

Zukunft on the Road

Fraunhofer-Forscher aus dem Saarland haben ein mobiles medizinisches Labor entwickelt. In Münster kam das weltweit einzigartige Fahrzeug erstmals zum Einsatz.



Glänzendes Debüt auf dem Asphalt: Im Oktober 2012 rollte der Bio-Truck zur ersten Testfahrt aus der Produktionshalle in Rheinmünster. Das mobile Labor bietet völlig neue Möglichkeiten für Medizin und Umweltforschung. Sie haben die kühne Vision zur Wirklichkeit gemacht: IBMT-Institutsleiter Heiko Zimmermann (links) und Spezialfahrzeugbauer Bernd Bischoff.



Pikser für die Probenbank: Die Ärztin Anne Maria Hofmann (rechts) entnimmt einer Studentin eine Blutprobe. Sie wird für Analysen verschiedener Umweltschadstoffe in der Umweltprobenbank des Bundes zur Verfügung stehen.

Text von Ralf Butscher; Fotos von Bernd Müller

LANGSAM ROLLT DER weiße Sattelschlepper rückwärts in einen schmalen Weg. Eine dicke Schneedecke liegt auf dem Gelände, Eisplatten machen das Rangieren mit dem rund 18 Meter langen Fahrzeug zum Balanceakt. Doch der Fahrer lenkt den imposanten Wagen sicher über das Areal rund fünf Kilometer südöstlich von Münster, wo die Bundeswehr bis zum Jahr 2000 ein Sanitätsdepot betrieben hat. „Etwas weiter nach rechts“, ruft Daniel Schmitt dem Fahrer vom Wegrand aus zu. Kurz darauf bringt Schmitt den 40-Tonner mit einem lauten „Stopp!“ zum Halten – direkt vor einem mächtigen eisernen Tor.

Es ist der Eingang zu einem Bunker, der nun als Aufbewahrungsort für einen ganz besonderen Schatz dient: eine Vielzahl menschlicher Proben von Blut

und Urin, in denen sich widerspiegelt, wie sich die Belastung mit Umweltschadstoffen in Deutschland in den letzten Jahrzehnten verändert hat. Es ist das Lager der Humanproben der „Umweltprobenbank des Bundes“.

Daniel Schmitt ist Leiter der Abteilung Labortechnologien am Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT in Sankt Ingebert und Sulzbach im Saarland. Gemeinsam mit Institutsleiter Heiko Zimmermann verfolgt er seit einigen Jahren ein ehrgeiziges Ziel: Die beiden wollen die Technologien, mit deren Hilfe heute weltweit in Labors gearbeitet wird, verbessern, vereinfachen und automatisieren – und die Basis für das „Labor der Zukunft“ schaffen.

Es soll Biologen, Chemikern und Medizinern neue Möglichkeiten erschließen, die Grundlagen des Lebens zu erforschen, Ursachen von Krankheiten aufzuspüren und neue Medikamente dagegen zu entwickeln. Gefördert wird die anspruchsvolle Initiative, an der sich neben der Fraunhofer-Gesellschaft auch etliche Industrieunternehmen beteiligen, von der saarländischen Landesregierung.

Auch der Truck, der nun vor dem Bunker in Westfalen steht, ist aus diesem Projekt hervorgegangen. Er wirkt von außen wie ein gewöhnlicher Transporter.

Nur der Schriftzug „Labor der Zukunft“ auf den Seitenwänden lässt erahnen, dass sich dahinter mehr verbirgt: Der Lkw beherbergt ein komplett ausgestattetes biologisch-medizinisches Labor, das über ein topmodernes technisches Equipment verfügt und für den Umgang mit potenziell infektiösen Proben zugelassen ist. Die technische Einrichtung des Labors bietet, falls nötig, sogar ein noch höheres Maß an Sicherheit für den Umgang mit biologischen Substanzen.

IM ERNSTFALL RASCH EINSETZBAR

„Dafür sorgen unter anderem eine dichte Laborhülle mit gesicherten Personal- und Materialschleusen sowie ein leichter Unterdruck, um gefährliche Stoffe im Inneren des Labortrakts zu halten“, sagt Schmitt. Damit ließe sich der Wagen etwa als mobiler Untersuchungs- und Behandlungsraum nutzen, wenn irgendwo in Deutschland eine ansteckende Krankheit ausbrechen und sich verbreiten würde. „Unser Fahrzeug ist das weltweit einzige mobile und rasch einsetzbare Labor, das diese Möglichkeit bietet“, betont der Fraunhofer-Forscher.

Der Bio-Truck hat im November seine Zulassung durch die zuständigen Landesbehörden erhalten. Nun ist er zunächst im Auftrag des Umweltbundesamts für die Umweltprobenbank des

Bundes unterwegs. Für diesen Einsatz fiel an dem frostigen Januar-Wochenende in Münster der Startschuss: Forscher und Ärzte nahmen an Bord des Trucks von über 150 Studentinnen und Studenten Blut- und Urinproben. Sie werden nun Teil der umfangreichen Probenkollektion, die seit den 1980er-Jahren stetig erweitert wird.

EIN GEDÄCHTNIS FÜR SCHADSTOFFE

Die Umweltprobenbank des Bundes ist eine Art Schadstoffmesser und Schadstoffgedächtnis für Deutschland. Forscher testen dafür regelmäßig Pflanzen, Tiere und Gewässer in verschiedenen Regionen auf ihre Belastung durch umweltschädliche Substanzen wie Farbstoffe, Medikamentenreste oder Pflanzenschutzmittel. Besonders wichtig sind die menschlichen Proben, die einmal pro

Jahr bei Studierenden in mehreren deutschen Städten genommen werden – seit rund 20 Jahren in Greifswald, Halle, Ulm und Münster. Urin, Blut und Blutplasma der Probanden werden analysiert und danach eingefroren und eingelagert, um sie jederzeit auf den wissenschaftlichen Prüfstand stellen zu können. Über alldem wacht ein eigens für den Truck ausgeklügeltes Qualitätsmanagement-System, das für einen höchstmöglichen Standard und vergleichbare Ergebnisse sorgt.

Über 25 Jahre lang war die Uniklinik Münster für das Depot der menschlichen Proben verantwortlich. Rund 260 000 Röhrchen mit Blut oder Urin, bislang aufbewahrt in einer riesigen Kühlkammer bei minus 80 Grad Celsius, haben sich dort angesammelt. Seit 2012 kümmern sich die Fraunhofer-Forscher aus dem Saarland um das Sammeln und

Konservieren der kostbaren Proben. Und sie haben für eine clevere Art der Lagerung gesorgt: Das deutsche Schadstoffgedächtnis soll in riesigen Stahltanks, gekühlt durch flüssigen Stickstoff, jahrzehntelang erhalten bleiben.

EISIGES DEPOT FÜR BLUT UND URIN

Jeder dieser Tanks birgt 150 Liter der kalten Flüssigkeit. Über diesem eisigen See lagern die Proben in Stickstoff-Gas bei Temperaturen unter minus 140 Grad Celsius. „Diese Form der Kühlung ist viel effizienter als die Lagerung in einem begehbaren Kühlschrank“, sagt Dominik Lermen, der am IBMT die Arbeitsgruppe Umweltprobenbank-Humanproben leitet. Die Konservierung der Proben in Kryotanks spart über die Jahre reichlich Energie – und dem Bund viel Geld. Außerdem sorgt die frostige Um-



Untersucht, verpackt, markiert: IBMT-Forscher Franz-Josef Lohmann hält etliche Blutproben von Studierenden aus Münster zum Einfrieren bereit.

Kompakt

- Blut-, Plasma- und Urinproben, die der Bio-Truck sammelt, geben Auskunft über die Schadstoff-Belastung der Menschen in Deutschland.
- Der sichere Umgang mit infektiösen Proben ist gewährleistet.
- Die Forscher wollen eine ganze Flotte mobiler Labore auf die Straße bringen.

Technisches Neuland

Zwei Wissenschaftler aus dem Saarland wollten die komplizierte Labortechnik auf Räder stellen. Die Idee war bestechend, die die beiden Leiter des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik IBMT, Günter Fuhr und Heiko Zimmermann, bereits 2005 mit Blick auf die Arbeit ihrer Kollegen in den biologischen und medizinischen Labors hatten: Ein Truck sollte konzipiert werden, mit dem Forscher und Ärzte selbst anspruchsvolle medizinische Untersuchungen bequem an jedem beliebigen Ort erledigen können. Ein Vorbild dafür gab es nicht, die komplette Technik für das Fahrzeug musste neu kreiert werden. Den richtigen Partner bei dieser kniffligen Aufgabe fanden die Forscher in der Firma Bischoff und Scheck. Das Unternehmen aus Rheinmünster in Baden fertigt mit rund 50 Mitarbeitern ausgefallene Spezialfahrzeuge an: etwa Feuerwehrlöschwagen, rollende Testwerkstätten für Automobilbauer sowie Trucks, mit denen Formel-1-Teams von Rennstrecke zu Rennstrecke ziehen. „Die technische Ausstattung für die meisten Fahrzeuge erarbeiten wir von Grund auf neu“, sagt Bernd Bischoff, Mitgründer und technischer Leiter des Unternehmens.

Auch für den Labor-Truck gab es nichts von der Stange. „Um konventionelle Labortechnik fit für den mobilen Einsatz zu machen, musste jedes einzelne Teil angepasst und die Umsetzung der gewohnten Arbeitsabläufe neu erdacht werden“, sagt IBMT-Projektleiter Daniel Schmitt. Ende 2011 war es so weit: Für das nun fertiggestellte mobile Labor begann eine mehrmonatige Planungsphase. Das Resultat war ein äußerst vielschichtiges Konzept für den einzigartigen Wagen. „Rund 10 000 Bauteile, vom kleinsten Gelenk bis zur ausfahrbaren Seitenwand, haben wir konstruiert, gezeichnet – und schließlich selbst gefertigt“, berichtet Bischoff. Das Mobiliar des Trucks entstand in der eigenen Schreinerei des Spezialfahrzeugbauers. Dessen Ingenieure kümmern sich auch darum, dass alle Informationen über den Zustand von Fahrzeug und Labortechnik an eine zentrale Leitstelle übermittelt werden können.

„Am Beispiel dieses Labor-Trucks versteht man, wie stark sich aktuelle Entwicklungen aus Elektronik sowie Labor- und Medizintechnologie gegenseitig bedingen“, sagt Bernd Pfeil, Senior Vice President von EBV Elektronik. Die Elektronik-Spezialisten aus Oberbayern sind von Anfang an Partner im „Labor der Zukunft“ und liefern Kernkomponenten für Probenlogistik und Chiptechnologie. „Erst die richtigen Partner erlauben es, eine solche Idee auch umzusetzen“, betont IBMT-Institutsleiter Heiko Zimmermann. „Das Ergebnis zeigt, dass das hier offenbar der Fall war.“



Die Technik für das mobile Labor mussten Spezialfahrzeugbauer komplett neu kreieren – vom Entwurf über den Rohbau und die Lackierung bis zur Fertigung vieler Komponenten per Hand.

gebung für eine weitgehend konstante Qualität der empfindlichen Proben. Denn biologische Prozesse schreiten in dieser Extremkälte, wenn überhaupt, nur sehr langsam voran.

29 Tanks mit den bisher gesammelten Humanproben wurden vorübergehend in der Kryobank des IBMT am Institutsstandort in Sulzbach zwischengelagert. „Nun befördern wir die Tanks nach und nach in ihr neues endgültiges Depot“, sagt Lermen – in den Bunker in Westfalen. Künftig soll jährlich ein Tank mit neuen Humanproben hinzukommen, gesammelt mit dem Hightech-Labor-Truck.

nach geht es für die Studierenden, die sich freiwillig gemeldet haben, weiter zum Blutabnehmen. Am Ende haben zwei Ärztinnen insgesamt 145 Milliliter Blut gewonnen.

NEUE QUALITÄT DER PROBENNAHME

„Der Truck verändert die Qualität der medizinischen Probenahmen entscheidend“, sagt Daniel Schmitt. „Denn er stellt erstmals ein identisches Labor an allen Standorten bereit.“ Überall und jederzeit lassen sich nun Proben auf dieselbe Weise und unter gleichen Bedingungen sammeln und verarbeiten.

anderem nach den Materialien von Bodenbelägen und Leitungen in der Wohnung, nach Ernährungsgewohnheiten, Erkrankungen und regelmäßig eingenommenen Medikamenten. „Die Antworten liefern uns ein Bild von den Lebensumständen der Testpersonen“, sagt Dominik Lermen. „Sie lassen etwa darauf schließen, ob Spuren von Blei oder Kupfer aus Wasserrohren stammen oder ob ein hoher Gehalt an Schwermetallen von bestimmten Speisen verursacht wurde.“ Um die Quelle von Umweltbelastungen lokalisieren zu können, registrierten die Forscher zudem, wo die



Das mobile Bio-Labor

- Länge: 14,01 Meter (Auflieger)
- Breite: 2,53 Meter (ausgefahren 5,53 Meter, ohne Treppen)
- Höhe: 4,00 Meter
- Masse: 28,8 Tonnen
- Stromversorgung: 63 Ampere Landstrom/Dieselmotor
- Frischwasser: 300-Liter-Tank
- Abwasser: 1000-Liter-Tank
- Probenlager: 420-Liter-Lagertank mit 150 Liter Flüssigstickstoff-Vorrat
- Innenfläche: 55 Quadratmeter, davon Labor: 16 Quadratmeter, Untersuchung: 18 Quadratmeter, Empfang: 14 Quadratmeter

Forschen auf Rädern: Der 14 Meter lange Auflieger des Fahrzeugs lässt sich auf doppelte Breite ausfahren.

Sein Kernstück ist ein 40 Quadratmeter großer Bereich im Laderaum. Er lässt sich schaffen, indem der Auflieger des Sattelschleppers seitlich ausgefahren wird. Dadurch wächst die Ladefläche auf das Doppelte. Etwa die Hälfte des Raums füllt das Labor. Die andere Hälfte bietet Platz für drei Arztarbeitsplätze.

Während die Proben gesammelt werden, nimmt eine Zahnärztin das Gebiss der Testpersonen unter die Lupe, um festzuhalten, ob es Zahnfüllungen gibt. So lässt sich später ermitteln, ob Quecksilber-Belastungen im Urin mit amalgamhaltigen Zahnfüllungen korrelieren oder mit einem erhöhten Fischkonsum. Da-

Bisher mussten die Forscher meist improvisieren und waren für ihre Arbeit auf wechselnde Labors und anderweitig genutzte Räume angewiesen. „Unterschiedliche Voraussetzungen an den Probenahme-Standorten führen automatisch zu verschiedenen Prozessen, was eine übergreifende Standardisierung der Arbeitsabläufe in allen Labors sehr schwierig macht“, sagt Dominik Lermen.

Die Urinproben brachten die Studierenden selbst mit zum Arzttermin im Truck. Zusammen mit der Probe gaben sie einen ausgefüllten Fragebogen bei den Forschern ab. Gefragt wurde unter

Testpersonen aufgewachsen waren und wo sie sonst gewohnt haben.

Den überwiegenden Teil der Proben frieren Mitarbeiter im Truck unmittelbar nach der Portionierung in kleinen Portionen ein. Blutplasma und Urinproben werden jedoch zuvor eingehend charakterisiert. So wird das Blutplasma – der flüssige, von festen zellulären Partikeln befreite Bestandteil des Bluts – auf den Cholesterin-Spiegel und den Gehalt an Proteinen untersucht. „Dazu verfügt das mobile Labor über ein Analysegerät, das die Proben automatisch untersuchen kann“, sagt Dominik Lermen. Nach wenigen Minuten ist die Analyse abge-

schlossen und der Apparat spuckt die Resultate aus. Die Messdaten werden elektronisch der Probe zugeordnet, die mit einem Barcode versehen ist – und sich dadurch jederzeit leicht wieder auffinden und identifizieren lässt.

IM RÖHRCHEN IN DEN STICKSTOFF-TANK

Auch die Urinproben prüfen Mitarbeiter an Ort und Stelle auf Eigenschaften wie Gewicht, Dichte und elektrische Leitfähigkeit. Am Ende kommt jede Teilprobe in ein individuell gekennzeichnetes Röhrchen. Die Gefäße landen in einem

und alle Proben sicher im Kühltank verstaut sind, steuert der Fahrer den 40-Tonner mit seiner kostbaren Fracht zur Bunkeranlage. Während der Bio-Truck in den letzten Monaten bei dem Spezialfahrzeughersteller Bischoff und Scheck im badischen Rheinmünster allmählich Gestalt annahm, hat sich auch dort viel getan. Aus der zuvor finsternen Halle machten Arbeiter einen Hightech-Lageraum – hell, fast klinisch sauber und durchzogen von zahlreichen Leitungen für die Versorgung der Proben tanks mit flüssigem Stickstoff.

den. Anschließend rollen die Männer das zentnerschwere Gefäß in den Bunker und schließen es an eine der Stickstoff-Leitungen an. Ein Messgerät, das mit einem Temperatursensor im Tank verbunden ist, zeigt minus 151 Grad Celsius. Ein kurzer Blick in den Bauch des Kühlcontainers bestätigt: Die Proben haben den Transport gut gekühlt und unbeschadet überstanden.

In den nächsten Monaten wird sich der Lagerraum nach und nach weiter füllen: mit Tanks, die alte Proben enthalten, und mit neuen Proben, die die For-

Frostige Verwahrung: Dominik Lermen prüft Probengefäße mit menschlichem Blut. Die biologischen Proben werden mit flüssigem Stickstoff auf Temperaturen unter minus 140 Grad Celsius gekühlt.

soll unter anderem als rollendes epidemiologisches Zentrum in Deutschland unterwegs sein. Es wird Wissenschaftlern die Möglichkeit bieten, zu untersuchen, wie sich ansteckende Krankheiten verbreiten. Das schafft die Grundlage, um besser vor dem Ausbruch etwa einer Grippe-Epidemie gewappnet zu sein und im Ernstfall wirkungsvoll vorgehen zu können. Eine kleine Flotte solcher Fahrzeuge könnte beim Beginn einer Grippewelle Impfstoffe schnell und zuverlässig überall im Land verteilen.

Damit fährt der Bio-Truck in der Spur eines ähnlichen Fahrzeugs, das die IBMT-Forscher entwickelt haben und das seit Mai 2011 in der Westkap-Region in Südafrika unterwegs ist. Dieser Lkw besitzt keine Karosserieausschübe und hat damit weniger Platz für medizinische Untersuchungen an Bord. Dafür erfüllt er noch strengere Sicherheitsanforderungen. Sie sind nötig, um eine der größten Geißeln der Menschen am Kap zu bekämpfen: Aids – eine Krankheit, an der allein in Südafrika pro Jahr über 300 000 Menschen sterben. Ärzte gelangen mit dem Truck auch in abgelegene Dörfer. Dort können sie Menschen auf HIV und andere gefährliche Erreger wie multi-resistente Tuberkulose-Keime untersuchen – und behandeln.

VIELVERSPRECHENDE VORBOTEN

Die beiden Trucks in Deutschland und Südafrika sind Vorboten einer ganzen Flotte von Spezialfahrzeugen, die Heiko Zimmermann und Daniel Schmitt in den nächsten Jahren aufbauen wollen. Die technischen Voraussetzungen bei der Kommunikation und Vernetzung entwickeln die Fraunhofer-Forscher gerade zusammen mit Bischoff und Scheck sowie weiteren Partnern. Ein wichtiges Element ist bereits nutzbar: eine App, die es ermöglicht, viele Parameter in den Trucks und ihren mobilen Labors im Auge zu behalten. So lassen sich der Füllstand der Diesel- und Wassertanks, die Temperatur sowie der Unterdruck in der Lüftungsanlage auf einem Rechner oder Smartphone anzeigen. Künftig sollen sich sogar einige Einstellungen per Fernsteuerung ändern lassen. Damit haben die Forscher im Saarland den Zustand ihrer rollenden Labors stets unter Kontrolle, egal ob diese in Münster, Kapstadt oder anderswo unterwegs sind. ■

bdw-Redakteur RALF BUTSCHER hat sich beim Ersteinsatz des Trucks auch selbst zur Blutabnahme gemeldet. BERND MÜLLER, Fotograf



aus Augsburg, begleitete Fertigung und Einsatz des mobilen Labors mit der Kamera. Infos unter: www.ibmt.fraunhofer.de, labor-der-zukunft.com/de, www.umweltprobenbank.de



Ab in den Bunker: Nach der Probenahme bringen die Fraunhofer-Forscher den Kryotank mit den gekühlten Proben in ein umgebautes ehemaliges Bundeswehr-Sanitätsdepot bei Münster. Dort werden sie konserviert und jahrzehntelang sicher gelagert.

Probenhalter und werden damit in einen Flüssigstickstoff-Tank getaucht, der im angrenzenden Lagerraum steht.

Dort zeigt sich eindrucksvoll die breite Palette an Innovationen, mit der die IBMT-Forscher und ihre Partner aus der Industrie den Truck versehen haben. „Den Probenhalter haben wir eigens entwickelt, um Beschädigungen der Röhrchen beim Einfrieren zu verhindern“, sagt Daniel Schmitt. „Er ermöglicht es, die Gefäße sanft ins eisige Innere des Kryotanks einzuführen.“ Sonst bestünde die Gefahr, dass der Kunststoff der Probenröhrchen durch einen zu abrupten Temperatursprung brüchig wird.

Nachdem die Probenahme im Technologiehof in Münster abgeschlossen ist

Nachdem der Truck an der Anlage eingetroffen und sicher vor dem schweren Tor abgestellt ist, machen sich die Forscher um Daniel Schmitt und Dominik Lermen daran, die frischen Blut- und Urinproben in den Bunker zu bringen. Auf Knopfdruck springt das Dieselaggregat in dem Fahrzeug an, und der Sattelaufleger wird leise surrend auf doppelte Breite ausgefahren. Vor der Tür zur Ladefläche des Wagens schiebt sich eine Treppe aus der Wand, über die die Fraunhofer-Forscher in das mobile Labor gelangen. Dort lösen sie den Tank mit den Proben aus seiner Befestigung und schieben ihn auf eine Plattform, die am Heck des Trucks ausgeschwenkt ist. Damit lassen sie den Tank sanft zu Bo-

schers mit dem Labor-Truck gesammelt haben. „Bis 2040 ist im Bunker genug Platz“, sagt Dominik Lermen. Dann wird das deutsche Schadstoffgedächtnis fast 60 Jahre in die Vergangenheit zurückreichen – und ist damit noch lange nicht am Ende. Ein zweiter Bunker, direkt gegenüber der jetzt genutzten Anlage, ist schon für die Zeit nach 2040 als Lagerraum für die Umweltprobenbank des Bundes angemietet.

SCHNELLE HILFE GEGEN GRIPPE

Der Truck des IBMT wird noch oft mit seiner biologischen Fracht auf dem gut bewachten Gelände vorfahren. Doch er wird künftig auch andere Aufgaben zu erfüllen haben. Das Labor auf Rädern