einem Massenspektrometer (LC-MS), analysiert. Die erhaltenen Rohdaten wurden prozessiert, aufbereitet und statistisch ausgewertet.

Mittels der oben beschriebenen Methode konnten Aminosäure-basierte Bioaddukte, welche aus der Exposition mit Cl<sub>2</sub> und/oder anderen Chlorierungsreagenzien entstanden sind, in den menschlichen Haaren nachgewiesen werden. 3-Chloro-tyrosin und 3,5-Dichloro-tyrosin konnten eindeutig als Biomarker für eine Chlorvergiftung identifiziert werden (Abb. 2). Diese Biomarker wurden nur dann im menschlichen Haar gefunden, wenn Chlor, Hypochlorit oder Sulfurylchlorid für die Vergiftungsversuche verwendet wurden. Die Verbindungen wurden nicht beobachtet, wenn die Haarproben keinen Chlorierungsmitteln ausgesetzt waren.

Zudem konnte in einer Langzeitstudie gezeigt werden, dass diese Addukte und somit mögliche Biomarker über Monate in den Haaren stabil sind. Die so entwickelte Methode basiert auf einem experimentellen Teil, der sich einfach in die Praxis umsetzen lässt. Mit ihr konnte nachgewiesen werden, dass Chloro-tyrosine tatsächlich Biomarker für eine Chlorvergiftung sind, diese aber auch mit anderen Chlorierungsmitteln gebildet werden. Trotzdem sind die nachgewiesenen Bioaddukte vielversprechende Biomarker für die praktische Anwendung im Kampf gegen Chlor als Chemiewaffe.



**Abbildung 2. A) 3-Chloro-Tyrosin (3-Cl-Tyr) und B) 3,5-Dichloro-Tyrosin (3,5-Cl<sub>2</sub>-Tyr) fanden sich in signifikantem Masse in den Haarproben, welche mit Cl<sub>2</sub>, NaOCl, Haushaltbleiche und Sulfurylchlorid behandelt wurden.**

# 11 Publikationen



## Fachbereich Nuklearchemie

Rolf Althaus

### Zerstörungsfreie Analysen von Referenz- und Kernmaterialien mit REM-EDX

LN 2021-01 ALTF

José Corcho

### Validierung der Messung von Sr-89 und Sr-90 in Milch-, Wasser- und Bodenproben mit Liquid Scintillation Counting (LSC)

LN 2021-01 CORJ

Joan-Albert Sanchez-Cabeza, Serguei Damián Rico-Esenaro, José Antonio Corcho-Alvarado, Stefan Röllin, Juan P. Carricart-Ganivet, Paolo Montagna, Ana Carolina Ruiz-Fernández, Alejandro Cearreta

### Plutonium in coral archives: A good primary marker for an Anthropocene type section

Science of The Total Environment, Volume 771, 1 June 2021, 145077

E. Klemm, V. Putyrskaya, S. Rollin, J.A. Corcho-Alvarado H. Sahli

### Radionuclides in sediments of the Aare and Rhine river system: Fallouts, discharges, depth-age relations, mass accumulation rates and transport along the river

Journal of Environmental Radioactivity, Volume 232, June 2021, 106584

José A. Corcho-Alvarado, Candice Guavis, Paul McGinnity, Stefan Röllin, Tuvuki Ketedromo, Hans Sahli, Isabelle N. Levy, Kalena de Brum, Marc Stauffer, Iolanda Osvath, Mario Burger

### Assessment of residual radionuclide levels at the Bokak and Bikar Atolls in the northern Marshall Islands

Science of The Total Environment, Volume 801, 20 December 2021, 149541

Meyzonnat, G.; Barbecot, F.; Corcho Alvarado, J.; Pinti, D.L.; Lauzon, J.-M.; McCormack, R.

### Depth-Sequential Investigation of Major Ions, $^{18}\text{O}$ , $^2\text{H}$ and $^{13}\text{C}$ in Fractured Aquifers of the St. Lawrence Lowlands (Quebec, Canada) Using Passive Samplers

Water 2021, 13, 1806

Regula Gosteli

### Validierung der Bestimmung stabiler Isotope nach Schmelzaufschluss in der Radiochemie mittels ICP-OES

LN 2021-01 GOSR

Regula Gosteli

### Marktübersicht für die mögliche Neubeschaffung eines Pyrolyzers oder Oxidizers für die Gruppe RCAA

LN 2021-02 GOSR

Adam Kimak

### The application of liquid chromatography column packed with chelating resin for trapping metals (NUC-21-302)

LN 2021-01 ADK

Adam Kimak

### The potential of chelating resin trap column to extract metal content from methanol (NUC-21-307)

LN 2021-02 ADK

Adam Kimak

**Pilot study to observe ammonia Dynamic Reaction Cell mode ICP-MS analysis, a powerful tool to remove interferences**

LN 2021-03 ADK

---

Adam Kimak

**Methodenvalidierung zur qualitativen Phosphonsäure Analytik**

LN 2021-04 ADK

---

Adam Kimak

**Phosphonic acids analysis by ion-chromatography in order to support OPCW-PT-50 (NUC-21-045)**

LN 2021-05 ADK

---

Elena Lochner

**Validierung eines einstufigen Mikrowellen-Totalaufschlusses mittels Tetrafluorborosäure (HBF<sub>4</sub>)**

LN 2021-01 LOC

---

Jasmin Ossola

**Methodenvalidierung zur Bestimmung der Standard Anionen mittels Ionenchromatographie Dionex ICS 6000**

LN 2021-01 OSJA

---

Jasmin Ossola

**Revalidierung der Schwermetallbestimmung in Bodenproben nach VBBo**

LN 2021-02 OSJA

---

Stefan Röllin

**Bestimmung von Am-241 mittels ICP-MS**

LN 2021-01 ROF

---

Stefan Röllin

**Validierung der Messung von Plutonium-Isotopen in tierischen Proben mit ICP-MS**

LN 2021-02 ROF

---

Stefan Röllin

**Validierung der Messung von Uran-Isotopen in tierischen Proben mit ICP-MS**

LN 2021-03 ROF

Stefan Röllin

**Validierung der Messung von Plutonium-Isotopen in Vegetationsproben mit ICP-MS**

LN 2021-04 ROF

---

Stefan Röllin

**Validierung der Messung von Uran-Isotopen in Vegetationsproben mit ICP-MS**

LN 2021-05 ROF

---

Stefan Röllin

**Validierung der Messung von Tc-99 in Boden- und Sedimentproben mit einem Sektorfeld ICP-MS (Element XR, Element2)**

LN 2021-06 ROF

---

Stefan Röllin

**Validierung der Messung von Tc-99 in Wasserproben mit einem Sektorfeld ICP-MS (Element XR, Element2)**

LN 2021-07 ROF

---

Marc Stauffer

**Ringversuchsergebnisse 2020 der Prüfstelle STS 0028**

LN 2021-01 STM

---

Cédric von Gunten

**Probenahmefehler in Fließgewässer (ToS)**

LN 2021-01 VGCE



## Fachbereich Biologie

---

Christian Beuret

**In silico Validierung des Inventartransfers von der Software SLIMS zu der Software FreezerPro**

LN 2021-01 BRC

---

Mayor J, Torriani G, Olivier Engler, Rothenberger S

**Identification of Novel Antiviral Compounds Targeting Entry of Hantaviruses**

Viruses. 2021 Apr 16;13(4):685

---

Mayor J, Engler O, Rothenberger S.

**Antiviral Efficacy of Ribavirin and Favipiravir against Hantaan Virus**

Microorganisms. 2021 Jun 15;9(6):1306

---

Jónsdóttir HR, Bielecki M, Siegrist D, Buehrer TW, Züst R, Deuel JW

**Titers of Neutralizing Antibodies against SARS-CoV-2 Are Independent of Symptoms of Non-Severe COVID-19 in Young Adults**

Viruses. 2021 Feb 12;13(2):284

---

Horn MP, Jonsdottir HR, Brigger D, Damonti L, Suter-Riniker F, Endrich O, Froehlich TK, Fiedler M, Largiadèr CR, Marschall J, Weber B, Eggel A, Nagler M.

**Serological testing for SARS-CoV-2 antibodies in clinical practice: A comparative diagnostic accuracy study**

Allergy. 2022;00:1-14

---

Kohler P, Jónsdóttir HR, Risch L, Vernazza P, Ackermann-Gäumann R, Kahlert CR

**No neutralizing effect of pre-existing tick-borne encephalitis virus antibodies against severe acute respiratory syndrome coronavirus-2: a prospective healthcare worker study**

Sci Rep. 2021 Dec 17;11(1):24198

---

Denise Siegrist, Roland Züst, Olivier Engler

**Validierung der Endpoint RT-PCR für den Nachweis und die Identifikation von Henipaviren (Nipah und Hendra)**

LN 2021-01 ZUET

---

Liechti N, Zimmermann RE, Zopfi J, Robinson MT, Pierret A, Ribolzi O, Rattanavong S, Davong V, Newton PN, Wittwer M, Dance DAB

**Whole-Genome Assemblies of 16 Burkholderia pseudomallei Isolates from Rivers in Laos**

Microbiol Resour Announc. 2021 Jan 28;10(4):e01226-20

---

Denise Siegrist, Roland Züst, Olivier Engler

**Verifizierung der Endpoint RT-PCR für den Nachweis und die Identifikation von Pockenviren**

LN 2021-02 ZUET

---

Bechtold P, Wagner P, Hosch S, Siegrist D, Ruiz-Serrano A, Gregorini M, Mpina M, Ondó FA, Obama J, Ayekaba MO, Engler O, Stark WJ, Daubenberger CA, Schindler T

**Rapid Identification of SARS-CoV-2 Variants of Concern Using a Portable peakPCR Platform**

Anal Chem. 2021 Dec 14;93(49):16350-16359

---

Brigger D, Horn MP, Pennington LF, Powell AE, Siegrist D, Weber B, Engler O, Piezzi V, Damonti L, Iseli P, Hauser C, Froehlich TK, Villiger PM, Bachmann MF, Leib SL, Bittel P, Fiedler M, Largiadèr CR, Marschall J, Stalder H, Kim PS, Jardezký TS, Eggel A, Nagler M

**Accuracy of serological testing for SARS-CoV-2 antibodies: First results of a large mixed-method evaluation study**

Allergy. 2021 Mar;76(3):853-865

Herman EK, Greninger A, van der Giezen M, Ginger ML, Ramirez-Macias I, Miller HC, Morgan MJ, Tsaousis AD, Velle K, Vargová R, Záhonová K, Najle SR, MacIntyre G, Muller N, Wittwer M, Zysset-Burri DC, Eliáš M, Slamovits CH, Weirauch MT, Fritz-Laylin L, Marciano-Cabral F, Puzon GJ, Walsh T, Chiu C, Dacks JB

**Genomics and transcriptomics yields a system-level view of the biology of the pathogen *Naegleria fowleri***

BMC Biol. 2021 Jul 22;19(1):142



## Fachbereich Chemie

---

Christopher M. Timperley, Jonathan E. Forman, Mohammad Abdollahi, Abdullah Saeed Al-Amri, Augustin Baulig, Djafer Benachour, Veronica Borrett, Florida A. Cariño, Christophe Curty, Michael Geist, David Gonzalez, William Kane, Zrinka Kovarik, Roberto Martínez-Álvarez, Nicia Maria Fusaro Mourão, Slawomir Neffe, Syed K. Raza, Valentin Rubaylo, Alejandra Graciela Suárez, Koji Takeuchi, Cheng Tang, Ferruccio Trifirò, Francois Mauritz van Straten, Paula S. Vanninen, Slavica Vučinić, Volodymyr Zaitsev, Muhammad Zafar-Uz-Zaman, Mongia Saïd Zina, Stian Holen, Wesam S. Alwan, Vivek Suri, Peter J. Hotchkiss, Mostafa Ghanei

**Advice on assistance and protection provided by the Scientific Advisory Board of the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons: Part 3. On medical care and treatment of injuries from sulfur mustard**

Toxicology, 463, 2021, 152967

Jean-Claude Dutoit, Peter Siegenthaler  
**Standard Operating Procedures (SOPs) for the Verification Analysis of Chemical Warfare Agents (CWA) and Related Chemicals in Environmental and Material Samples (Edition 2021)**

LN 2021-03 DUT/SIG

Jean-Claude Dutoit, Andreas Schorer, Peter Siegenthaler

**Derivatisierung von Cyanid mit 2, 3, 4, 5, 6-Pentafluorbenzylbromid im Hinblick auf die GC-MS Analytik**

LN 2021-05 DUT/ANDRS/SIG

Marco Elmiger

**Leitfaden zur Durchführung eines Hochschulpraktikums in der Gruppe Organische Analytik des LABOR SPIEZ**

LN 2021-06 ELM

Marco Elmiger, Martin Schär, Peter Siegenthaler

**Evaluationsbericht zur Beschaffung eines LC-HRMS Systems (Ersatzbeschaffung AEB 2020)**

LN 2021-02 ELM/SCM/SIG

Fausto Guidetti

**Überprüfung von Nerve Agent Test Tickets**

LN 2021-01 GIF

Fausto Guidetti

**Überprüfung von Nerve Agent Test Tickets**

LN 2021-04 GIF

## Publikationen

Fausto Guidetti

**Überprüfung von C-Nachweisgeräten – 2021**

LN 2021-05 GIF

Marco Hofer

**Inbetriebnahme und Validierung MINI-CAMS**

LN 2021-01 HOM

Roland Kurzo

**Diphenylarsenverbindungen Clark I, Clark II & Adamsit**

LS 2021-01 KURO

Benjamin Menzi

**Notfallübungen im C-Sicherheitslabor und Weiterbildung des Rettungsdienstes im Rahmen der Sicherheit auf dem Gelände des ABC-Zentrums**

LN 2021-02 MEN

Andreas Schorer, Peter Siegenthaler

**Evaluationsbericht zu WTO-Beschaffung eines GC-HRMS Systems**

LN 2021-01 ANDRS/SIG

Andreas Schorer, Thomas Clare, Peter Siegenthaler

**Validierung des Agilent 8890/7250 GC-QTOF-HRMS Systems (QTOF7250)**

LN 2021-07 ANDERS/CLA/SIG

Peter Siegenthaler, Andreas Schorer, Martin Schär

**Standard Operating Procedures (SOPs) for the Verification Analysis of Chemical Warfare Agents (CWA) and their Biomarkers in Biomedical Samples (Edition 2021)**

LN 2021-04 SIG/ANDERS/SCM



## Fachbereich CBRNe-Schutzsysteme

---

Beat Aebi

**CBRNE Monitoring: Zusammenfassung des Jahres 2020**

LN 2021-01 AEB

Reto Augsburg

**Referenzmaterialien für Kampfstoffbeständigkeitsprüfungen**

LN 2021-01 AURE

Reto Augsburg

**Leitfähigkeitsprüfeinrichtung NG Pflichtenheft Software**

LN 2021-02 AURE

Reto Augsburg

**Leitfähigkeitsprüfeinrichtung NG Leitfähigkeitssensor – Evaluation, Beschaffung und Erprobung**

LN 2021-03 AURE

Lorenz Brenner

**Druckverlustmessungen an Explosionsschutzventilen auf dem Prüfstand «AIRFLUX» der STS 0055**

LN 2021-01 BL

Lorenz Brenner

**Explosionswirkungen – Druckstossausbreitung im urbanen Raum. Methodik zur räumlichen Visualisierung von Gebäude- und Personenschäden unter Anwendung von Druck-Impuls-Schadenskurven**

LN 2021-02 BL

Lorenz Brenner, Christian Jenni, Flurin Guyer, Patrick Stähli, Robert Eberlein, Matthias Huber, André Zahnd, Martin Schneider, Frank Tillenkamp

**Analysis of pressure drop and blast pressure leakage of passive air blast safety valves: An experimental and numerical study**

Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 75 (2022) 104706

Thomas Friedrich

**Zugversuch Kunststoffe DIN EN ISO 527**

LN 2021-01 FTO

Thomas Friedrich

**Leitfähigkeitsprüfeinrichtung NG Konstruktionsbeschreibung Messzelle aus Stahl**

LN 2021-02 FTO

Thomas Friedrich

**Druckverformungsrest DIN ISO 815-1**

LN 2021-04 FTO

Christian Gloor

**Industriefluchthaube PARAT® 4720 von Dräger. Werkstofftechnische Untersuchung und Dichtsitzprüfung**

LN 2021-01 GLOC

Christian Gloor

**Fluchthaube NH15TM von Avon Protection. Werkstofftechnische Untersuchung und Dichtsitzprüfung**

LN 2021-02 GLOC

Delaloye Jean-Romain, Vernez David, Suarez Guillaume, de Courten Damien, Zingg Walter, Perret Vincent, Metzger César M.J.A., Richner Gilles

**Distribution of low quality filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: an independent analysis of the situation in Switzerland**

Swiss Medical Weekly. 2021;151:w20459

Gilles Richner

**Keeping SARS-CoV-2 out: Vaccines, Filters, and Self-disinfecting Textiles**

Universities of Applied Sciences Chima, 2021 June 15

S. Tschudin Sutter, G. Richner, D. Jordi, P. Wick, R. Rossi, A. Mortensen, W. Zingg, D. Decourten, J-R. Delaloye

**Considerations regarding the mandatory use of FFP masks for the general population**

Swiss National COVID-19 Science Task Force (NCS-TF), 2021 January 19 – Policy Brief

Johann Stalder

**Validierung der Messkette für die «12-Tonnen Horizontal-Schockprüfmaschine HOSPA»**

LN 2021-01 SJ

Andreas Wittwer, Gilles Richner

**Übersicht zur Ermittlung und Angabe der Messunsicherheit in der Prüfstelle STS 0022**

LN 2021-01 GRIC

Andres Wittwer, Gilles Richner

**Kontrollprobenmessung auf der Sorptionsprüfanlage für grosse Filter (GRO-FISPA)**

LN 2021-02 GRIC

André Zahnd

**Projekt Strategie Schutzbauten. Lebensdauer und Ersatz von Schutzbaukomponenten und -systemen**

LN 2021-01 ZAAN

David Denzler, Patrick Stähli, André Zahnd, Frank Tillenkamp

**Forschungsprojekt: 353009949: Bevölkerungsschutzrelevante Druckstossausbreitung. Jahresbericht 2021 zu Arbeitspaket 1**

LN 2021-03 ZAAN

## Publikationen

Patrick Stähli, André Zahnd, Frank Tillenkamp

**Forschungsprojekt Nr. 353009949: Bevölkerungsschutzrelevante Druckstossausbreitung. Jahresbericht 2021 zu Arbeitspaket 3**

LN 2021-04 ZAAN

Christian Jenni, Mirco Ganz, Sven Düzel, Tim Altorfer, Lorenz Brenner, André Zahnd, Frank Tillenkamp

**Forschungsprojekt Nr. 353009949: Bevölkerungsschutzrelevante Druckstossausbreitung. Jahresbericht 2021 zu Arbeitspaket 4**

LN 2021-05 ZAAN

## ABC-Rüstungskontrolle

---

Appelt S, Rohleder AM, Invernizzi C, Mikulak R, Brinkmann A, Nitsche A, Krüger M, Dorner MB, Dorner BG, Scholz HC, Grunow R.

**Strengthening the United Nations Secretary-General's Mechanism to an Alleged Use of Bioweapons through a Quality-Assured Laboratory Response**

Nature Communications. Vol 12, Art 3078. 2021 May 27

Invernizzi C.

**Epidemics and Pandemics: The Role of Swiss Research Centres**

DCAF – The Security Sector and Health Crises, edited by Albrecht Schnabel and Ilona Kickbusch, First edition: March 2021, Part III, Chapter 9, 213-218

Christoph Wirz

**IPNDV: MOX Messungen in Belgien**

LN 2021-01 WIC

## ABC-Koordination

---

Courcol JD, Invernizzi CF, Landry ZC, Minisini M, Baumgartner DA, Bonhoeffer S, Chabriw B, Clerc EE, Daniels M, Getta P, Girod M, Kazala K, Markram H, Pasqualini A, Martínez-Pérez C, Peaudecerf FJ, Peaudecerf MS, Pfreundt U, Roller BRK, Stomka J, Vasse M, Wheeler JD, Metzger CMJA, Stocker R, Schürmann F.

**ARC: An Open Web-Platform for Request/Supply Matching for a Prioritized and Controlled COVID-19 Response**

Frontiers in Public Health. Vol 9, Art 607677. 2021 February 16

Delaloye Jean-Romain, Vernez David, Suarez Guillaume, de Courten Damien, Zingg Walter, Perret Vincent, Metzger César M.J.A., Richner Gilles

**Distribution of low quality filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: an independent analysis of the situation in Switzerland**

Swiss Medical Weekly. 2021;151:w20459

Metzger, C.M.J.A., Steinlin, C., Feuz, P., Muggli, S., Bucher, A., Schläpfer, O., Schulze, T., Cadisch, M.

**Auslegeordnung ABC-Schutz Schweiz: Bericht 1 – Situation und Defizite aus Sicht der Akteure**

Bundesamt für Bevölkerungsschutz  
30.03.2021

Muggli, S., C.M.J.A. Metzger

**Übersicht über die Ausbildungen im ABC-Schutz in der Schweiz**

Hrsg. Eidg. Kommission für ABC-Schutz, 3700 Spiez

---

Reto Lienhard, César M. J. A. Metzger, Jonas Sieber, Michael Bel, Lorenz Risch, Gilbert Greub, Laurent Kaiser, Adrian Egli

**What does the UK variant tell the clinical microbiologists?**

pipette - Swiss Laboratory Medicine March 2021

---

Ana Rita Goncalves Cabecinhas, Tim Roloff, Madlen Stange, Claire Bertelli, Michael Huber, Alban Ramette, Chaoran Chen, Sarah Nadeau, Yannick Gerth, Sabine Yerly, Onya Opota, Trestan Pillonel, Tobias Schuster, Cesar M.J.A. Metzger, Jonas Sieber, Michael Bel, Damir Perisa, Nadia Wohlwend, Christian Baumann, Michel C. Koch, Pascal Bittel, Karoline Leuzinger, Myrta Brunner, Franziska Suter-Riniker, Livia Berlinger, Kirstine K. Søgaard, Christiane Beckmann, Ingrid Steffen, Helena M.B. Seth-Smith, Alfredo Mari, Reto Lienhard, Martin Risch, Oliver Nolte, Isabella Eckerle, Gladys Martinetti Lucchini, Emma B. Hodcroft, Richard A. Neher, Tanja Stadler, Hans H. Hirsch, Stephen L. Leib, Lorenz Risch, Laurent Kaiser, Alexandra Trkola, Gilbert Greub, Adrian Egli

**SARS-CoV-2 N501Y Introductions and Transmissions in Switzerland from Beginning of October 2020 to February 2021 - Implementation of Swiss-Wide Diagnostic Screening and Whole Genome Sequencing**

Microorganisms 2021, 9, 677

---

Metzger C.M.J.A., Reto Lienhard, Helena M. B. Seth-Smith, Tim Roloff, Fanny Wegner, Jonas Sieber, Michael Bel, Gilbert Greub, Adrian Egli

**PCR performance in the SARS-CoV-2 Omicron variant of concern?**

Swiss Medical Weekly. 2021;151:w30120

---

Schläpfer, O., Willi, C., Blaser, L., Schulze, T., Basler, B., C.M.J.A. Metzger

**Vergleich nationaler und internationaler Strategien und Planungen: Grundlagen für die Erarbeitung der Strategie «ABC-Schutz Schweiz» 2019**

Hrsg. Eidg. Kommission für ABC-Schutz, 3700 Spiez

---

Solveig Muggli, César Metzger

**Die Position der ABC-Koordinatoren - Eine Analyse ihrer institutionellen Position im Vergleich zur ursprünglichen Idee aus der «Umsetzungshilfe Strategie «ABC-Schutz Schweiz» auf Stufe Kanton»**

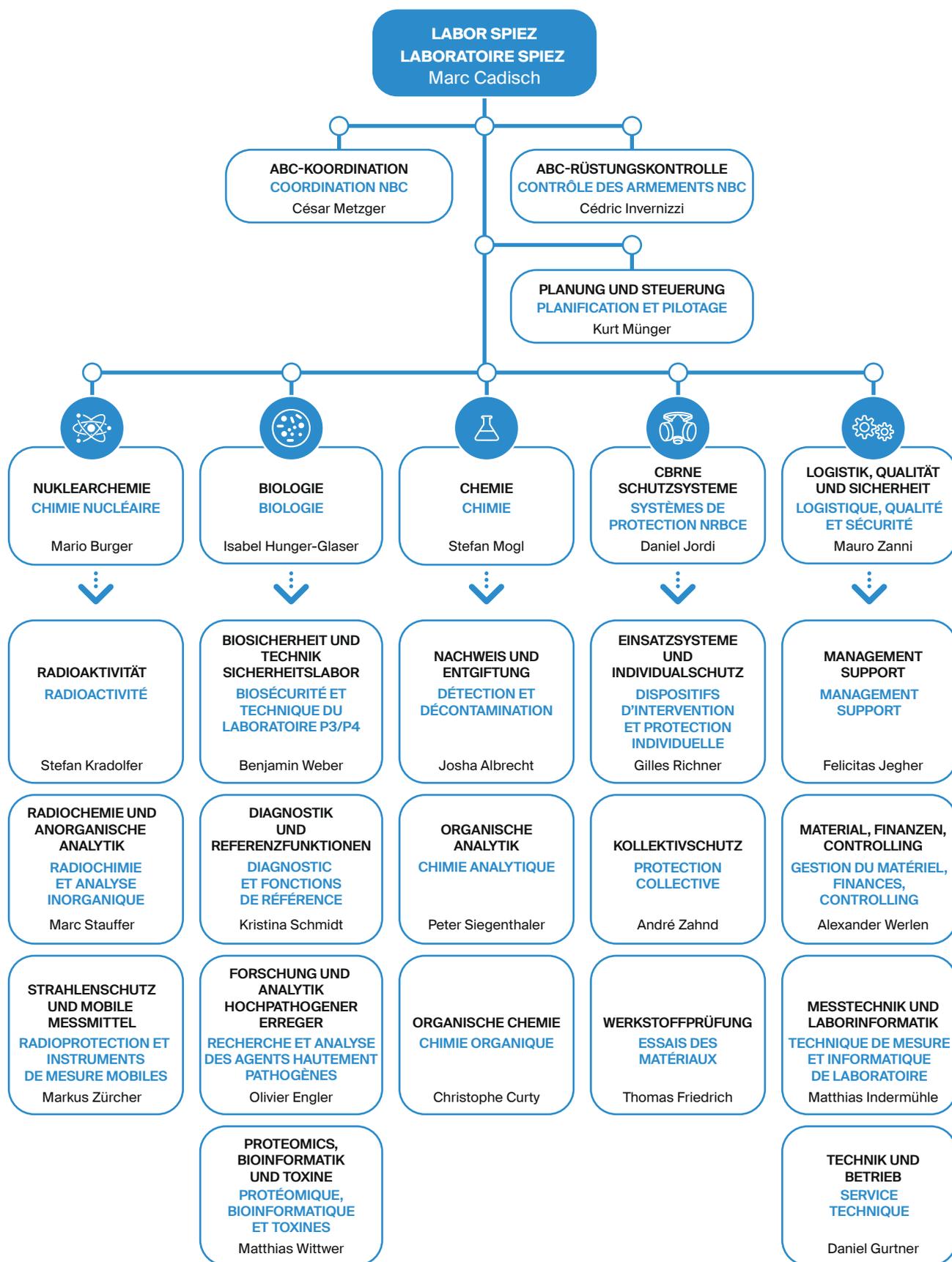
LN 2021-01 MCES/MUGS

# 12 Akkreditierte Bereiche

Teilnahme an Ringversuchen Oktober 2020 – September 2021

Stelle	Anzahl	Art und Partner
 <b>STS 0019</b>	0	<p>Prüfstelle für Untersuchungen von Proben auf chemische Kampfstoffe und verwandte Verbindungen</p> <p>Aufgrund von erfolgreich abgeschlossenen OPCW Off-Site Analysenaufträgen wurde die STS 0019 durch die OPCW von der Teilnahme an den OPCW Proficiency Tests im 2020 befreit und hat die OPCW Designierung 2020-21 sicherstellen können.</p>
 <b>STS 0022</b>	0	<p>Prüfstelle für Sorptionsmittel und Atemschutzfilter</p> <p>Keine Ringversuche</p>
 <b>STS 0028</b>	8	<p>Prüfstelle für die Bestimmung von Radionukliden und Elementanalytik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- International Soil Exchange ISE – University of Wageningen</li> <li>- Potable water – Ielab</li> <li>- Sea water – Ielab</li> <li>- Trinkwasser – AQS</li> <li>- PT ALMERA – IAEA</li> <li>- PT Seawater RML – IAEA</li> <li>- PT IRA/BAG</li> <li>- In-situ Gammaspktrometrie Vergleichsmessung BAG/NAZ</li> </ul>
 <b>STS 0036</b>	11	<p>Prüfstelle für Kunststoffe und Gummi sowie für das Verhalten von Kunststoffen, Gummi und Textilien gegenüber chemischen Kampfstoffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schmelzflussrate an feuchteempfindlichen Materialien</li> <li>- Thermoanalyse DSC – Oxidation Induction Time OIT</li> <li>- Wanddickenmessung von Kunststoffrohren</li> <li>- Zugversuch bei 80 °C</li> <li>- Dichte von Festkörpern</li> <li>- Wassergehalt von Kunststoffgranulaten</li> <li>- Druckversuch an Kunststoffen</li> <li>- Streifen-Zugversuch an Textilien</li> <li>- Widerstand gegen Ozonrissobildung</li> <li>- Härteprüfung Shore A</li> <li>- Rückprallelastizität</li> </ul>
	1	<p>Kampfstoffbeständigkeitsprüfung mittels Indikatorpapiermethode auf dem Kamerasystem KS-2/6, d.h. Vergleichsmessungen mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz in Munster/ DE</p>
	18	<p>Typen- oder Identifikationsprüfungen an Gummiprofilen/-formteilen aus Mischungen mit BZS Zulassung im Auftrag der Zulassungsstelle des BABS.</p>

Stelle	Anzahl	Art und Partner
 <b>STS 0054</b>		Prüfstelle für den Nachweis biologischer Agenzien
	5	Trinkwasseranalyse
	3	Molekularbiologische Nachweisverfahren Bakteriologie: SHARP: B. anthracis, Brucella spp., Burkholderia, Francisella tularensis., Yersinia pestis. INSTAND: B. anthracis, F. tularensis, C. burnetti, Brucella spp. und Borrelien
	3	Molekularbiologische Nachweisverfahren Virologie: UNSGM SARS-CoV-2 WHO EQA SARS-CoV-2 SHARP RG 4 Viren
	1	Serologische Nachweismethoden: INSTAND Hantaviren Serologie
2	Nachweismethoden Toxine: EuroBioTox In-Situ PT1: Field Detection of Ri-cin, Abrin, Botulinum toxin and SEB EuroBioTox Ricin PT2: Ricin	
 <b>STS 0055</b>		Prüfstelle für ABC-Schutzmaterial sowie Einrichtungen und Installationen von Schutzbauten
	1	Druckverlustmessungen an Explosionsschutzventilen auf dem Prüfstand



Stand Mai 2022

