Labor erleben

DAS MAGAZIN DES ALM E.V.

02

Einblicke in die Welt der medizinischen Labore

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dieser neuen Ausgabe unseres Magazins „Labor erleben“ wollen wir Ihnen einen weiteren Einblick in die Welt der humanmedizinischen Labore in Deutschland geben. Wir laden Sie zu einem kleinen Streifzug durch bekannte und weniger bekannte fachärztliche Themen der Laboratoriumsmedizin ein.

Mehrere Hundert Millionen Mal pro Jahr nehmen Patientinnen und Patienten in Deutschland indirekt oder direkt die Arbeit unserer fachärztlichen Labore in Anspruch. Die qualitätsgesicherte Laboratoriumsdiagnostik liefert dabei in den meisten Fällen die Grundlage für die weitere ärztliche Behandlung, für Maßnahmen der gesundheitlichen Prävention oder für die Einschätzung von Verlauf und Schwere einer Erkrankung. Bei Menschen mit chronischen Erkrankungen ist die Labormedizin ein ständiger Wegbegleiter im Rahmen der Therapie, wie auch in dieser Ausgabe in den Geschichten um Nierenerkrankungen eindrucksvoll geschildert wird. Wie unsere fachärztlichen Labore überall in Deutschland täglich die Patientenversorgung sichern, das dokumentiert sehr anschaulich unsere Fotoreportage „Wie ein kleines Wunder“, die auf der Nordseeinsel Amrum beginnt.

Wenn Ihnen dieses Magazin gefällt, dann freuen Sie sich bereits jetzt auf unsere nächste Ausgabe zum **Welttag des Labors am 23. April.**

Falls Sie nicht so lange warten möchten, sind wir gern für Fragen oder Anregungen für Sie da.

Viel Freude bei der Lektüre, Ihr

Daniel Schaffer
Geschäftsführer
Akkreditierte Labore in der Medizin e.V.

In unserer globalisierten Welt ist das Thema Tuberkulose nach wie vor sehr aktuell. Zu einer erfolgreichen Tbc-Diagnostik gehört so viel mehr, als auf den ersten Blick ersichtlich. Von der Präanalytik über die eigentliche Bearbeitung der Proben bis hin zur Entsorgung müssen alle Arbeitsschritte gemäß den hohen Sicherheitsbestimmungen eines S3-Labors ausgeführt werden.

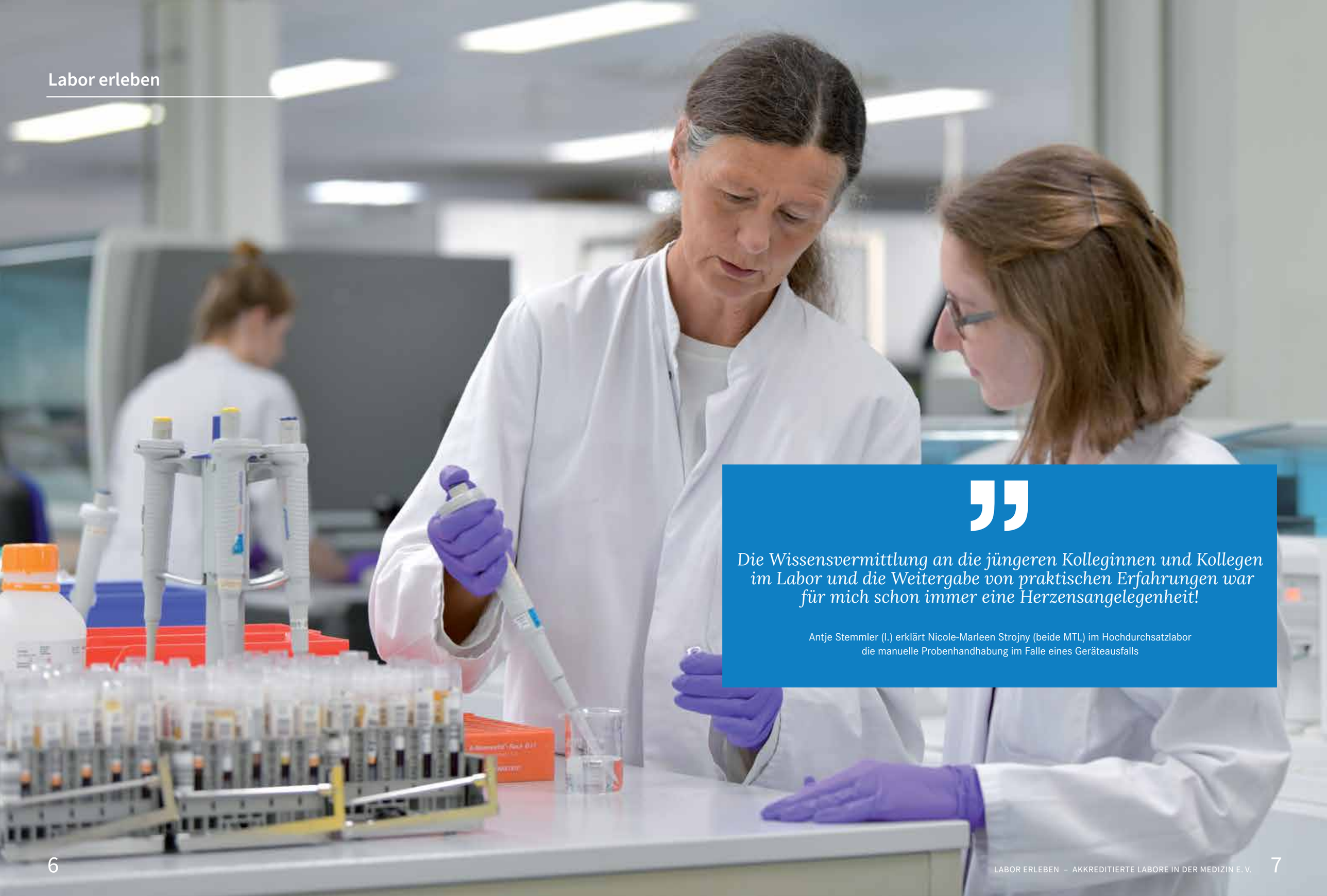
Jutta Retzmann, Medizinische Technologin für Laboratoriumsanalytik (MTL)*,
beim Autoklavieren der Abfälle

***Früher Medizinisch-technische Laborassistentin / Medizinisch-technischer Laborassistent (MTA / MTLA).**

Die bisherige Berufsbezeichnung wurde mit der Neuordnung durch das MTA-Reform-Gesetz geändert.

Die neue Berufsbezeichnung lautet **Medizinische Technologin für Laboratoriumsanalytik / Medizinischer Technologe für Laboratoriumsanalytik (MTL)**.

Mehr zum Thema:
https://www.alm-ev.de/aktuell/mtl-themenseite/

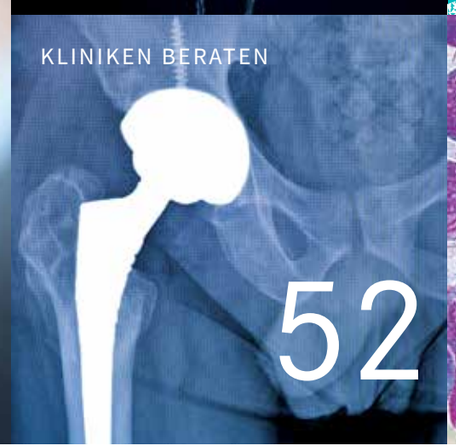


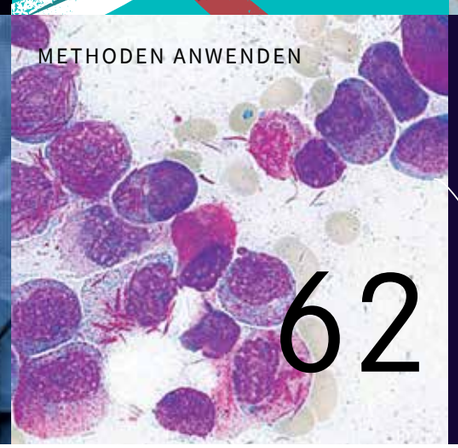
Die Wissensvermittlung an die jüngeren Kolleginnen und Kollegen im Labor und die Weitergabe von praktischen Erfahrungen war für mich schon immer eine Herzensangelegenheit!

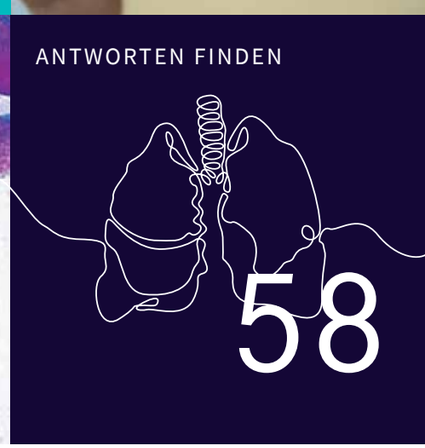
Antje Stemmler (l.) erklärt Nicole-Marleen Strojny (beide MTL) im Hochdurchsatzlabor die manuelle Probenhandhabung im Falle eines Geräteausfalls

Viele Menschen denken, dass die Arbeit im Labor wenig kommunikativ ist, aber das stimmt nicht! Ich bin in meinem Job im ständigen Austausch mit meinen ärztlichen und nicht ärztlichen Kolleginnen und Kollegen und unseren Einsenderinnen und Einsendern. Nur als Team und im ständigen Dialog gelingt uns eine Labordiagnostik auf exzellentem Niveau.

Dominique Opara (B. Sc. Biotechnologie) (l.) und Oriolys Linge-Corps (beide MTL) im Bereich der Mikrobiologie bei der Anfertigung von Ausstrichen auf Agarplatten







Inhalt

03 Editorial
12 Wissenswertes
82 Impressum, Autoren

14 **Nieren sterben leise**
Diagnostik erkennt Veränderungen frühzeitig!

20 **Patientenversorgung**
Eine Patientin erzählt ihre Geschichte

24 **Ranga Yogeshwar im Gespräch**
Die Rolle der Labore in der Zukunft

28 **Medizin »Made in Germany«**
Bedingungen für eine ambulante Versorgung

32 **Wie ein kleines Wunder**
Die Reise einer Blutprobe

40 **Leukämie**
Das böse Tier im Dschungel

44 **Erfolgsstory Trockenblutanalyse**
Untersuchung zur Früherkennung

48 **Labormediziner**
findet Auffälligkeiten

52 **Bakterieller Film im künstlichen Gelenk**
Infektionen mindern die Mobilität

58 **Patientenleben retten**
Im Labor und vor Ort

62 **Durchflusszytometrie**
Der Gamechanger in der Diagnostik

68 **Versteckte Genetik**
Diabetes kann erblich sein

72 **Ein Gesicht des Labors**
Berufsbeschreibung einer Fahrerin

Netz-WERKE

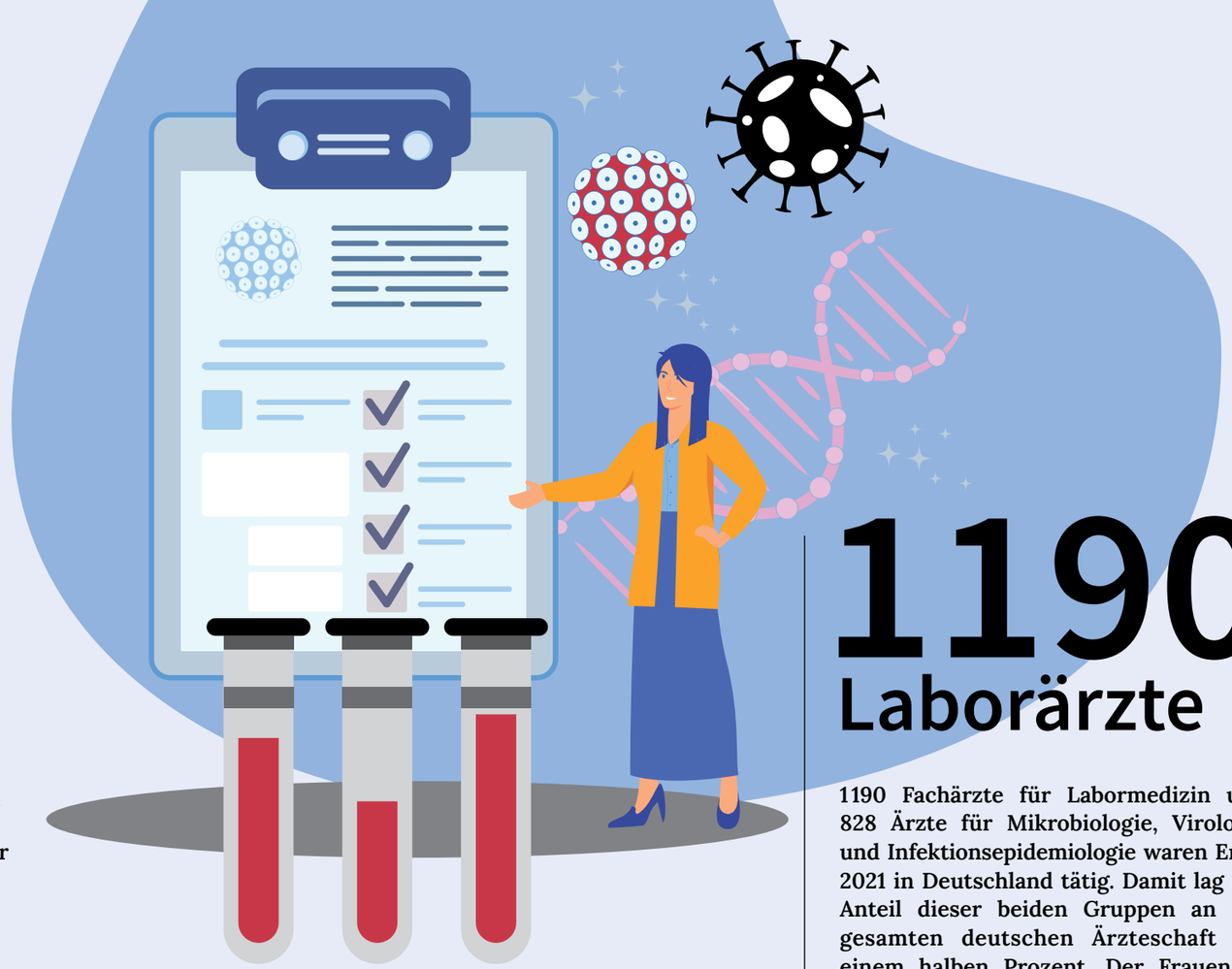
HOCH motiviert

Die Versorgung der Patienten ist gut, das Arbeitsumfeld ebenso: So bewerten in einer Umfrage zwei Drittel aller teilnehmenden angestellten Ärzte in Medizinischen Versorgungszentren (MVZ) mit Kapitalbeteiligung die Lage in ihren Einrichtungen. In der Onlinebefragung des Instituts für Gesundheitsökonomik bezeichnete sich die Mehrheit der angestellten Ärzte in MVZ auch als hoch motiviert. 59 Prozent der Befragten gaben an, dass sie jetzt mehr Zeit für ihre Patienten hätten als in einer selbstständig geführten Praxis. Medizinische Versorgungszentren spielen eine wichtige Rolle im Gesundheitssystem: Seit der Etablierung von MVZ im Jahr 2004 hat sich deren Zahl laut Kassenärztlicher Bundesvereinigung bis Ende 2020 auf fast 3850 erhöht.

Die Halbwertszeit des medizinischen Wissens wird immer kürzer, die Diagnostik und Therapie vieler Erkrankungen immer komplexer. Die ärztliche Fortbildung und der fachliche Austausch gewinnen dadurch zunehmend an Bedeutung. Viele humanmedizinische Labore sind als Medizinische Versorgungszentren (MVZ) organisiert. Neben effizienteren Verwaltungsstrukturen lassen sich so auch leichter Netzwerke bilden, die einen stärkeren fachlichen Austausch ermöglichen. Somit wird die Qualität der medizinischen Versorgung auch bei selteneren und komplexeren Erkrankungen durch Wissenstransfer innerhalb der eigenen Versorgungsstruktur verbessert und auf hohem Niveau gehalten.

127 Daten-erhebungen

Der ALM e. V. hat in Eigeninitiative insgesamt 127 Datenauswertungen zu SARS-CoV-2-PCR-Tests im Rahmen der Pandemie durchgeführt und veröffentlicht. 183 medizinische Labore haben regelmäßig teilgenommen und damit für die Politik, die Krisenstäbe auf Bundes- und Landesebene und das Robert Koch-Institut eine wesentliche Grundlage zur Einschätzung und Bewertung des Corona-Test- und -Infektionsgeschehens in Deutschland geschaffen. Dazu hat der Verband begleitend 120 Pressemitteilungen veröffentlicht und stellte sich in 34 Pressekonferenzen mit fachlicher Expertise den Fragen von Journalistinnen und Journalisten.



Laborbefunde gehören dem Patienten

Patientinnen und Patienten haben grundsätzlich das Recht, beim behandelnden Arzt die Herausgabe ihres Laborbefundes zu verlangen. Dies ist sogar in § 630 g BGB gesetzlich geregelt und bezieht sich auch auf andere Unterlagen in der Patientenakte, wie CT-, Röntgen-, Ultraschall- oder sonstige Untersuchungsaufnahmen, fachärztliche Befunde oder Berichte. Künftig soll der Laborbefund auch in der elektronischen Patientenakte (ePA) zu finden sein. Die Experten des ALM e. V. arbeiten intensiv mit der gematik GmbH und der mio42 GmbH zusammen an der Umsetzung der „ePA für alle“.

1190 Laborärzte

1190 Fachärzte für Labormedizin und 828 Ärzte für Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie waren Ende 2021 in Deutschland tätig. Damit lag der Anteil dieser beiden Gruppen an der gesamten deutschen Ärzteschaft bei einem halben Prozent. Der Frauenanteil betrug gut 40 Prozent. Das ist das Ergebnis einer Analyse des LMU Klinikums München, in der Dr. Michael Vogeser Daten der Bundesärztekammer, des Statistischen Bundesamtes, der Kassenärztlichen Bundesvereinigung und der Barmer Ersatzkasse ausgewertet hat. Aufgrund seiner Ergebnisse geht Vogeser von einer hohen ökonomischen Effizienz der Labordiagnostik aus. Der Anteil der Kosten für Labordiagnostik lag bei etwa 2,7 Prozent der gesamten Gesundheitsausgaben, die Anzahl der Untersuchungen jährlich im Milliardenbereich. Außerdem: Im Vergleich zur Ärzteschaft insgesamt war eine deutliche Überalterung der in der Labordiagnostik tätigen Mediziner zu erkennen. Der Anteil der über 50-Jährigen lag bei über 70 Prozent. Tendenz: steigend.

Nieren sterben leise

Nierenerkrankungen sind nur mit Labordiagnostik frühzeitig zu entdecken

Sven Appel

In Deutschland leiden mindestens zwei Millionen Menschen an einer chronischen Nierenerkrankung. Medizinisch versorgt werden Betroffene vor allem durch Fachärzte für Nephrologie im Zusammenspiel mit Hausärzten und Radiologen, manchmal auch mit Diabetologen, vor allem aber mit Unterstützung fachärztlicher Laboratorien. „Wir Nephrologen könnten nicht ohne die Labore arbeiten, wir wären blind", sagt Prof. Dr. med. Markus Meier, Facharzt für Innere Medizin und Nephrologie.

Die Ursachen chronischer Nierenerkrankungen liegen in zwei der großen Volkskrankheiten: Diabetes mellitus und Bluthochdruck (arterieller Hypertonus) sind häufig und führen regelmäßig als Spätkomplikation zu Nierenschädigungen mit eingeschränkter Organfunktion. Besonders tückisch ist: Nieren sterben leise. „Gerade in der Frühphase verursachen viele chronische Nierenerkrankungen keine Schmerzen oder andere Symptome", erklärt Prof. Dr. med. Markus Meier, der in Reinbek und Geesthacht bei Hamburg ein Nierenzentrum, also eine Spezialpraxis für Menschen mit Nierenerkrankungen, leitet. Nierenerkrankungen frühzeitig aufzudecken, gelingt laut Meier daher nur mit Labordiagnostik.

Um herauszufinden, ob die Nieren uneingeschränkt „arbeiten" oder ob eine Funktionsstörung vorliegt, werden im Blut sogenannte Retentionsparameter wie Kreatinin und Cystatin C gemessen. „Im Urin können die Feststellung der pathologischen Eiweißausscheidung und die Analyse der Eiweißbestandteile des Harns nicht nur den Nierenschaden anzeigen. Sie helfen auch nachzuweisen, in welchem Teil der Niere eine Schädigung vorliegt", erläutert Prof. Dr. med. Jan Kramer, Facharzt für Innere Medizin und für Laboratoriumsmedizin, der aus dem Labor häufig im Austausch mit dem Nephrologen Meier ist. Auch in der Abklärung der Ursache steht die Labordiagnostik mit an erster Stelle: Die Diagnose des Diabetes mellitus basiert beispielsweise mit den Blutwerten Glukose und dem Langzeitzuckermarker HBA1c ausschließlich auf Labordiagnostik.

Für etwa
15%
der Patienten in der Dialyse kommt ein Spenderorgan grundsätzlich infrage

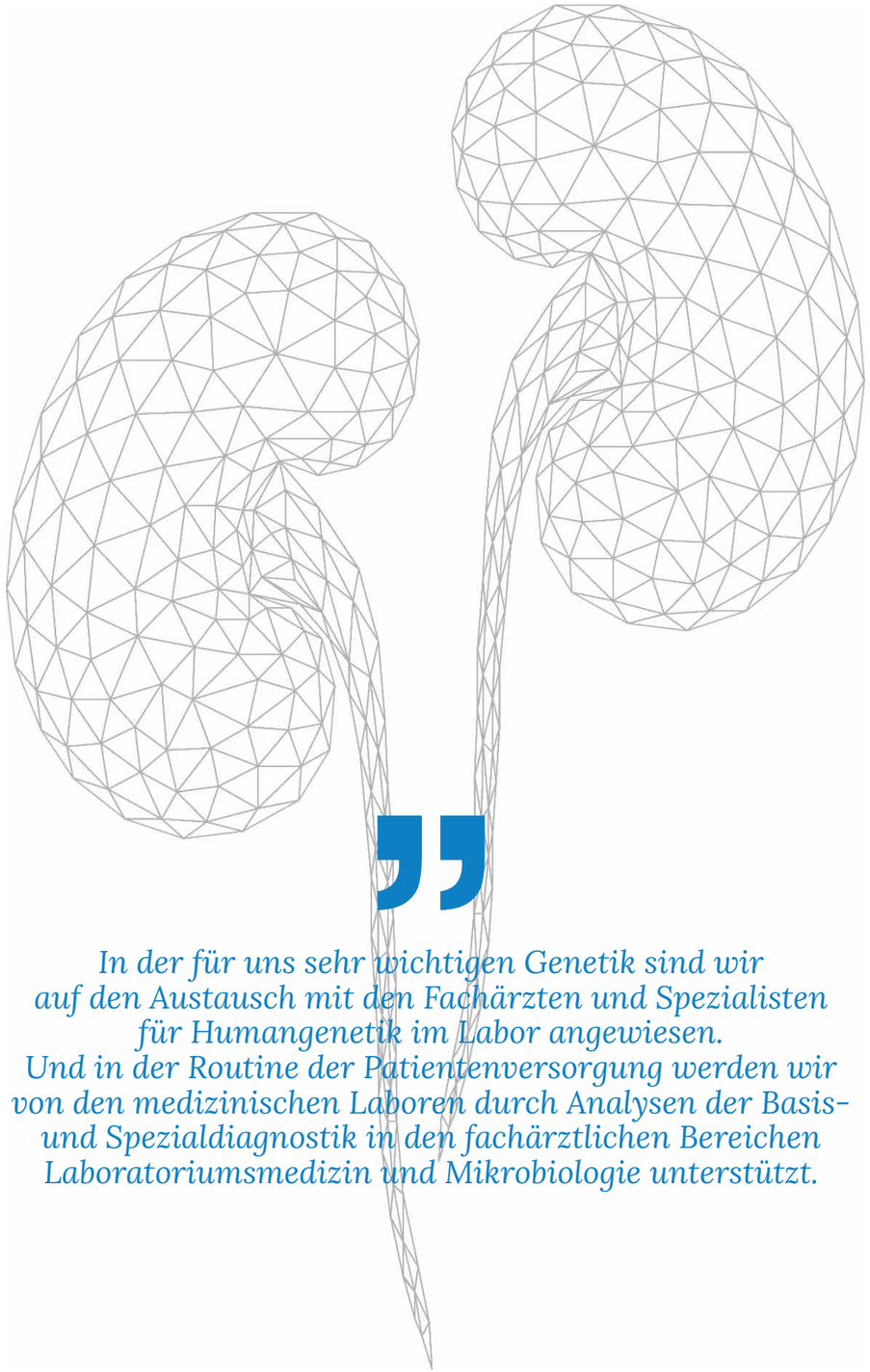
Die Zahl der Menschen mit Nierenerkrankungen steigt altersbedingt weiter an

Nephrologe Markus Meier geht davon aus, dass die Prävalenz für Nierenerkrankungen weiter steigen wird: um bis zu 20 Prozent in den kommenden zehn Jahren. „Die Deutschen werden immer älter. Damit nehmen auch Herzerkrankungen zu, die Diabetes und Bluthochdruck als häufigste Ursachen für Nierenerkrankungen ablösen werden." Wenn Herzerkrankungen auf die Nieren schlagen, sprechen Experten auch vom kardiorenalen Syndrom.

Da viele chronische Nierenerkrankungen über lange Zeit zunächst keine Beschwerden verursachen, wird die Problematik bei vielen Betroffenen im Rahmen von Vorsorgeuntersuchungen entdeckt. Etwa bei der J1-Untersuchung für 12- bis 14-Jährige oder bei den regelmäßigen allgemeinen Vorsorgeuntersuchungen, auf die Versicherte ab 35 Jahren Anspruch haben. Die Patienten gehen dann zur weiteren Abklärung ins Nierenzentrum, überwiesen vom Hausarzt oder Krankenhaus, je nachdem, wo entdeckt worden ist, dass mit den Nieren etwas nicht stimmen könnte. „Unsere erste Aufgabe ist es dann, die genaue Ursache herauszufinden", so Meier. „Und dann müssen wir dafür sorgen, dass die Erkrankung nicht weiter voranschreitet und eine Nierenersatztherapie nicht nötig wird oder zumindest möglichst lange hinausgezögert werden kann."

Diagnose akuter und lebensbedrohlicher Nieren- und Systemerkrankungen

Als Ursache akuter Nierenerkrankungen, zum Teil verbunden mit komplettem Verlust der Nierenfunktion, kommen verschiedene Ursachen infrage. „Besonders



In der für uns sehr wichtigen Genetik sind wir auf den Austausch mit den Fachärzten und Spezialisten für Humangenetik im Labor angewiesen. Und in der Routine der Patientenversorgung werden wir von den medizinischen Laboren durch Analysen der Basis- und Spezialdiagnostik in den fachärztlichen Bereichen Laboratoriumsmedizin und Mikrobiologie unterstützt.

gefürchtet sind hierbei unterschiedliche Autoimmunerkrankungen“, sagt Laborarzt Prof. Jan Kramer. „Diese Erkrankungen können mit ihrem häufig raschen Fortschreiten einen unwiederbringlichen Verlust von Nierenfunktion aufgrund dauerhafter Nierenschädigung mit sich bringen.“ Den Verlust der Nierenfunktion zeigt dabei wieder der Basislaborwert Kreatinin an. Die Suche nach der Ursache für die Autoimmunerkrankung erfolgt wiederum mithilfe der Fachärzte für Laboratoriumsmedizin: „Im Blut suchen wir nach Autoantikörpern. Durch spezifische Parameter lassen sich einige Erkrankungen identifizieren, die dann gezielt und rasch behandelt werden können“, so Prof. Kramer, Ärztlicher Leiter des LADR Zentrallabors Dr. Kramer & Kollegen in Geesthacht bei Hamburg. Das Ausmaß des akuten Nierenschadens wird neben Hinweisen auf den Schweregrad und die Form des Eiweißverlusts im Urin durch mikroskopische Detailuntersuchungen im Labor geklärt. Die Beurteilung der Mikroskopie der Organschnitte erfolgt dabei durch Fachärzte des speziellen Laborfachs Pathologie.

Einige Folgeerkrankungen und Spätkomplikationen von Nierenerkrankungen werden ebenfalls mithilfe der Labordiagnostik gefunden und auch in ihrer Therapie gesteuert. Hierzu zählt die renale Anämie, bei der aufgrund eines Nierenschadens mit mangelnder Produktion des Hormons Erythropoetin (Epo) zu wenig rote Blutkörperchen (Erythrozyten) gebildet werden. Behandelt wird die renale Anämie daher mit Epo, um die Entstehung der roten Blutkörperchen anzuregen. Die Indikation zur Gabe von Epo sowie die Therapiesteuerung erfolgt mittels Basislabordiagnostik. Auch andere Störungen des Stoffwechsels wie die bei Nierenerkrankungen krankhaften Parathormon-Ausschüttungen und deren Auswirkung auf den Kalzium- und Phosphathaushalt sowie andere Elektrolytentgleisungen, zum Beispiel des Kaliums, können nur mittels medizinischer Labordiagnostik erkannt und in der Therapiesteuerung optimiert werden.

Suche nach genetischen Ursachen

Gerade wenn eine Nierenerkrankung schon in jungen Jahren auftritt und augenscheinlich nicht mit altersbedingten Grunderkrankungen in Verbindung steht, kann die Abklärung genetischer Ursachen sinnvoll sein. Dazu zählen zum Beispiel das Alport-Syndrom oder teilweise die sogenannten Zystennieren. „In der für uns sehr wichtigen Genetik sind wir auf den Austausch mit den Fachärzten und Spezialisten für Humangenetik im Labor angewiesen“, so Meier. „Als Nephrologe möchte ich dann wissen, welche genetischen Marker untersucht werden sollten, auch um unnötige Untersuchungen beziehungsweise überflüssige Aufwände zu vermeiden.“

Enge Überwachung der Dialyse mithilfe der Labormedizin

Bei einem endgültigen Ausfall der Nierenfunktion verbleibt die Nierenersatztherapie: an erster Stelle die maschinelle Dialysetherapie – die Hämodialyse (Blutreinigungsverfahren). Für manche Patienten kommt auch die sogenannte Bauchfelldialyse (Peritonealdialyse) infrage. Im Nierenzentrum Reinbek werden außerdem Patienten mit Fettstoffwechselstörungen betreut. Das heißt, sie werden regelmäßig hinsichtlich ihres Risikos für einen Herzinfarkt oder Schlaganfall untersucht. Gegebenenfalls erhalten sie Medikamente oder müssen sich der sogenannten Lipidapherese unterziehen – einem Blutwäscheverfahren, bei dem Cholesterin und Blutfette abgetrennt werden.

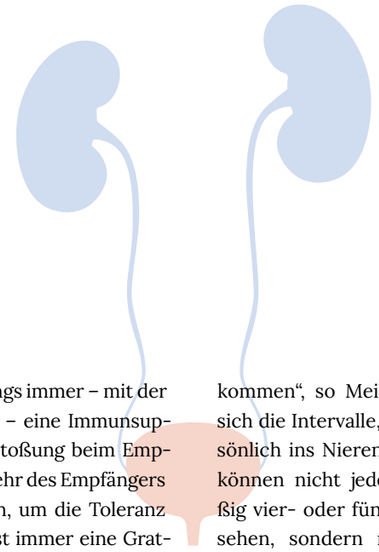
Die Dialyse wird zur Qualitätssicherung engmaschig überwacht: Alle vier Wochen wird direkt in der Dialyse gemessen. „Alle zwölf Wochen führen wir beim Dialysepatienten Vor- und Nachdialysekontrollen durch“, so Prof. Meier. Dabei werden die Effektivität der Dialysebehandlung und bestimmte Hormonwerte gemessen – die Werte wiederum beeinflussen die Medikation der Patienten. „Die Qualität der Entgiftung durch die Dialyse lässt sich nur laborchemisch, also mithilfe des Labors bestimmen“, erklärt Meier.

Labordiagnostik vor und nach einer Nierentransplantation lebenswichtig

Zurzeit werden in Deutschland mehr als 90.000 Menschen dialysiert. Für etwa 15 Prozent der Patienten in der Dialyse kommt ein Spenderorgan grundsätzlich infrage – bis sie eines erhalten, vergehen meist viele Jahre. Umso wichtiger ist es, dafür zu sorgen, dass das Spenderorgan nicht vom Körper des Empfängers abgestoßen wird. Im Rahmen der Testung der Gewebeverträglichkeit zwischen Spender und Empfänger des Organs spielt die Labordiagnostik die entscheidende Rolle: Laborwerte zeigen, ob eine ausreichende Verträglichkeit des Organs für den Spender besteht. Dafür werden die Blutgruppe und zahlreiche andere Gewebemerkmale im Labor in einem „Matching“ überprüft. Dies verhindert sonst auftretende sofortige und akute Abstoßungsreaktionen des Körpers durch das Immunsystem des Empfängers.

Dialysezeit ist Lebenszeit
Für Patientinnen und Patienten mit einer fortgeschrittenen Niereninsuffizienz wird dies zu einem beherzigten Motto. Dreimal pro Woche müssen die Betroffenen zur Blutwäsche für mehrere Stunden an ein Dialysegerät angeschlossen werden. Da gibt es auch keine Ausnahmen. Egal ob es der eigene Geburtstag oder die Feiertage zu Ostern, Pfingsten oder Weihnachten sind, eine Pause gibt es nicht. Auch wenn eine Urlaubsreise geplant ist, müssen die Betroffenen einen Dialyseplatz haben.

Dialysezeit ist Lebenszeit!



Kommt es zu einer Nierentransplantation, muss allerdings immer – mit der Ausnahme der Lebendspende bei eineiigen Zwillingen – eine Immunsuppression zur Verhinderung der chronischen Organabstoßung beim Empfänger durchgeführt werden. Das heißt, die Immunabwehr des Empfängers wird bis zu einem bestimmten Grad heruntergefahren, um die Toleranz gegenüber dem gespendeten Organ zu erhören. Das ist immer eine Gratwanderung: Ist die Immunsuppression zu schwach, wird das Organ vom Immunsystem angegriffen. Ist die Immunsuppression zu stark, drohen dem Empfänger Infektionen durch Bakterien, Viren und Pilze sowie langfristig auch Krebserkrankungen, da das Immunsystem seinen wichtigen Funktionen der Körperabwehr nicht mehr nachkommen kann.

Lebenslanges Monitoring notwendig

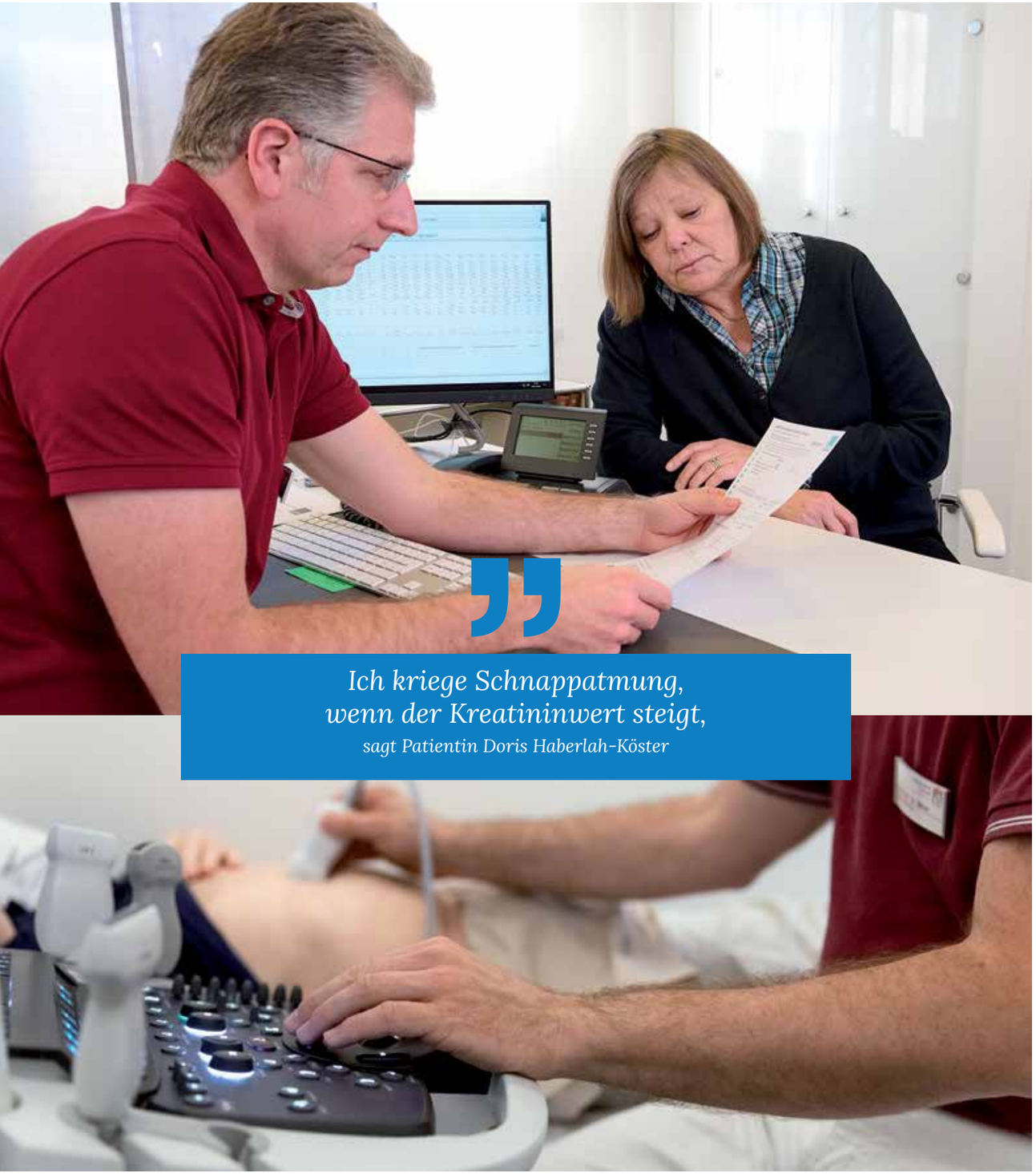
Transplantierte müssen daher regelmäßig mittels Labordiagnostik im Hinblick auf ihren Blutspiegel (Immunsuppressiva) analysiert werden, um eine individuelle Dosisanpassung zu verfolgen. Dieses unverzichtbare lebenslange Therapiemonitoring ermöglicht nachhaltig ein optimales Ergebnis der Transplantation für die Lebensqualität der Patienten. „Um einer Abstoßung des Spenderorgans sicher entgegenwirken zu können, brauchen wir das Labor“, so Prof. Meier.

Bei Infektionen werden Fachärzte für Mikrobiologie und Virologie im Labor zurate gezogen

Immunsupprimierte Patienten sind vergleichsweise anfällig für Infektionen. Sollten bei Transplantationspatienten im Rahmen der Immunsuppression Infektionen auftreten, ist die Labordiagnostik in der Erregeridentifikation durch entsprechend qualifizierte Laborfachärzte der einzige Weg einer gezielten Therapie. „Da ist auch der persönliche Kontakt zwischen behandelndem Arzt und den Kollegen im Labor wichtig, sodass wir zum Beispiel die Behandlung mit bestimmten Antibiotika abstimmen können“, erläutert Meier. Die Grundlage dafür legt das Labor durch Resistenztestungen der Erreger, wodurch ein zielgerichteter, effektiver Antibiotikaeinsatz erst möglich wird. Dies rettet den Betroffenen regelmäßig das Leben.

Durchschnittlich rund 1000 Patienten betreut ein Nierenzentrum wie das von Prof. Markus Meier. „Wir merken, dass wir an Kapazitätsgrenzen kommen“, so Meier. Dadurch verlängern sich die Intervalle, in denen Patienten persönlich ins Nierenzentrum kommen. „Wir können nicht jeden Patienten turnusmäßig vier- oder fünfmal im Jahr persönlich sehen, sondern müssen immer stärker nach Dringlichkeit priorisieren. Also lassen wir deren Werte einmal im Quartal im Labor untersuchen, besprechen die Befunde telefonisch mit den Patienten, und wenn dann noch etwas fraglich oder gar kritisch sein sollte, bestellen wir die Betroffenen zu weiteren Untersuchungen ein.“

Um Laborbefunde richtig zu interpretieren, ist oft eine gemeinsame Einordnung durch behandelnde Ärzte und deren Kollegen im Labor notwendig. Das gilt nicht nur, aber in besonderem Maße auch für die Nephrologie. „Hinter den Werten können manchmal unterschiedliche Ursachen stehen. Wir müssen daher Laborergebnisse und das Bild zusammenbringen, das wir als behandelnde Ärzte von unseren Patienten haben“, erklärt Markus Meier. Daraus ergeben sich dann die nächsten Schritte, zum Beispiel bestimmte weitere Untersuchungen, um die Ursachen einzugrenzen. Auch weil die Behandlung von Menschen mit Nierenerkrankungen sehr kostspielig sein kann, müsse man sichergehen, die richtigen Entscheidungen zu treffen, so Meier. „Die Labormedizin und der wichtige kollegiale Austausch mit den Laborärzten liefern uns dafür eine wichtige Grundlage.“



Ich kriege Schnappatmung, wenn der Kreatininwert steigt,
sagt Patientin Doris Haberlah-Köster

Ein Fall für (mindestens) zwei

Für Menschen mit schweren Nierenerkrankungen ist die gute Zusammenarbeit ihrer behandelnden Ärzte mit den Fachärzten für Laboratoriumsmedizin besonders wichtig.

Sven Appel

Hinter jeder medizinischen Laborprobe steht ein Mensch. Die Geschichte von Doris Haberlah-Köster zeigt eindrucksvoll, wie wichtig die Laboratoriumsmedizin für die Patientenversorgung ist.

Sie jammert nicht. Aber an diesem kalten Tag im Januar sind Doris Haberlah-Köster ihre Sorgen hin und wieder anzumerken. „Meine Werte sind gerade nicht so berauschend“, sagt die 61-Jährige, die gemeinsam mit ihrem Mann in Geesthacht bei Hamburg lebt. Ihr Blutzuckerspiegel wird automatisch mithilfe eines Sensors gemessen, den Doris Haberlah-Köster am Oberarm trägt. Außerdem muss sie alle vier bis sechs Wochen zur Blutabnahme. Das LADR Zentrallabor Dr. Kramer & Kollegen liegt in der Nachbarschaft. Dort haben die Fachärzt:innen für Laboratoriumsmedizin gemeinsam mit dem betreuenden Facharzt für Nephrologie auch einen Blick auf jene Parameter, die Aufschluss über Doris Haberlah-Kösters Nierenfunktion geben: den Kreatininwert zum Beispiel.

„Ich kriege Schnappatmung, wenn der Kreatininwert steigt“, so die Patientin. Wird das Stoffwechselprodukt Kreatinin in erhöhter Konzentration im Blut gefunden, kann das auf eine eingeschränkte Nierenfunktion hinweisen. Für Doris Haberlah-Köster ist so eine Situation beängstigend, denn sie weiß aus eigener Erfahrung, was es heißt, wenn die Nieren nicht mehr richtig „arbeiten“. Sie war fünf Jahre alt und damals noch eine „Hamburger Deern“, als ihrer Mutter auffiel, dass mit ihrer „Lütten“ etwas nicht stimmt. Die kleine Doris hatte einen fast unbändigen Durst. Die Diagnose: Diabetes Typ 1. „Mutter stand da und heulte, weil sie dachte, ich dürfte nie wieder Kartoffeln essen. Über die Krankheit und das Leben damit war damals eben noch nicht so viel bekannt.“

Der Kreatininspiegel liegt beim gesunden Menschen zwischen

0,6

und

1,4

Milligramm
pro Deziliter Serum

Für Kinder gelten andere Werte

Bestimmung des Blutzuckerspiegels war früher nur im Labor möglich

Unmittelbar nach der Diagnose auf Basis der Laborwerte folgten mehrere Wochen im Krankenhaus inklusive etlicher Infusionen, an die sich Doris Haberlah-Köster auch nach über 50 Jahren noch erinnert: „Ich habe die Station zusammengeschrien, weil ich nicht wusste, ob ich meinen Arm mit der damals noch verwendeten Stahlkanüle darin bewegen durfte.“ Nach dem Krankenhausaufenthalt sei es ihr aber gut gegangen. Sie habe sich von Anfang an selbst die Insulinspritzen geben können. Doch Blutzucker-Messgeräte, wie sie

heute von vielen Menschen mit Diabetes zur eigenständigen Bestimmung der Blutzuckerwerte verwendet werden, gab es damals noch nicht. Stattdessen ging das junge Mädchen, das mit seinen Eltern mittlerweile nach Geesthacht gezogen war, regelmäßig ins Labor vor Ort, um dann mehrmals täglich Messungen vornehmen zu lassen, sodass in einem Tagesprofil der Verlauf der Blutzuckerkonzentration im Blut bestimmt werden konnte: eine wichtige Voraussetzung, um die Dosierung der Insulinspritzen auf den tatsächlichen Bedarf abzustimmen zu können.

„Außerdem hat sich meine Mutter über die Krankheit schlau gemacht und entsprechend auf meine Ernährung geachtet. So haben wir die ersten Jahre gut überstanden“, sagt Doris Haberlah-Köster. Sie war ein sportbegeistertes Mädchen, betrieb Leistungsturnen und ging zum Schwimmen. „Ich war ein ganz normales Kind.“ Doch alle Für- und Vorsorge konnte nicht verhindern, dass der Diabetes auf Dauer ihre Nieren nach und nach immer mehr schädigte. „Ich war mit zwölf Jahren sieben Wochen im Krankenhaus. Da hieß es schon, ich müsse später bestimmt einmal an die Dialyse. Mit dem Wort Dialyse konnte ich damals natürlich noch nichts anfangen.“

Als junge Mutter an die Dialyse

Die Krankheit gewährte ihren Nieren noch einige Jahre Aufschub. Doch als sie 25 Jahre alt und mit ihrer Tochter schwanger war, seien die Nierenwerte schon sehr schlecht gewesen, so Doris Haberlah-Köster. „Mit 28 musste ich dann an die Dialyse. Zweimal zwei Stunden in der Woche.“ Vergleichsweise schnell bekam die junge Mutter eine Spenderniere. Lediglich acht Jahre habe diese Niere gehalten. Es folgten weitere acht Jahre Dialyse, erst dreimal vier Stunden dann dreimal fünf Stunden die Woche – lebenswichtig, aber eine Anstrengung für Körper und Seele. „Man baut unheimlich schnell ab. Anfangs konnte ich noch mit dem Fahrrad fahren, später nicht mehr.“ Auch an ein geregeltes Berufsleben war da schon nicht mehr zu denken. Doris Haberlah-Köster wurde frühverrentet.

Diabetes mellitus

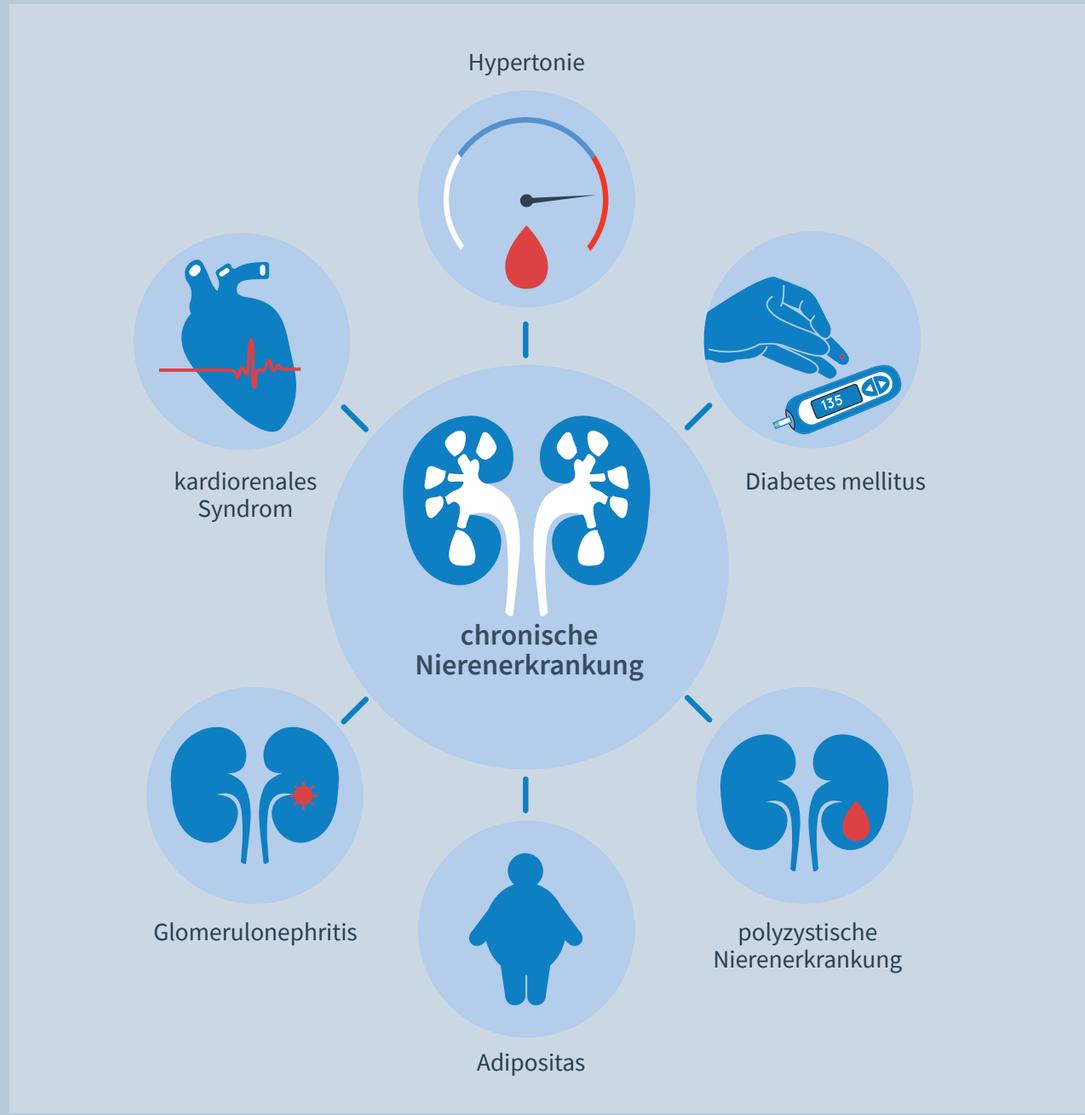
Typ 1

auch Zuckerkrankheit genannt – bezeichnet eine Stoffwechselkrankheit

Labordiagnostik liefert die Grundlage zum Erhalt des Spenderorgans

2006 hat Doris Haberlah-Köster erneut eine Spenderniere bekommen. Die hält bis heute. Damit ihre körpereigene Immunabwehr das Spenderorgan nicht abstößt, muss die Immunabwehr mithilfe von Medikamenten bis zu einem bestimmten Grad heruntergefahren werden. Damit diese ständige Gratwanderung gelingt, messen die Fachärzt:innen im Labor regelmäßig den Spiegel der Immunsuppressiva im Blut von Doris Haberlah-Köster. So kann die Dosis der Immunsuppressiva individuell von ihrem behandelnden Arzt angepasst werden. Bei einem zu hohen Blutspiegel des Immunsuppressivums würden Infektionen das Leben der Patientin bedrohen, bei zu niedriger Dosierung droht eine Abstoßung des Transplantats. Mithilfe der Labormedizin wird diese Situation zum Glück jeweils vermieden.

Doris Haberlah-Köster ist dankbar: Die gespendete Niere hat ihr eine Lebensqualität ermöglicht, die sie als Dialysepatientin nicht hätte erreichen können. Sie kann wieder längere Strecken mit dem Fahrrad zurücklegen (ohne E-Unterstützung), sie ist im Chor aktiv und hat in den Jahren vor Corona so manche Fernreise unternommen, zum Beispiel zu ihrem Neffen in die Karibik. „Ich würde jetzt gerne wieder eine weite Reise machen. Aber ich traue mich nicht, weil mir beim Fliegen übel wird.“ Das hat zwar nicht ursächlich mit ihrer Erkrankung zu tun, sondern sei einfach immer schon so gewesen. Hält die Übelkeit jedoch zu lange an, kann sie ihre Medikamente nicht einnehmen. Trotzdem: Doris Haberlah-Köster jammert nicht.



Diabetes mellitus Typ 1

Bei dieser Stoffwechselerkrankung produziert die Bauchspeicheldrüse das lebenswichtige Hormon Insulin nicht oder nur in unzureichender Menge. Insulin reguliert wichtige Körperfunktionen. Unter anderem sorgt es dafür, dass über die Nahrung aufgenommener Zucker in die Körperzellen transportiert und dort in Energie umgewandelt wird.

Menschen mit Diabetes Typ 1 müssen daher täglich Insulin spritzen, um zu starke Schwankungen des Blutzuckerspiegels beziehungsweise Unter- und Überzuckerung zu vermeiden.

Ranga Yogeshwar auf der Fokusveranstaltung des ALM e. V.

Ich glaube, dass wir als Patienten immer den Arzt als Interface brauchen

Ranga Yogeshwar zählt zu den führenden Wissenschaftsjournalisten Deutschlands. Er studierte Experimentelle Elementarteilchenphysik und Astrophysik und arbeitete am Schweizer Institut für Nuklearforschung (SIN), am CERN in Genf und am Forschungszentrum Jülich. Bekannt ist er aus zahlreichen TV-Sendungen und Talkshows. Seine Bücher sind Bestseller und wurden in zahlreiche Sprachen übersetzt. Als Keynote-Speaker auf der Fokusveranstaltung des ALM e. V. am 21. November 2022 im Hamburger Bahnhof – Nationalgalerie der Gegenwart, Berlin sprach er über die Auswirkungen des medizinisch-technologischen Fortschritts auf unsere Gesellschaft und die Diagnostik.

Das Interview führte Patricia Jaecklin

Wir befinden uns in der Nationalgalerie der Gegenwart anlässlich der Fokusveranstaltung 2022 des ALM e. V. Wie würden Sie heute beschreiben, was in der Diagnostik als Nächstes passiert?

***Ranga Yogeshwar**: Was man sehr deutlich sieht, ist, dass wir in einer Zeit der Veränderung leben. Und diese Veränderung setzt sich fort! Wir haben Technologien, die sich verändern, die ständig im Wandel sind. Ein einfaches Beispiel sind die PCR-Tests, die seit der Coronapandemie den meisten Menschen ein Begriff sind. Die Polymerase-Kettenreaktion wurde von Kary Mullis in den 1980ern erfunden und patentiert. Sie ist heute eine Standardtechnik, was zeigt, wie schnell eine Technologie ins Labor und in den Alltag hineinkommt.*

Diese Schnelligkeit werden wir in den nächsten Jahren noch viel stärker in allen Bereichen erleben, die von Digitalisierung geprägt sind. Es gibt immer mehr Maschinen, die in der Lage sind, komplexe Prozesse autonom zu durchlaufen. Solche Roboter sind nur möglich durch leistungsfähige Computerchips, durch eine immer bessere Software, zum Teil durch den Einsatz von KI-Algorithmen, wobei Letztere in vielen Bereichen eine immer wichtigere Rolle spielen.

Wir kommen insgesamt in eine Phase, die geprägt ist von immer besserer Technik, die uns beständig neue, immer komplexere Möglichkeiten eröffnet. In einigen Bereichen wird es zur Miniaturisierung kommen: Ein großer Laborapparat schrumpft plötzlich auf Chipgröße. Dadurch können ehemals sehr teure Untersuchungen erheblich kostengünstiger werden.

Was sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Trends in der Diagnostik?

Ein großer Trend mit dem Potenzial, enorme Fortschritte in der Medizin zu ermöglichen, zeichnet sich im Bereich der Bild- und Mustererkennung ab. So können KI-Algorithmen zum Beispiel auf Bildern Hautkrebs erkennen – das funktioniert schon ziemlich gut. Wir werden außerdem sehen, dass viele Tests, wie eine Blutuntersuchung, neben der spezifischen Suche automatisch sehr viel breiter analysieren werden, im Sinne eines Screenings, bei dem viele Daten erfasst werden. Langfristig gesehen werden wir im Bereich der Diagnostik nicht mehr nur „nasse Werte“, also Blut, Urin usw., untersuchen. Auch daran, wie ein Mensch geht, an seiner Stimme und seinem Aktivitätsmuster lässt sich einiges ablesen. Max Little vom MIT – inzwischen arbeitet er in Birmingham – forscht zum Beispiel daran, anhand der Stimme zu evaluieren, ob eine Person an Parkinson erkrankt ist.

KI-Algorithmen können außerdem an Abweichungen in Bewegungsmustern beim Gehen Hinweise auf neurologische Erkrankungen erkennen, und man ahnt gar nicht, was man über Gesichtserkennung ablesen kann: Hat eine Person ein Alkoholproblem, ist sie möglicherweise depressiv? Sogar genetische Krankheiten können erkannt werden. Wir kommen also dahin, dass Daten, die bisher in der Labormedizin keine Rolle gespielt haben, plötzlich anfangen, eine sehr wichtige Rolle in der Diagnostik zu spielen.

Was bedeuten diese Veränderungen für uns als Patienten?

Nie waren Patienten, wenn sie zum Arzt kommen, so gut informiert wie heute, denn sie haben Wissen – manchmal auch ein gewisses Halbwissen – aus dem Internet. In den nächsten Jahren werden außerdem immer mehr Patienten beginnen, sich zu Hause mithilfe von Apps selbst zu diagnostizieren. In der Folge wird es auch Ängste geben und Verunsicherung. Ich möchte nicht wissen, wie viele Menschen panisch werden, weil sie irgendeine scheinbare Veränderung an sich entdeckt haben, denn es ist schwierig, die Daten und Informationen richtig einzuordnen.

Worin sehen Sie die Rolle der Labore, wenn Patienten fragen: Was ist wichtiger und richtiger – das Ergebnis des Labors oder das, was die App mir jeden Tag sagt?

Die Labore werden damit konfrontiert werden. Denn wenn es darum geht, die Daten aus der App zu verifizieren, also einer ärztlichen Prüfung zu unterziehen, dann sind die Labore dran. Insofern wird es einen neuen Zustrom geben und eine Konfrontation mit Apps, die manchmal gut sind und manchmal vielleicht nicht.

Aus der Pandemie kennen wir die Antigen-Schnelltests, die man zu Hause machen kann. Das ist aber nur eine erste Stufe, denn wir wissen alle, dass die Sensitivität

Dr. Michael Müller, 1. Vorsitzender des ALM e. V.

und die Spezifität dieser Tests nicht so gut ist wie die der PCR-Tests, die in den Laboren durchgeführt werden. Im Labor können wir außerdem nicht nur sicher feststellen, ob die Person positiv oder negativ ist, sondern darüber hinaus eine genetische Typisierung des Virus machen, und wir haben gelernt, wie wichtig diese Einordnung ist.

Zusammenfassend kann man sagen: Es wird immer ein Wechselspiel sein zwischen einem ersten Hinweis – sei es durch einen Selbsttest oder die Information aus der App – und einer anschließenden Validierung, wenn notwendig, im Labor.

Welche Aspekte in der Labormedizin werden sich in den nächsten Jahren am dramatischsten verändern?

Die Diagnostik heute wird auf einen konkreten Verdacht hin angesetzt. Zukünftig wird uns die Diagnostik möglicherweise sehr viel mehr Antworten geben, als wir Fragen gestellt haben. Nehmen wir eine einfache Blutuntersuchung: Vermutlich werden wir in einigen Jahren in der Lage sein – aufgrund weiterentwickelter Technologie und der Tatsache, dass unsere Maschinen selektiver, kompakter und vielfältiger sind –, sehr viel mehr aus einem Tropfen Blut herauszulesen, als wir es heute tun. Möglicherweise kommen wir in eine neue Phase des Screenings, in der Labore machen, was kein Laie kann: einen diagnostischen Rundumblick mit vielen Facetten.

Führt uns das zu einer immer stärker individualisierten Diagnostik?

In den nächsten Jahren werden wir immer besser verstehen, dass eine Therapie bei einem Menschen funktioniert und bei einem anderen nicht. Wenn wir den Beipackzettel eines Medikaments betrachten, dann stellen wir fest, dass, getreu dem alten Bild der Medizin, differenziert wird zwischen Alter und vielleicht noch Körpergewicht. Wir lernen jedoch, wie unterschiedlich allein schon Männer und Frauen medizinisch gesehen sind. Es gibt viele klinische Studien, in denen das sehr genau untersucht wurde.

Ich glaube, das wird in den nächsten Jahren ohnehin ein Trend sein, nicht nur in der Labormedizin, sondern in der Medizin im Ganzen: sehr viel genauer hinzugucken, möglicherweise auch spezifisch für die Person.

In der Coronapandemie haben wir erlebt, wie skeptisch manche Menschen neuartigen Technologien in der Medizin gegenüberstehen.

Wenn Sie heute einen Impfstoff haben, dann fragt der medizinische Insider: Wie ist die Wirksamkeit dieses Impfstoffes? Mindestens genauso wichtig jedoch ist die Frage: Wie ist die Akzeptanz? Obwohl wir in der besten Zeit leben, was die Entwicklung von Impfstoffen und Therapien angeht, erleben wir, dass es zumindest einen Teil der Bevölkerung gibt, die diese aus den verschiedensten Gründen ablehnen. Es wird in den kommenden Jahren eine große Herausforderung sein, die Menschen mitzunehmen. Sonst kämen wir irgendwann in die absurde Situation, dass wir eine hervorragende Medizin haben, die aber von vielen Menschen nicht akzeptiert wird.

Wir müssen lernen, dass die Vermittlung auch dazugehört. Interessanterweise investieren wir zu wenig Geld, zu wenig Reflexion in diesen Bereich. Da sehen wir vielleicht ein bisschen zu viel in die Reagenzgläser und zu wenig in die Augen unserer Patienten.

Bewegt sich die Labormedizin ihm Zuge der technischen Entwicklung näher hin zum Patienten oder weiter weg?

Labormedizin ist im Grunde eine Domäne, die global funktionieren kann und in einigen Ländern oder Regionen wünschenswerterweise global funktionieren sollte, zum Beispiel dann, wenn ein Labor nicht vor Ort ist. Das ist ein großer Fortschritt.

Röntgenbilder können Sie beispielsweise heute hochladen und virtuell irgendwo weit weg mithilfe von KI und Machine Learning interpretieren lassen. Sie bekommen ein Ergebnis zurück. Aber der entscheidende Punkt ist: Der Arzt setzt sich dann vor Ort mit dem Patienten zusammen und bespricht mit ihm das Ergebnis. Ich glaube, dass wir als Patienten immer einen Menschen, nämlich den Arzt, als Interface brauchen, und die Frage nach möglichen Therapien obliegt am Ende ohnehin dem Arzt.

Herr Yogeshwar, vielen Dank für das spannende Gespräch.

Medizin »Made in Germany«

Gute Medizin braucht verlässliche und stabile Rahmenbedingungen – mit einer starken und ambulanten Versorgung!

Mit dem Abklingen der Pandemie und dem damit verbundenen veränderten Fokus gesundheitspolitischer Entscheidungen offenbart sich das primär ideologische und nur nachrangig medizinisch ausgerichtete Fundament der aktuellen Gesundheitspolitik.

Zunächst wird mit Blick auf das DRG-System behauptet, Ärztinnen und Ärzte in den Krankenhäusern hätten in den letzten zehn Jahren Hamsterradmedizin betrieben, und das noch zu schlechter Qualität, will heißen: Indikationsstellung zugunsten des Profits des Arbeitgebers ohne Motivation für ein gutes Behandlungsergebnis und ohne Empathie für die Patientinnen und Patienten. Was für eine absurde Behauptung, die weder mit Zahlen, Daten und Fakten noch ein wenig Evidenz untermauert wird. Kurz darauf wird jungen Ärztinnen und Ärzten unterstellt, im Angestelltenverhältnis in Praxisketten von Promiärzten ebenso Hamsterradmedizin mit unnützen Behandlungen in schlechter Qualität zu betreiben.

Gleichzeitig wird deutlich, dass man gesundheitspolitisch und „zur Verbesserung der Versorgung“ nun nahezu allein auf die Krankenhäuser setzt, diese finanziell unterstützt und ihnen zudem die Möglichkeiten der ambulanten Versorgung eröffnet. Parallel sollen bis zu 1000 Gesundheitskioske in sozialen Brennpunkten die ärztliche Versorgung entlasten.

Dr. Michael Müller, 1. Vorsitzender des ALM e. V.

Es erscheint umso wichtiger, dass wir Ärztinnen und Ärzte deutlich machen, dass gute Medizin nur in einer ärztlichen Gesamtverantwortung stattfinden kann. Alle anderen Angebote zur Unterstützung von Patientinnen und Patienten oder Gesunden sollten keine arztersetzenden Maßnahmen beziehungsweise Leistungen enthalten.

Zudem wird erforderlich sein, auf die in jeder Hinsicht notwendige Priorisierung ambulanter Versorgung gegenüber der stationären Versorgung hinzuweisen. Eine „Ambulantisierung der Versorgung“ allein oder im Kern vom Krankenhausmanagement zu denken und zu gestalten, kann nicht sachgerecht und zielführend sein. Optionen und Chancen der Entwicklung sind sektorenübergreifend und –verbindend fairer zu entwickeln.

In dieser komplexen Debatte um eine bestmögliche medizinische Versorgung bleibt von zentraler Bedeutung, dass sich die Ärztinnen und Ärzte als Berufsgruppe nicht auseinanderdividieren lassen, egal ob sie in einem Angestelltenarbeitsverhältnis oder selbstständig arbeitend, ob in ambulanter oder stationärer Versorgung tätig

sind. Das braucht Mut, Vertrauen und Zuversicht bei den gewählten Vertreterinnen und Vertretern und deren Unterstützung aus der Ärzteschaft heraus.

Erfolgsfaktoren für die hohe Anerkennung der Medizin „Made in Germany“ sind die gesetzlich verankerte (fach)ärztliche Verantwortung für die Inhalte und Abläufe in der Diagnostik und Behandlung, ein flächendeckender, ausreichender Zugang zu stationärer und insbesondere ambulanter Versorgung sowie eine vielfältige Trägerstruktur in den Einrichtungen des Gesundheitswesens.

Dies gilt über alle medizinischen Disziplinen hinweg – und ganz besonders für den Bereich der Laboratoriumsmedizin, die als „Konditionalfach“ in der medizinischen Versorgung bei Prävention wie auch Diagnostik eine wichtige Rolle spielt, insbesondere bei „maßgeschneiderten Therapien“ in der individualisierten Medizin. Das gilt es in der Zukunft zu erhalten und mit Blick auf künftige Herausforderungen einer qualitativ möglichst guten ambulanten wie stationären Versorgung der Bevölkerung weiter zu verbessern.

Eine gute Patientenversorgung braucht leistungsfähige fachärztliche Labore:

Wertschätzung

Die Versorgung von Patientinnen und Patienten mit labormedizinischen (fach)ärztlichen Leistungen ist eine wichtige Voraussetzung einer bedarfsgerechten Gesundheitsversorgung. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Fachärztinnen und Fachärzte im Labor mit ihren ärztlichen Kolleginnen und Kollegen in den Praxen und Kliniken sorgt für eine stets aktuelle und an die Entwicklung der Medizin angepasste Indikationsstellung und die Auswahl der richtigen diagnostischen Strategie und Therapie.

Die Labordiagnostik ist bei nahezu jedem zweiten Arzt-Patienten-Kontakt für das weitere therapeutische Handeln relevant. In der COVID-19-Pandemie wurde deutlich, dass die Laboratoriumsmedizin als zentraler Bestandteil aller Pandemiepläne eine wichtige Rolle einnimmt.

Stabile und verlässliche Rahmenbedingungen

Die unmittelbaren Erfahrungen aus der Pandemie und der dynamischen Entwicklung der diagnostischen Medizin in Richtung „companion diagnostics“ und „individualisierte Therapiesteuerung“ belegen die Notwendigkeit einer ärztlichen Labordiagnostik. Die etablierten fachärztlichen Strukturen sind für einen barrierearmen Zugang zu fachärztlichen Laborleistungen zu erhalten und weiterzuentwickeln, denn sie sichern die wohnortnahe und patientenorientierte Versorgung.

Die vielfältige Struktur von fachärztlichen Laboren in Form von Berufsausübungsgemeinschaften, Medizinischen Versorgungszentren (MVZ), regionalen Verbundstrukturen bis hin zu überregional tätigen Unternehmen sichert in vielfältiger Trägerschaft diese Versorgung auf international anerkanntem hohem Qualitätsniveau. Sowohl die in den Laboren gelebte Freiberuflichkeit der ärztlichen Tätigkeit und die ärztliche Gesamtverantwortung für die Medizin als auch die Interdisziplinarität gilt es nachhaltig zu stärken. Die Labormedizin trägt dazu bei, Ressourcen im Gesundheitswesen zu schonen und Labordiagnostik bedarfsgerecht für die Versorgung bereitzustellen. Dabei begründen eine detaillierte flächendeckende Probentransportlogistik und der professionelle Einsatz digitaler Instrumente auch in strukturschwachen Regionen Qualität und Sicherheit für eine patientenorientierte Versorgung. Ja, noch mehr: In Zeiten der Pandemie hat sich bewiesen, wie wichtig das flächendeckende Netz fachärztlich geführter Labore ist – effektiv, effizient und erfolgreich im Sinne der bestmöglichen Versorgung.

Diese modernen fachärztlichen Strukturen gilt es zu erhalten und noch weiter zu stärken. Eine schnelle und präzise Diagnostik ermöglicht die unverzügliche Entscheidung für eine bedarfsgerechte Therapie für die Patientinnen und Patienten. Zur notwendigen Verlässlichkeit der Rahmenbedingungen gehört auch die Planbarkeit der Ressourcen, Kostenerstattungen und Honorare für die Ärzteschaft. Dabei ist darauf zu achten, dass die Beschlüsse zur Finanzierung der ärztlichen Leistungen sowie der Kostenerstattungen auf der Grundlage betriebswirtschaftlicher Kalkulationen transparent und nachvollziehbar getroffen werden. Die Ausgestaltung der Finanzierung der Patientenversorgung ist frei von Budgets am medizinischen Bedarf auszurichten und hat dabei auch die bestehenden gesetzlichen Anforderungen an fachärztliche Labore als kritische Infrastrukturen zu berücksichtigen.
Qualitätsindikatoren für die Leistungserbringung können dabei Orientierungspunkte sein. In der fachärztlichen Labordiagnostik sind bereits seit langer Zeit umfassende Qualitätssicherungsmaßnahmen gesetzlich etabliert. Die Reform der Gebührenordnung für Ärzte mit sach- und leistungsgerechten Honoraren für die ärztliche Laboratoriumsmedizin ist abzuschließen.

Erhalt der diagnostischen Fachgebiete als fachärztliche Profession

Die medizinische Versorgung ist in erster Linie interdisziplinär ausgerichtet und wird durch Haus- und Fachärztinnen und -ärzte in Klinik und Praxis verantwortet, in allen ärztlichen Fachgebieten unter Einschluss der diagnostischen Medizin. Der in der Pandemie erleichterte Zugang zur Leistungserbringung auch für nicht fachärztliche Leistungserbringer durch Aufhebung des Arztvorbehaltes im Infektionsschutzgesetz hat gezeigt, dass dies zulasten der Qualität gehen kann. Diagnostische Medizin mit und aus dem Labor heraus ist eine Grundvoraussetzung für eine gute Medizin, die in (fach)ärztlicher Gesamtverantwortung zu einer hohen Qualität und Sicherheit in der Versorgung der Bevölkerung beiträgt. Deshalb ist die universitäre Aus- und Weiterbildung labormedizinischer Fachkräfte in den verschiedenen ärztlich-diagnostischen Fachgebieten auch in Zukunft von besonderer Bedeutung. Die fachärztliche Labordiagnostik hat den Stellenwert eines Konditionalfachs in der Medizin.

Ausbildung nicht ärztlicher Fachkräfte

Eine moderne Medizin ist nur möglich im Zusammenspiel der für die medizinische Versorgung arbeitenden Fachkräfte. Die Reform des MTA-Gesetzes ist ein wichtiger Baustein in der Stärkung der Attraktivität der Assistenzberufe in der Medizin. Der Bedarf an nicht ärztlichen Fachkräften für die sich dynamisch entwickelnde diagnostische Medizin erfordert attraktive Ausbildungs- und Beschäftigungsmöglichkeiten mit herausfordernden Entwicklungsmöglichkeiten für die junge Generation. Hierzu gehört auch die Förderung der Durchlässigkeit der verschiedenen medizinnahen Assistenzberufe. Vor dem Hintergrund der fortschreitenden Automatisierung einiger Methoden ist eine Überprüfung der entsprechenden Qualifikationen für spezifische Tätigkeiten notwendig. Das kann durch entsprechende Finanzierung und Förderung der hierzu erforderlichen Aus- und Weiterbildungseinrichtungen auf Landes- und Bundesebene gelingen.

Digitalisierung

Die COVID-19-Pandemie hat den noch erheblichen Nachhol- und Verbesserungsbedarf in der Digitalisierung des Gesundheitswesens durch Verbesserung der Interoperabilität, Standardisierung von Datenstrukturen und Datenkommunikation, Ausbau von Datennetzen mit hoher Datenübertragungsrate und besonderer Datensicherheit zum Schutz vor externen Angriffen und einem ausgewogenen Datenschutz offengelegt. Die fachärztlichen Labore sind in der Patientenversorgung Vorreiter in der Entwicklung, Etablierung und auch Unterstützung von digitalisierter Kommunikation zwischen ihnen und Arztpraxen, Krankenhäusern und weiteren Einrichtungen im Gesundheitswesen. Die bereits initiierten Projekte und Entwicklungen sind rasch voranzutreiben und auf der Grundlage gemachter Erfahrungen weiter zu verbessern.

Wie ein kleines Wunder

Die alltägliche Reise einer Blutprobe vom Patienten ins Labor

Sven Appel

Für einen großen Teil der medizinischen Laboruntersuchungen bildet Blut die Grundlage. Und so sind wohl die meisten Menschen schon einmal in den „Genuss" gekommen, sich Blut abnehmen zu lassen. Aber was nach dem kleinen Pikser mit der eigenen Blutprobe passiert, wissen wohl die wenigsten. Wir zeigen Ihnen in diesem Beitrag die „Reise der Röhrchen", wie sie so oder ähnlich in Deutschland mit großem logistischem und technischem Aufwand täglich Hunderttausende Male stattfindet. In unserem Fall startet die Reise an einem Donnerstagmorgen im Januar 2023 in der Praxis an der Mühle in Nebel auf der Nordseeinsel Amrum.

08:00 Uhr

Blutentnahme

Um kurz nach 08:00 Uhr nimmt Mara Jensen, Auszubildende zur MFA, eine Blutprobe von Caroline Schult. Sie ist die erste von fünf Patient*innen, die an diesem Morgen zur Blutabnahme in die Praxis an der Mühle von Inselärztin Dr. Claudia Derichs kommen.

08:07 Uhr

Barcode aufkleben

Damit nichts verloren geht: Mara Jensen versieht jedes Röhrchen der Patientin und den dazugehörigen Anforderungsbogen für das Labor mit einem identischen Barcodeaufkleber. Parallel wird die Laboranforderung „Order Entry“ mit den administrativen Patientendaten digital ins Labor übertragen. Trifft die Blutprobe im Labor ein, lesen die Labormitarbeiter die Barcodes ein. So stellen sie sicher, dass Laborauftrag, Blutprobe und schließlich der Befund einer Patientin oder eines Patienten tatsächlich zusammengehören.

08:23 Uhr

Verpacken der Proben für den Transport

Ist die Blutabnahme abgeschlossen, werden die Proben zusammen mit dem Anforderungsschein für den sicheren Transport in das Labor aus hygienischen Gründen und gemäß der geltenden Transportnorm zunächst in einen speziellen Beutel gelegt. In einigen Regionen ermöglicht eine innovative Transportbox bereits den Verzicht auf die Plastikbeutel (https://www.ladr.de/fuer-aerztinnen/leistungen/laborprobentransport).

08:57 Uhr

Übergabe an den Kurier

Auf Amrum selbst wird der Transport von einem Kurier übernommen. Hier nimmt Jens Petersen den Beutel mit den Proben von Angelika Dohrmann, Medizinische Fachangestellte in der Praxis an der Mühle, entgegen.

09:04 Uhr

Das bisschen „Schietwetter“ macht dem ehemaligen Kapitän und Vormann eines Seenotrettungskreuzers nun wirklich nichts aus. Mit seinem Taxi bringt er den speziellen Probentransportbehälter zum Fähranleger in Wittdün.

09:28 Uhr

Übergabe an der Fähre in Wittdün auf Amrum

Kurz vor halb zehn an der Fähre: Keine Zeit für „Klönschnack“ – jetzt muss die kostbare und sicher verschlossene Fracht über die Nordsee ans Festland.

Thorsten Lange nimmt die Proben der Inselärztin entgegen und schickt leere Behälter für den Transport am nächsten Morgen zurück nach Amrum. Übrigens: Für den Transport medizinischer Proben nutzt der zertifizierte Logistikspezialist Intermed besondere Transportbehälter, um einen fachgerechten Transport, etwa in bestimmten Temperaturbereichen, zu gewährleisten.

11:28 Uhr

Übergabe an den Intermed-Fahrer in Dagebüll

Nach zwei Stunden Fahrt legt die Fähre in Dagebüll an. Der Fahrer des auf den Transport von medizinischen Proben spezialisierten Logistikunternehmens steht schon bereit.

13:19 Uhr

Beladung des Caddys in Dagebüll

Noch rund 150 Kilometer zum Labor: Lange lädt die Proben am Fähranleger Dagebüll in einen Pkw und bringt sie zu einem Sammelpunkt. Von dort aus werden die Proben von Amrum zusammen mit Proben aus weiteren Praxen und Kliniken an der Küste in das LADR Laborzentrum Nord nach Flintbek gefahren.

Ankunft der Proben im Labor

Reichlich Fracht: Gegen 14:30 Uhr erreicht Fahrer Frank Müller mit den Proben von den Nordfriesischen Inseln und dem Festland im nördlichen Schleswig-Holstein das LADR Laborzentrum Nord in Flintbek bei Kiel.

14:30 Uhr

14:36 Uhr

Probenannahme

Passen Laborauftragsschein und die Angaben auf den Proben zusammen? Nach der Ankunft im Labor wandern die Proben in den Bereich Präanalytik. Hier nehmen Uta Schulz (vorn) und Monika Frings die Probenröhrchen mit prüfendem Blick aus dem Transportbeutel und nehmen eine erste Sortierung, zum Beispiel von besonders eiligen Proben, vor.

15:06 Uhr

Übergabe der Proben in den Schüttsortierer

Es gibt verschiedene Arten von Blutproben: Das Sortieren überlässt Monika Frings einem Automaten, der anhand von Form und Farbe der Verschlusskappen erkennt, in welchen Röhrchen sich etwa Vollblut, Serum, EDTA oder Citrat befinden. Bei der Sortierung wird zudem

der Eingang der Röhrchen elektronisch erfasst – es ist exakt 15:06 Uhr, als die Probe der Amrumerin Caroline Schult diesen Vorgang durchläuft. Die Daten werden an das digitale Laborinformationssystem übermittelt.

15:23 Uhr

Tanja Lettau am PVT

Damit Ärzte und ihre Patienten die Ergebnisse aus dem Labor möglichst schnell erhalten, ist angesichts Zehntausender Proben täglich ein hoher Grad an Automatisierung notwendig. Hier wirft Tanja Lettau, Leiterin der Präanalytik und stellvertretende Qualitätsmanagementbeauftragte einen Blick auf den Probenverteiler, der die Röhrchen der vom behandelnden Arzt angeforderten Analytik zuführt. Auch dieser Vorgang wird digital dokumentiert.

15:58 Uhr

Gespräch in der Hämatologie

Trotz Automatisierung steht der Mensch im Mittelpunkt – das gilt auch für die Mitarbeitenden im Labor. Hier tauschen sich die Fachärztin für Laboratoriumsmedizin Tatiana Leptin, die leitende MTLA Anne-Sophie Hauk und Diana Borchukova, Mitarbeiterin in der Fachanalytik, über das Verhältnis von Erythrozyten, Lymphozyten und Monozyten im Blutbild aus. Automatisierung und Digitalisierung gehen Hand in Hand mit der Expertise des qualifizierten Fachpersonals und sind unerlässlich für eine effiziente labormedizinische Patientenversorgung. Erst wenn alle Werte noch einmal geprüft worden sind, wird der Befund von einer Fachärztin für Laboratoriumsmedizin freigegeben.

17:29 Uhr

Befund und Fazit der Inselärztin Dr. Derichs

Inselärztin Dr. Claudia Derichs kann auf den kompletten Laborbefund der Blutprobe von Caroline Schult zugreifen. Die Praxis erhält ihre Befunde aus dem Labor per Datenfernübertragung (DFÜ) und kann darauf mit ihrer eigenen Praxissoftware zugreifen.
Die Befunde zu den Blutproben erhalten Ärzte und ihre Patienten von den Facharztlaboren oft noch am selben Tag, in eiligen Fällen binnen Stunden. Dr. Claudia Derichs findet: „Dass dieser komplexe Vorgang aus Logistik und Laboruntersuchung in der Regel reibungslos läuft, ist für mich wie ein kleines Wunder.“ Manchmal zeigt sich im Laborbefund eine nicht erwartete Gefahr für das Leben einer Patientin oder eines Patienten. Dann alarmieren die Fachärzte aus dem Labor die behandelnden Ärzte sofort.

Wer das nächste Mal eine Blutprobe abgeben muss, denkt vielleicht daran: Während sie oder er vielleicht schon bei der Arbeit am Schreibtisch sitzt oder anderweitig ihrem oder seinem Alltag nachgeht, machen die Röhrchen mit der eigenen Blutprobe gerade eine durchaus spannende Reise.

Leukämie: das böse Tier im Dschungel

Bernd Harder

Er stylte die Jungs von Tokio Hotel, Shakira und Andrea Berg. Am 14. November 2022 starb der Starfriseur Sebastian Böhm mit nur 36 Jahren. Für kurze Zeit rückte das Thema Leukämie in den Blick der Öffentlichkeit. Zwei Jahre lang hatte Böhm gegen die tückische Erkrankung gekämpft. Am Ende konnte der Magdeburger trotz Stammzellentherapie den Kampf gegen den Krebs nicht gewinnen. Focus Online nahm den prominenten Todesfall zum Anlass, um auf einige „Anzeichen einer Leukämie“ aufmerksam zu machen. Es gibt keine Vorsorgeuntersuchung für diese Blutkrankheit. Die Symptome deuten in der Regel nicht auf eine bestimmte Krankheit hin.

Krankheitsgefühl, Fieber, Schwäche – mit diesen vagen Beschwerden kommt im November, fast zeitgleich mit dem Tod von Sebastian Böhm, eine 63-jährige Frau zu ihrem Hausarzt. Das Differenzialblutbild – die genaue Untersuchung der verschiedenen Typen von weißen Blutkörperchen – ergibt einen alarmierenden Befund. In einem Mikroliter Blut der Patientin finden sich nur etwa 800 Leukozyten. Normal sind 4000 bis 10.000. Es könnte sich um eine akute Leukämie handeln. Dabei gerät die lebenswichtige Neubildung von weißen Blutkörperchen gefährlich ins Stocken, wenn sich funktionsuntüchtige Blutzellen sprunghaft vermehren und die normalen Blutzellen verdrängen.

25 %
AML – die akute Form

Von den circa 13.000 Menschen, die pro Jahr in Deutschland an Leukämien erkranken, leidet rund ein Viertel an einer akuten myeloische Leukämie (AML). Davon macht die APL fünf bis zehn Prozent der Fälle aus.

65
Jahre ist das Durchschnittsalter

An Leukämie erkranken die Menschen am häufigsten zwischen 60 und 70 Jahren. Vier Prozent der Patienten sind Kinder unter 15 Jahren.

2,7 %
der Tumor-Erkrankungen

bei Frauen in Deutschland sind Leukämien. Männer erkranken etwas häufiger. Die akute myeloische Leukämie tritt Angaben der Deutschen Krebsgesellschaft zufolge besonders oft bei Erwachsenen im mittleren und hohen Lebensalter auf.

Ihren Ursprung hat eine Leukämie im Knochenmark. Die gemeinnützige Stefan-Morsch-Stiftung verdeutlicht das mit dem Bild eines Baumes: Der Wurzelbereich und der Stamm entsprechen dem Knochenmark, die Äste und das Lauwerk dem Blut. Die verschiedenen Blutkörperchen (Thrombozyten, Erythrozyten, Leukozyten) entwickeln sich aus noch undefinierten Stammzellen im unteren Wurzelbereich und gehen dann in die Äste über, wo sie ihre Aufgaben erfüllen. Weiße Blutkörperchen (Leukozyten) etwa haben spezielle Funktionen bei der Abwehr von Krankheitserregern.

In der Reifungsphase kann ein Gen in irgendeiner der Blutzellen plötzlich mutieren und die Zelle entarten. Das bedeutet sozusagen einen Differenzierungsstopp. Die Zellen bleiben in ihrer Entwicklung stehen und werden zu einem entarteten Klon. Diese sogenannten Blasten sind trotzdem überaus vital, teilen sich unkontrolliert und breiten sich schnell über das gesamte Knochenmark aus. Sie behindern nicht nur die Bildung von gesunden Blutzellen, sondern überschwemmen zugleich das Blut mit Unmengen dieser unreifen, falschen und schädlichen Störenfriede. Ab diesem Moment kann man die Leukämie im Blut sehen. Und hier setzt auch die Diagnostik an.

Mit dem beunruhigenden Ergebnis des Differenzialblutbilds wird die Patientin

am Donnerstagsnachmittag in eine Klinik eingewiesen. Die Ärzte entnehmen ihr wenige Milliliter Knochenmark aus dem Beckenkammknochen. Das Probenmaterial geht ins Zentrallabor der Bioscientia in Ingelheim. Dort beginnt ohne Verzug ein aufwendiges diagnostisches Zusammenspiel von Labormedizin, Hämatologie, Onkologie und Genetik, an dessen Ende zwar keine positive Nachricht für die Patientin steht – aber eine hoffnungsvolle.

Zunächst stellt sich die Frage: Finden sich in dem Gemisch aus Knochenmarkblut und Knochenmarkbröckchen Blasten, also unreife weiße Blutzellen, wie sie bei einer akuten Leukämie auftreten? Dazu werden die Knochenmarkzellen mit verschiedensten monoklonalen Antikörpern markiert, an die unterschiedliche Fluoreszenzfarbstoffe gebunden sind. In einem Durchflusszytometer, einem speziellen Analysegerät, werden in einem dünnen Flüssigkeitsstrom die Zellen einzeln mit Laserlicht bestrahlt. Da jeder fluoreszenzmarkierte Antikörper ein charakteristisches Streulicht abgibt, kann mit dieser Methode ein erfahrener Auswerter die Anzahl und Verteilung verschiedener Zelltypen in der Patientenprobe bestimmen.

Das Ergebnis liegt bereits innerhalb von zwei Stunden vor. Nach der ersten Inaugenscheinnahme hegt die Fachärztin für Laboratoriumsmedizin, Innere Medizin, Hämatologie und Onkologie Petra Groß-Judith bereits einen Verdacht. Und der hat es in sich, denn „diese Diagnose ist einer der wenigen absoluten Notfälle in der Hämatologie“, erklärt sie. Möglicherweise handelt es sich um eine M3-Leukämie, in der Fachwelt als akute Promyelozytenleukämie (APL) bekannt, eine seltene Unterform der akuten myeloischen Leukämien (AML). Bei dieser Leukämieform finden sich atypische promyelozytäre Blasten, nicht ausgereifte Vorläuferzellen der Granulozyten. „Akut“ bedeutet, dass dieser Krebs – im Unterschied zu anderen Krebserkrankungen – sofort im ganzen Organismus verteilt wird. Dafür sorgt das erkrankte Blut selbst. Hier kann man nichts operieren. Und auch eine Strahlentherapie würde nichts bringen, da der gesamte Körper betroffen ist. Allerdings gibt es eine Heilungschance – wenn zeitnah eine hocheffektive Therapie eingeleitet wird.

Gewissheit muss her, und das schnell. Die nächsten Schritte sind Hand- beziehungsweise Augenarbeit. Intensiv durchmustert Groß-Judith den Knochenmarkausstrich der Patientin unter dem Mikroskop, mehr als dreißig Minuten lang. Was sie sieht, ist uneindeutig. Der vorherrschende Zelltyp atypischer Promyelozyten spricht für eine AML-M3. Andere charakteristische Kennzeichen des Zellkerns bei der AML-M3, die sogenannten Auerstäbchen, fehlen dagegen völlig. Jetzt ist Teamexpertise gefragt, in einem Großlabor zum Glück kein Problem. Ein Anruf bei der Fachabteilung Molekulare Zytogenetik – und die Biologin Barbara Seipel klinkt sich in den Fall ein. Sie untersucht mithilfe der FISH-Methode, eines Verfahrens, bei dem mit durch Fluoreszenzfarbstoff markierten DNA-Sonden gearbeitet wird, gezielt bestimmte Genregionen in den Leukämiezellen der Patientin.

Das ist kostspielig und aufwendig – und nur von einem Fachlabor zu leisten. Neben der innovativen Gerätemaschinerie, wie etwa Durchflusszytometer, Fluoreszenzmikroskopen und automatisierten Scanning-Tools, kommt es entscheidend auf Erfahrung und Expertenwissen an. „Zwei bis drei Jahre“ Übung benötigten Mitarbeiter:innen, um eine Knochenmarkprobe auswerten zu können, erklärt Barbara Seipel. Dieses Material zu mikroskopieren, ergänzt Petra Groß-Judith, mit 100.000 Zellen in einem Ausstrich, sei wie eine Dschungelexpedition: „In irgendeiner Ecke versteckt sich möglicherweise ein böses Tier.“

Im konkreten Fall dauert es knapp vier Stunden, dann steht das Ergebnis fest: Trotz der außergewöhnlich geringen Anzahl der Blasten kann Seipel aufgrund eines eindeutigen Signalmusters ein Rearrangement des Fusionsproteins PML-RARA nachweisen und den Diagnoseverdacht ihrer Kollegin bestätigen: eine AML-M3/APL.

Ein integrierter Befund unter Zusammenfassung aller angewandten Diagnostikmethoden geht eilends an den Einsender. Der Aufwand hat sich gelohnt, denn bei einer akuten Leukämie ist es zur Wahl der richtigen Therapie extrem wichtig, genau zu wissen, womit man es zu tun hat. Bis zu 30 Prozent der Erkrankten mit akuter Promyelozytenleukämie sterben in den ersten kritischen Tagen an Blutungskomplikationen.

In unserem Fall hat die 63 Jahre alte Betroffene eine relativ gute Prognose – und das wahrscheinlich ohne Chemotherapie oder Stammzell-Transplantation. Ein Vitamin-A-Derivat mit der Bezeichnung ATRA in Kombination mit Arsentrioxid (ATO) kann bei dieser speziellen Leukämieform bewirken, dass die undifferenzierten Blasten ausreifen und ihr akutes Gefahrenpotenzial verlieren. An diesem späten Freitag hat moderne interdisziplinäre Labormedizin einer akut erkrankten Patientin mit einem seltenen Leiden eine Heilungschance eröffnet.

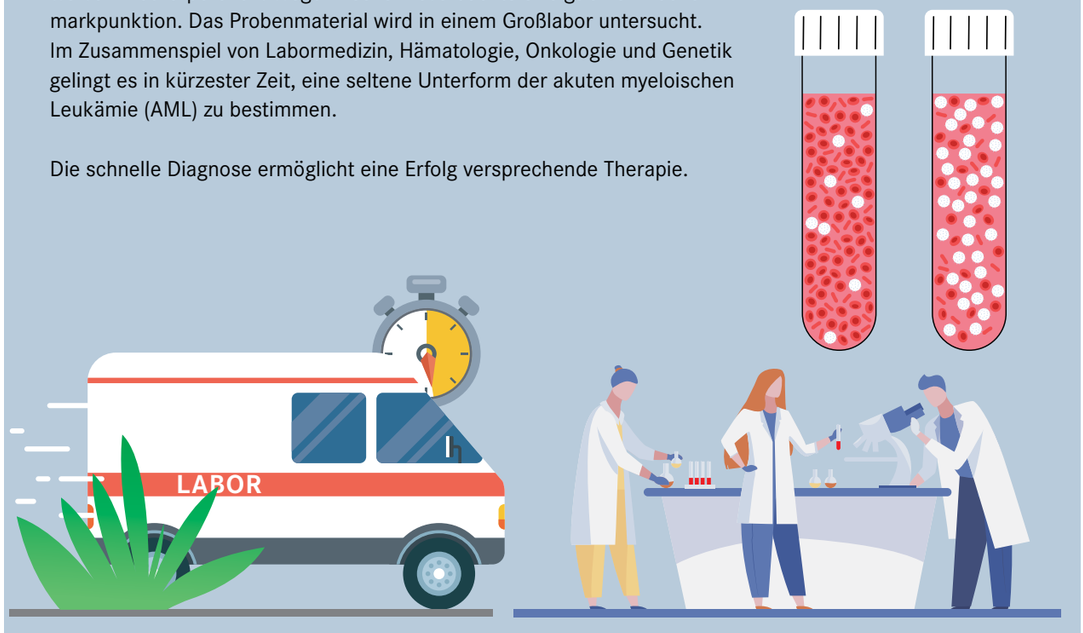
Einen Knochenmarkausstrich unter dem Mikroskop auf verdächtige Zellen zu untersuchen, ist wie eine Dschungelexpedition. In irgendeiner Ecke versteckt sich möglicherweise ein böses Tier.

Summary: Expedition ins Zelldickicht

Patientin, 63 Jahre alt, kommt mit Allgemeinsymptomen zum Hausarzt.

Das Differenzialblutbild zeigt eine dramatische Verringerung der Zahl der weißen Blutkörperchen. Wegen Leukämieverdachts erfolgt eine Knochenmarkpunktion. Das Probenmaterial wird in einem Großlabor untersucht. Im Zusammenspiel von Labormedizin, Hämatologie, Onkologie und Genetik gelingt es in kürzester Zeit, eine seltene Unterform der akuten myeloischen Leukämie (AML) zu bestimmen.

Die schnelle Diagnose ermöglicht eine Erfolg versprechende Therapie.



Es gibt schon seit den 1960er-Jahren eine »blutsparende« Technik, die für die Babys schonend und für Ärztinnen und Ärzte trotzdem sehr aussagekräftig eingesetzt wird.

Trockenblutanalyse – eine Erfolgsstory

Vorsorgeuntersuchung zur Früherkennung

Dipl.-Ing. DDr. David Kasper
Dr. med. Constanze Bauer

Wie viel Blut fließt eigentlich in einem Menschen? Das ist natürlich individuell sehr unterschiedlich und hängt zum Beispiel vom Körpergewicht und Alter ab. Neugeborene und Säuglinge verfügen über circa 85 bis 100 Milliliter Blut pro Kilogramm Körpergewicht. Ein gesundes Neugeborenes mit einem Körpergewicht von 3500 Gramm hat also zwischen 297,5 und 350 Milliliter Blut in seinem Kreislaufsystem. Das ist gerade einmal ein mittelgroßes Wasserglas voll. Klingt wenig? Ist es auch. Wird jetzt noch viel Blut für Analysen abgenommen, dann kann es durch den Blutvolumenverlust zu einer Anämie, also einer Blutarmut, kommen. Umso besser, wenn also möglichst wenig Blut für Untersuchungszwecke benötigt wird. Die gute Nachricht: Es gibt schon seit den 1960er-Jahren eine „blutsparende“ Technik, die für die Babys schonend und für Ärztinnen und Ärzte trotzdem sehr aussagekräftig eingesetzt wird. In Kombination mit modernen Untersuchungstechniken verbindet sie heute aktuelle Hochleistungsdiagnostik mit einer simplen und wenig fehleranfälligen Probengewinnung.

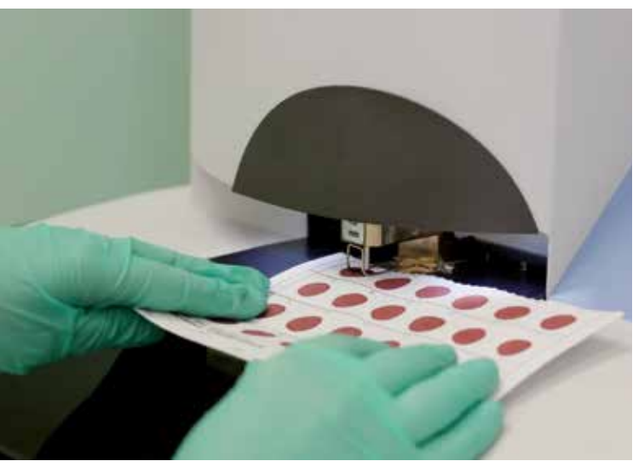
Simply Clever – Trockenblutanalyse

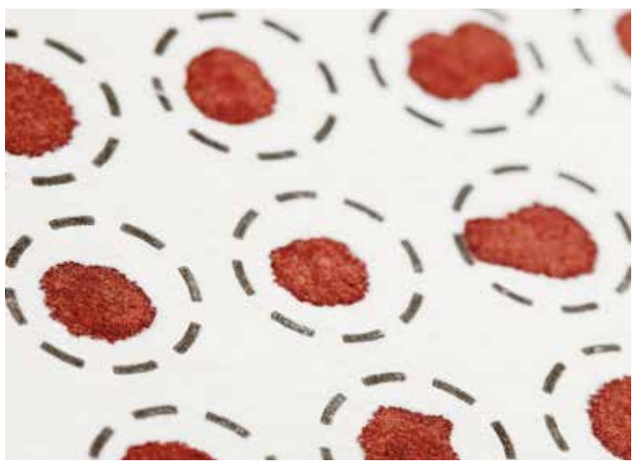
Die Trockenblutanalyse, auch DBS-Methode (Dried Blood Spot) genannt, wurde vor über 60 Jahren von Robert Guthrie entwickelt, um die Phenylketonurie – eine seltene Stoffwechselerkrankung – bei Neugeborenen im Rahmen eines Screenings zu entdecken. Der Trick der Methode: Statt einer venösen Blutentnahme werden lediglich ein paar Tropfen kapilläres Blut zum Beispiel aus der Ferse des Neugeborenen entnommen und auf eine Filterpapierkarte getropft. Trotz des geringen Probenvolumens gelang Guthrie ein relativ sicheres Screening auf die Zielerkrankung. Damals wurden Scheiben definierter Größe aus dem getränkten Filterpapier ausgestanzt und auf mit Bakterien beimpfte Nährböden gelegt. Durch Beobachtung des Bakterienwachstums rund um das Filterpapier konnten dann Rückschlüsse auf das Vorliegen der Zielerkrankung gewonnen werden.

Aktuell erlebt die Technik eine Renaissance, denn in Kombination mit modernen Untersuchungstechniken verbindet sie aktuelle Hochleistungsdiagnostik mit einer simplen und wenig fehleranfälligen Probengewinnung. Heraus kommt eine innovative Spezialanalytik, von der Patienten und Labore profitieren. Breite Anwendung findet die Trockenblutanalyse seit ihrer ursprünglichen Entwicklung vor allen Dingen im Rahmen des Neugeborenenscreenings auf zahlreiche angeborene Stoffwechselerkrankungen und Hormonstörungen. Aber mittlerweile können alle Altersgruppen von der Methode profitieren. Heute kann damit zum Beispiel auf das Vorliegen schwer zu diagnostizierender seltener Erkrankungen untersucht werden. Das öffentliche Interesse für die Trockenblutanalytik wurde zuletzt 2021 geschärft, als die Methode im Rahmen der Dopingkontrollen bei den Olympischen Sommerspielen in Tokio routinemäßig eingesetzt wurde.

Vorteile der Trockenblutanalyse

Um die Vorteile der Trockenblutanalyse anschaulich darstellen zu können, hilft es, zunächst einmal die Nachteile der konventionellen Blutuntersuchung aufzuzeigen.





Am Anfang medizinischer Diagnostik steht in vielen Fällen eine Blutentnahme. In der Regel greift man dabei auf die bewährte venöse Abnahmetechnik zurück. Aber schon hier treten häufiger die ersten Probleme auf: schwierige Venenverhältnisse (zum Beispiel bei Babys oder Kleinkindern), zu wenig Untersuchungsmaterial, Verwendung falscher Entnahmeröhrchen oder inkorrekte Lagerung der Proben. Die potenziellen Fehlerquellen sind vielfältig und können eine adäquate Diagnostik nachhaltig behindern.

Mit getrockneten Blutflecken bietet der Trockenbluttest klinischen Laboren ein einfach zu sammelndes, zuverlässiges und kostengünstiges Mittel zur Untersuchung auf eine Vielzahl von Krankheiten. Bei dieser Methode zur Verarbeitung von Blutproben werden – wie schon in den 1960-Jahren – Blutstropfen auf ein bestimmtes Filterpapier gegeben, aus dem die Zielverbindungen für die quantitative Bestimmung extrahiert werden.

Die Methode hat gegenüber der venösen Vollblutentnahme zahlreiche Vorteile: Für die Messung wird nur eine geringe Menge Kapillarblut benötigt, die deutlich invasivere und für die Patienten unangenehmere venöse Blutentnahme und eine Trennung von Plasma oder Serum sind nicht erforderlich. Darüber hinaus sind die Verfahren vor der eigentlichen Analyse einfach: Ein kleiner Stich mit einer Lanzette in die Fingerbeere oder die Ferse ist ausreichend, um das benötigte Blut zu gewinnen. Einen Trockenbluttest kann also theoretisch auch der Laie zu Hause durchführen. Die DBS-Karten können als nicht infektiöse Proben gehandhabt werden, weil Viren und andere Mikroorganismen inaktiviert werden. Auch die Umgebungstemperatur spielt bei der Probenlagerung und beim Transport oftmals keine Rolle. Ein Versand per Post ist problemlos möglich.

Da meist nur ein sehr kleines Stückchen des blutgetränkten Filterpapiers für die Laboruntersuchung ausreicht, können in der Regel unterschiedliche Untersuchungen aus dem gleichen Blutstropfen durchgeführt werden. Die Trockenblutkarten können – sauber, dunkel und kühl aufbewahrt – über viele Jahre gelagert werden, sodass bei Bedarf auch nach langer Zeit kontrolliert werden kann, ob ein bestimmter Parameter im Blut bereits in der Vergangenheit auffällig war oder nicht. Benefit für die Labore: Zeiteinsparung bei der Vorbehandlung der Blutprobe und Einsparung von Verbrauchsmaterial. Vollblutröhrchen müssen im Rahmen der Präanalytik aufwendig vorbehandelt werden, was zeitintensiver und kostspieliger ist.

Einsatz der Trockenblutmethode

Zu gut, um wahr zu sein? Fast. Aktuell ist die Technik bereits in einigen spezialisierten medizinischen Laboren verfügbar. Die meisten Analysen werden aktuell jedoch aus Vollblutröhrchen erstellt. Der Einsatz für quantitative Analysen – also z. B. die exakte Messung von Stoffkonzentrationen im Blut – ist zudem zurzeit aufgrund verschiedener technischer Feinheiten noch nicht ganz optimal möglich. Aber die Trockenblutmethode könnte eine Technologie der Zukunft sein und in einigen Bereichen sogar schon eine der Gegenwart.

Insbesondere im Rahmen der Diagnostik seltener Erkrankungen wird die DBS-Methode zunehmend sehr erfolgreich eingesetzt. Unter dem Begriff „seltene Erkrankungen“ werden unterschiedliche Krankheitsbilder gefasst, die vergleichsweise wenige Menschen betreffen und großteils genetisch bedingt sind. Die seltenen Erkrankungen sind meist mit schweren, dauerhaften Beeinträchtigungen verbunden; erste Beschwerden treten oft direkt nach der Geburt oder im Kindesalter auf und haben einen lebenslangen Verlauf. Eine Vielzahl der seltenen Erkrankungen ist signifikant unterdiagnostiziert – oft leiden Patienten über viele Jahre, bevor eine Diagnose gestellt werden kann.

Die Trockenblutmethode, die nur in wenigen Kompetenzzentren angeboten wird, ermöglicht mittlerweile schnell und einfach die Abklärung einer Vielzahl von seltenen Erkrankungen. Die Diagnostik aus Trockenblutkarten wurde zuletzt auch in zwei spezialisierten Laboren der amedes-Gruppe implementiert. Diese Kompetenzlabore für seltene Erkrankungen bieten nun bei Verdacht auf eine Vielzahl von Erkrankungen einen Trockenbluttest an, der sowohl die relevanten Enzyme als auch die genetischen Veränderungen erfassen kann.

Für Risikopatienten mit spezifischen klinischen Symptomen, Einzelpersonen oder Menschen, die eine positive Familienanamnese haben, gibt es damit einen einfacheren Zugang zur Diagnose seltener Stoffwechselstörungen. Viele der Testoptionen eignen sich auch hervorragend für das (erweiterte) Neugeborenenscreening von Säuglingen oder asymptomatischen Kindern.

Mit Labordiagnostik bleibt nichts unklar

Klaus Wilhelm

Dr. Michael Anger, Facharzt für Labormedizin, LADR Zentrallabor Dr. Kramer & Kollegen

Manchmal finden sich in einer Laboranalyse Dinge, nach denen nicht gesucht wurde.

Aber Zufallsbefund bedeutet auch, dass ein qualifizierter Labormediziner Auffälligkeiten in Analyseergebnissen erkennt und richtig deutet. So wie beim sogenannten MGUS.

Untersuchungen von „Nervenwasser" gehören zu den täglichen Aufgaben von Labormedizinern. So auch bei dieser 38-jährigen Frau, die in eine neurologische Fachklinik gekommen war. Ihre Symptome unter anderen: Schwierigkeiten beim Sehen, Auffälligkeiten in der Bildgebung ihres Gehirns, dazu Taubheitsgefühle in den Fingern. Bei derlei unklaren Symptomen denken Neurologen verstärkt an Multiple Sklerose. Dann entnehmen sie mit einer Nadel Nervenwasser aus dem Rückenmarkskanal und schicken die Probe zu einem Facharztlabor.

„Damit starten wir eine Reihe von Laboruntersuchungen", sagt Dr. Michael Anger vom LADR Zentrallabor Dr. Kramer & Kollegen in Geesthacht bei Hamburg. Bei diesen Analysen werden auch Proteine des Immunsystems wie die sogenannten Immunglobuline (siehe Kasten auf Seite 51) unter die Lupe genommen. Diese Eiweiße spielen als Antikörper eine entscheidende Rolle zum Beispiel bei der Bekämpfung von Infektionen. Sie können aber auch unnatürlich vermehrt sein, wenn eine Multiple Sklerose vorliegt. So analysierten die Fachärzte und ihre Mitarbeitenden die verschiedenen Immunglobuline auch dieser Frau mit standardisierten Verfahren – und sahen in ihren Auswertungen plötzlich ein typisches Muster, das auf einen MGUS (Monoklonale Gammopathie unklarer Signifikanz) hinwies.

MGUS? Das sehen Fachlabore in einer kurvenartigen Auftrennung aller Eiweiße als eine ganz spezifische, unnatürliche Spitze, die mit einer Multiplen Sklerose nichts zu tun hat. Sie kann eventuell aber Vorbote einer seltenen Krebserkrankung sein. Dieses „Multiple Myelom" hat seinen Ursprung in der Regel im Knochenmark, in dem alle Zellen des Blutes produziert werden, auch die Plasmazellen, die die Immunglobuline herstellen und ausschütten (siehe Kasten auf Seite 50). Normalerweise schwimmen im Blut und auch in der Flüssigkeit im Rückenmark Abermillionen unterscheidbare Immunglobuline, die sich gegen alle möglichen Erreger richten. Das entspricht dem normalen Zustand im Körper.

Finden die Labormediziner aber massenweise die immer gleichen sogenannten monoklonalen Antikörper in den Analyseproben, werden sie stutzig. Das kann nämlich heißen, dass sich eine einzige bestimmte Antikörper produzierende Zelle im Knochenmark unkontrolliert vermehrt hat. Das wiederum kann Krebs bedeuten, denn ein Tumor beginnt immer mit der unkontrollierten Vermehrung einer mutierten, also genetisch veränderten Zelle. „Ein MGUS", sagt Michael Anger, „spiegelt eine solche monoklonale Eiweißvermehrung wider." Das dermaßen vermehrte Eiweiß nennen die Fachleute Paraprotein. „Und dieses Paraprotein weist in seltenen Fällen auf die Vorstufe eines Tumorgeschehens hin, des sogenannten Multiplen Myeloms", so der Facharzt.

Schätzungen zufolge findet sich in Deutschland ein MGUS bei dreieinhalb Prozent der 45- bis 75-Jährigen. Mit einem durchschnittlichen Risiko von einem bis anderthalb Prozent kann sich beim Befund eines MGUS in vielen Jahren ein behandlungsbedürftiges Multiples Myelom (MM) entwickeln. Dieses Risiko variiert abhängig vom Typ des MGUS, der vor allem aus den Gamma-Immunglobulinen hervorgeht.

Der wichtigste Risikofaktor jedoch ist das Ausmaß des MGUS. „Wenn ein Patient mehr als 30 Gramm Paraprotein pro Liter hat, dann ist es per se in Richtung Myelom einzuordnen", erklärt Anger. „Das ist aber als Zufallsbefund nur sehr selten der Fall." Patienten mit einem Paraproteinwert von über 25 Gramm pro Liter haben ein Risiko von etwa 50 Prozent nach 20 Jahren, dass sich ein Multiples Myelom entwickelt – verglichen mit einem Risiko von etwa 15 Prozent bei Personen mit einem MGUS von weniger als fünf Gramm pro Liter.

Bei einem

MGUS

dürfen im Knochenmark nicht mehr als

10%

der Zellen Plasmazellen sein

Das Multiple Myelom

Das Multiple Myelom (MM) ist die häufigste Krebsart des Knochenmarks, an der in Deutschland alljährlich 6000 bis 7000 Menschen erkranken. Dank neuer Therapien ist es heute besser behandelbar als zuvor, gleichwohl nur in seltenen Fällen heilbar. Primäres Ziel der Therapie ist derzeit die Tumorkontrolle – und damit, die Lebenszeit bei guter Lebensqualität zu verlängern, Symptome schnell zu lindern und Komplikationen zu vermeiden.

Im Zuge eines MM wuchern im Knochenmark veränderte Plasmazellen, die mehr und mehr die anderen Blutzellen verdrängen, ohne die ein Körper nicht existieren kann. Drei Viertel aller Patienten haben bei der Diagnose bereits Symptome – meist Knochenschmerzen, häufig im Rücken. Die fortschreitende Verdrängung des gesunden Knochenmarks führt zu Blutarmut, erhöhter Infektanfälligkeit und manchmal auch einer Blutungsneigung.
Darüber hinaus zeigen sich meist eine zunehmend geschädigte Niere und Veränderungen im Kalziumstoffwechsel.

Zur Verlaufsbetreuung gehören die umfassende Laboranalyse des Blutes und des Knochenmarks sowie verschiedene Formen der Bildgebung der Organe und der Knochen. Aus den erhobenen Befunden ergibt sich für die Ärzte das Stadium der Erkrankung. Abhängig davon – und vom Alter und Allgemeinzustand sowie den Wünschen der Patienten – ergibt sich das therapeutische Vorgehen.

Grundsätzlich gilt: Nicht jeder Patient mit einem Multiplen Myelom muss sofort behandelt werden. Aber wenn, dann stehen mehrere Optionen zur Verfügung: unterschiedliche Chemotherapien, Knochenmarktransplantation, Strahlentherapie, sogenannte zielgerichtete Medikamente und in jüngster Zeit auch Immuntherapien. Dank der Behandlungsfortschritte überleben inzwischen mehr als acht von zehn Patienten fünf Jahre – sofern sie im Stadium 1 diagnostiziert werden. Schon beim zweiten Stadium sind es nur noch sechs von zehn, bei Stadium 3 vier von zehn. Je früher das MM also entdeckt wird, umso besser.

„Grundsätzlich sollte jedes MGUS abgeklärt werden, da auch bei niedrigen Werten ein symptomatisches Multiples Myelom vorliegen kann“, so Anger weiter.

Wird ein Paraprotein bei jüngeren Menschen wie der 38-jährigen Frau gefunden, geben die Labormediziner den behandelnden Ärzten „in jedem Fall den dringenden Hinweis zur weiteren Abklärung, damit das nicht übersehen wird und im Arztbrief beziehungsweise der Krankenakte steht“, wie Anger betont. Denn die Frau hat im Normalfall noch etliche Lebensjahrzehnte vor sich, und bei einem Maximalrisiko von 50 Prozent nach 20 Jahren ist das Risiko eines MM in ihrem Leben sehr hoch. So empfiehlt Michael Anger nach dem seltenen Verdachtsbefund aus dem Nervenwasser eine weitere Untersuchung aus dem Blut. Denn erst mit einer dezidierten Eiweißanalyse des Blutes lässt sich sicher sagen, dass es sich wirklich um ein Paraprotein handelt - und um welchen Typ des Paraproteins. Blut ist also eigentlich die richtige Matrix zur Untersuchung auf das Vorliegen einer monoklonalen Gammopathie.

Nun kommen Paraprotein-Zufallsbefunde unter jüngeren Menschen nur selten vor. Weitaus häufiger sehen die Fachleute aus Geesthacht den Zufallsbefund bei routinemäßigen Gesundheitsuntersuchungen von 60- bis 80- oder 90-jährigen Patienten. Je älter, desto häufiger. Denn mit zunehmendem Alter funktioniert die Steuerung der zellulären Reifung immer weniger, womit das Risiko steigt, dass das Zellwachstum nicht mehr fehlerfrei abläuft.

MGUS

sollte grundsätzlich abgeklärt werden

Die monoklonale Gammopathie unklarer Signifikanz (MGUS) ist ein häufiges Laborphänomen, insbesondere bei älteren Menschen. Die ärztliche Kunst besteht in der Identifizierung der Risikopersonen für den Übergang in ein Multiples Myelom und gleichzeitig der Vermeidung einer tiefen Verunsicherung von Nichtrisikopersonen.

Unter diesen Bedingungen können sich monoklonale Plasmazellen bilden, die ein Paraprotein produzieren. Als Arzt ist es wichtig, diese Patienten im Blick zu behalten und den Zeitpunkt zu erkennen, ob respektive wann eine Therapie notwendig ist. Genau zu prüfen, ob ein Patient Symptome eines Multiplen Myeloms zeigt, ist unbedingt angesagt, vor allem bei noch vielen zu erwartenden Lebensjahren.

Wenn die Analyse im Labor ein Paraprotein bestätigt hat, empfehlen die offiziellen Leitlinien zum Thema eine erneute Kontrolle nach sechs Monaten, um einen raschen Anstieg des Paraproteins auszuschließen. Die weitere Verlaufskontrolle solle sich nach der Risikoeinstufung des MGUS richten und danach, ob sich charakteristische Symptome eines Multiplen Myeloms entwickelt haben.

In der Praxis behalten einige Hausärzte den Erstbefund eines Paraproteins selbst im Blick. Andere überweisen den Patienten zur Abklärung an einen Facharzt für Krebsmedizin. Onkologen entnehmen über eine sogenannte Punktion Knochenmark aus den Knochen. Die Untersuchung der Probe verrät, wie die Lage im Knochenmark ist. Bei einem MGUS dürfen im Knochenmark nicht mehr als zehn Prozent der Zellen Plasmazellen sein. Die Knochenmarkbefunde unterstützen den Arzt in der strategischen Abwägung, wie mit dem Patienten weiter zu verfahren ist. Das gilt vor allem dann, wenn die Lage nicht eindeutig ist und zum Beispiel einige myelomtypische Symptome vorliegen.

Eine begleitende Bildgebung der Knochen mittels Ganzkörper-CT zum Ausschluss von osteolytischen Plasmazellnestern ist zusätzlich meist wichtig. Labormedizinische Untersuchungen sind immer entscheidend bei weiteren Kriterien, die für eine MGUS ausgeschlossen werden müssen, nämlich dass weder Hyperkalzämie noch Niereninsuffizienz oder Anämie vorliegen darf.

Plasmazellen, Immunglobuline, Antikörper

Täglich attackieren uns Krankheitserreger – zum Beispiel Viren und Bakterien. Der Schutzwall gegen diese Angriffe ist unser Immunsystem. Es besteht aus unterschiedlichen Typen von Zellen und aus Molekülen, deren Ziel klar ist: die Erreger zu eliminieren. Sobald zum Beispiel ein Bakterium in den Körper eindringt, werden sie von patrouillierenden Zellen erkannt. In einer ersten Verteidigungslinie kann es bereits gelingen, die Erreger (im Sinne des Wortes) aufzufressen. Dabei sind auch bestimmte Immunglobuline vom Typ A und M im Einsatz.

Klappt die Abwehr der Angreifer in der ersten Linie nicht, wird entweder der gesamte Erreger oder Teile davon (Antigene) auf der Oberfläche bestimmter Immunzellen präsentiert – für die zweite Verteidigungslinie. In einem komplexen Geflecht von Reaktionen bildet das Immunsystem dabei unter anderem sogenannte Plasmazellen aus, die im unreifen Zustand im Knochenmark produziert werden. Die Plasmazellen werden vor allem in der Milz und im Thymus darauf trainiert, auf Basis des jeweiligen Antigens spezialisierte Plasmazellen zu produzieren. Sie stellen dann nur noch Immunglobuline vom Typ G her, die ausschließlich und passgenau an den jeweils aktuell bekämpften Erreger binden. Bei einer Immunantwort entstehen dann Tausende Antikörper pro Sekunde. Sie sind monoklonal; sie haften sich dann von allen Seiten an die Antigene auf den Erregern und bereiten den Weg für deren Zerstörung.

Unser gesundes Immunsystem kann Abermillionen verschiedene Plasmazellen beziehungsweise Antikörper produzieren, gegen jedes erdenkliche Antigen beziehungsweise gegen jeden Erreger. Fachleute sprechen von einem polyklonalen Prozess.

Bakterieller Film im künstlichen Gelenk

Prothesen in Hüfte, Knie oder Schulter sind eine der vielen Erfolgsgeschichten der modernen Medizin. Doch immer wieder trüben Infektionen im künstlichen Gelenk die Freude über die neu gewonnene Mobilität. Um das Schlimmste zu verhindern, ist die Kompetenz versierter Labormediziner unerlässlich.

Klaus Wilhelm

Seit einer Woche hat die 67-jährige Frau plötzlich Schmerzen in ihrer linken Hüfte. Vor fünf Jahren wurde ihr dort ein künstliches Gelenk eingesetzt – eine sogenannte Endoprothese. Als sie fiebert, geht sie zu ihrem Hausarzt, der ihr ein Antibiotikum verschreibt. Er vermutet eine Infektion am künstlichen Gelenk. Doch ihr Zustand verbessert sich nicht. So wird sie in einer Fachklinik für Orthopädie vorstellig. Dort beginnt ein diagnostisches Rätsel, das die behandelnden Ärzte gemeinsam mit den Labormedizinern um Dr. Tobias Kramer vom Laborverbund LADR in Geesthacht bei Hamburg mit ihrer Arbeit lösen. „Der Patientin geht es wieder gut“, sagt der Fachmann für derlei „periprothetische“ Infektionen.

Da kann sie von Glück reden. Denn letztlich geht es bei diesen Infektionen nicht selten um den Erhalt der Funktion des Gelenks – und darum, den Betroffenen einen langen Leidensweg zu ersparen. Von Patienten und Orthopäden gleichermaßen gefürchtet, enden diese Komplikationen immer wieder mit schwerwiegenden Konsequenzen, langwierigen Klinikaufenthalten, aufwendigen Therapiemaßnahmen und wiederholten Eingriffen bei unsicherem Erfolg, wie es kürzlich in einer Studie zum Thema hieß. Die psychischen und sozialen Folgen können fatal sein, heißt es weiter. Mit 20 Prozent nach fünf Jahren ist auch die Sterblichkeit einer Studie zufolge noch immer hoch.

„Periprothetische Infektionen sind eine Behandlungskomplikation, der wir uns stellen müssen“, sagt Dr. Tobias Kramer.

Pro Jahr werden in Deutschland

250.000
Hüftgelenke

200.000
Kniegelenke

50.000
andere künstliche Gelenke eingesetzt

In bis zu
5%
der eingesetzten Prothesen
setzen sich Bakterien auf den leblosen Fremdkörpern aus Metall, Kunststoff oder Keramik

Das Problem wird größer werden, weil die Zahl der älteren Menschen in den kommenden Jahrzehnten zunehmen wird und damit auch die Zahl der Patienten mit schwerwiegenden Gelenkproblemen.

In Zahlen ausgedrückt, liest sich das derzeit so: 250.000 Hüft- und 200.000 Kniegelenke werden allein in Deutschland alljährlich eingesetzt, dazu noch etwa 50.000 andere künstliche Gelenke. In ein bis fünf Prozent dieser Fälle setzen sich Bakterien auf dem leblosen Fremdkörpern aus Metall, Kunststoff oder Keramik fest – unterm Strich pro Jahr mithin 5000 bis 25.000 periprothetische Infektionen, Tendenz steigend, weil in der alternden Gesellschaft mehr und mehr Menschen ein künstliches Gelenk brauchen.

Für Bakterien aller Art sind diese Prothesen mit ihren Oberflächen aus Metall, Kunststoff oder Keramik ein exzellenter Wohnort. An den unbelebten Fremdkörpern greifen die Abwehrreaktionen des Immunsystems nicht; die Erreger lassen sich so ungestört nieder und vermehren sich. Unter diesen Bedingungen können sogar schon verhältnismäßig wenige Keime eine ernsthafte Infektion auslösen. Denn auf der Prothese bilden sie einen sogenannten Biofilm (siehe Kasten auf Seite 57), der sie ideal abschottet, auch gegen eigentlich wirksame Antibiotika. Die Medikamente können nur dann wirken, wenn die Infektion in den ersten Wochen eindeutig nachgewiesen ist und die Therapie rasch beginnt. Das ist aber nicht immer möglich, weil periprothetische Infektionen in drei Formen vorkommen.

Variante 1:
die frühe Infektion binnen Tagen nach dem Einbau der Prothese. Für gewöhnlich können sie Ärzte wegen der Entzündungszeichen leicht erkennen: Die Region mit dem betroffenen Gelenk schmerzt und schwillt an, rötet sich und ist auffallend warm, begleitet von Fieber. In diesen seltenen Fällen sind bei der Operation allen Hygienemaßnahmen zum Trotz Bakterien in die Wunde eingedrungen — zum Beispiel aus der Haut der Patienten. Heilungschancen: meist gut.

Variante 2:
Durch das Blut der Patient:innen wandern Erreger, die sich an den Gelenkprothesen ansiedeln. Quellen dieser gestreuten Infektionen sind beispielsweise größere Entzündungen etwa von Blase oder Lunge – oder auch offene Beine, eine blutig verlaufende Zahnbehandlung, eine Darmspiegelung, bei der Polypen abgetragen werden, oder unscheinbar wirkende Hautverletzungen. „Diese Form der periprothetischen Infektion ist aufgrund der Symptomatik ebenfalls relativ leicht zu erkennen“, sagt der fachärztliche Mikrobiologe Kramer. Heilungschancen deshalb ebenfalls: meist gut.

Weitaus komplizierter ist Variante 3:
die sogenannte Low-Grade-Infektion, die oft innerhalb von zwei bis drei Jahren nach der Operation auftaucht. Die Symptome sind untypisch, deuten nicht zwingend auf eine Entzündung hin und sind meist diffus: Schmerzen in der Prothese, vielleicht eine Lockerung. Heilungschancen: gut, wenn rechtzeitig erkannt.

5.000 bis 25.000
periprothetische Infektionen
treten bei künstlichen Gelenken pro Jahr auf. Tendenz steigend.

Für die behandelnden Ärzte ist der Nachweis periprothetischer Infektionen oft nicht leicht. Denn hinter den untypischen Symptomen können auch Implantatkomplikationen stecken, die nichts mit einer Infektion zu tun haben. Sind doch Bakterien die Übeltäter, hatten sie meist genug Zeit, einen vollständigen, gut funktionierenden Biofilm aufzubauen. „Bei den Low-Grade-Infekten spielt der Biofilm eine ganz entscheidende Rolle“, erklärt Tobias Kramer: „Wegen des Biofilms kommt es häufig zur Lockerung der Prothese. Und wegen des Biofilms muss es auch eine operative Versorgung des Ganzen geben, weil eine isolierte antibiotische Therapie allein nicht zur Heilung in ausreichendem Maße führt.“

Angesichts dieses potenziellen Aufwands ist die labormedizinische Infektionsdiagnostik zentral. Dr. Tobias Kramer macht Methodik und Vorgehen exemplarisch am Fall der 67-jährigen Frau deutlich. Nachdem die Ärzte der versorgenden Klinik ihre Krankheitsgeschichte aufgenommen und sie untersucht hatten, entnahmen sie mit einer Nadel Flüssigkeit aus dem Gelenkspalt, die sie nach Geesthacht zur Analyse schickten.

Das Team im Labor bestimmte aus der Probe die Werte der Immun- und Entzündungszellen und -parameter und stellte eine hohe Zahl ganz bestimmter weißer Blutkörperchen fest. „Das war ein eindeutiger Hinweis auf eine periprothetische Infektion“, sagt Kramer. Allerdings scheiterten alle Versuche, aus der Gelenkflüssigkeit Bakterien anzuzüchten. Bei einer Anzucht werden die Bakterien in einem Nährmedium optimal versorgt, damit sie sich vermehren können. So lässt sich einerseits die genaue Art der Bakterien ermitteln; andererseits können die Ärzte sofort testen, auf welche Antibiotika die Mikroben ansprechen – und auf welche nicht. Ein entscheidender Vorteil, denn zunehmend werden auch Erreger periprothetischer Infektionen resistent gegen gängige Antibiotika.

Weil vor Beginn der Symptome keinerlei Eingriffe am künstlichen Gelenk der Patientin vorgenommen wurden, „gingen wir zu diesem Zeitpunkt von einer späten Infektion über das Blut aus“, erklärt Kramer. Die vorgeschlagene Therapie: eine operative Reinigung und Spülung des Gelenks, bei der die Prothese im Patienten verbleibt, plus eine dreimonatige Gabe von Antibiotika plus Wechsel aller mobilen Teile der Prothese.

Die entnommenen Prothesenbestandteile wurden in Geesthacht einem speziellen Verfahren, der Sonikation, unterzogen, das Biofilme von Oberflächen ablösen kann. Das Material taucht dabei in einer sterilen Flüssigkeit, während Ultraschallwellen die Keime aus ihrem Schutzfilm quasi „herausrütteln“. In der folgenden Anzucht der Bakterien finden sich im Idealfall dann Staphylokokken, Streptokokken, Enterokokken oder andere Bakterien als konkrete Ursache der Gelenkinfektion. „Aber trotz des großen Aufwands finden wir in manchen Fällen einfach nichts“, sagt Kramer. So auch bei den Prothesenteilen der 67-jährigen Patientin. Dann bleibt als letzte Möglichkeit die Analyse der im Sonikat enthaltenen Erbinformation mittels PCR – eines Verfahrens, das seit Corona fast jedem geläufig ist. „So haben wir schließlich bei der Analyse des Erbguts einen Streptococcus pneumoniae identifiziert“, sagt Kramer. „Wahrscheinlich konnten wir ihn wegen der vorangegangenen antibiotischen Therapie nicht in Kultur anzüchten.“

Sehr häufig braucht es für Diagnose und Therapie periprothetischer Infektionen dieses ganze Wissen der Labormediziner. Sie schauen sich Daten genau an, vergleichen sie mit sogenannten Scores, die Hinweise geben, wann bei welchen Messergebnissen eine Infektion vorliegen kann oder nicht. Gespür und Erfahrung helfen: Seit rund zehn Jahren kennt der Facharzt für Mikrobiologie und Hygiene derlei knifflige diagnostische Situationen. Er unterstützt und berät behandelnde Ärzte bei täglich zehn bis 15 solcher Patientenschicksale.

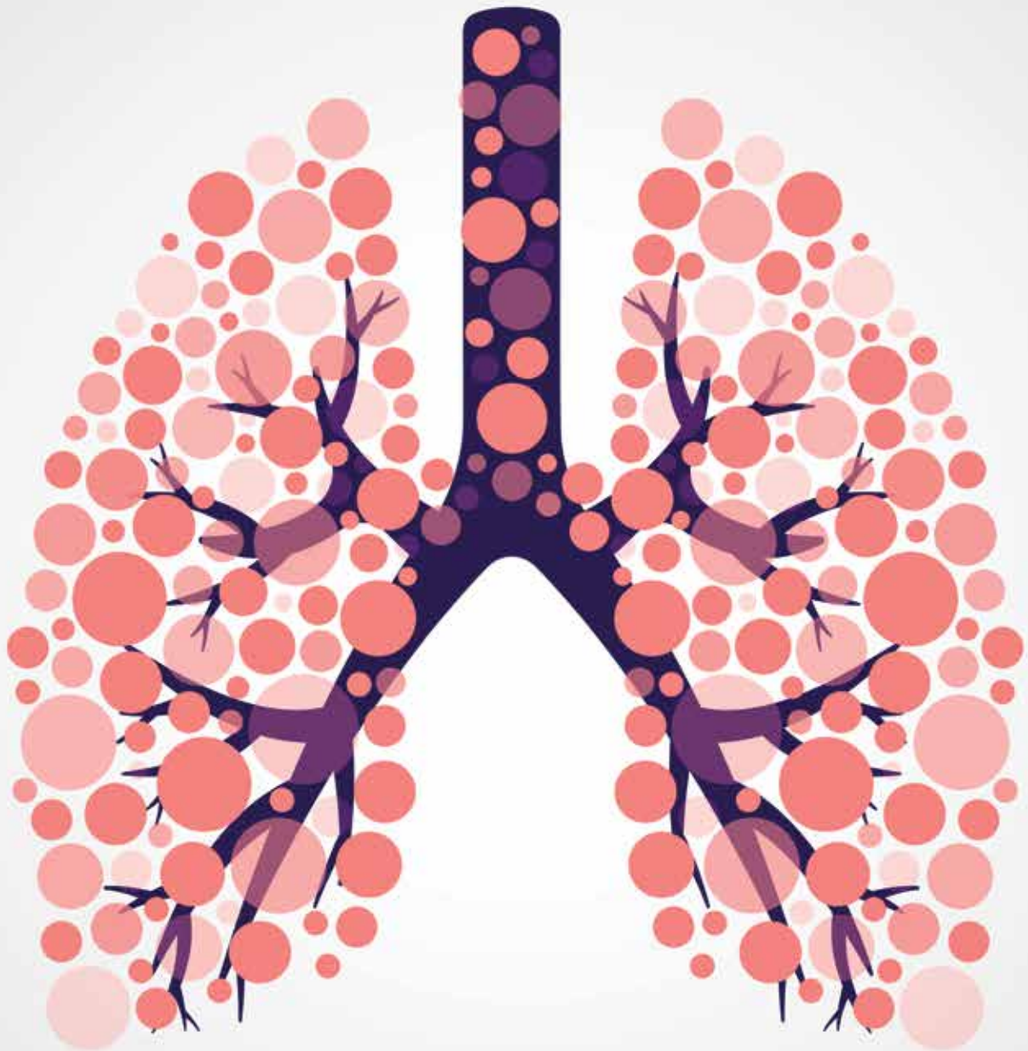
Ganz wichtig auch: Die Kooperation und Kommunikation mit den behandelnden Kliniken, die weitere Daten liefern für die Antwort auf die Frage „Infektion – ja oder nein?“. Rund 60 Fachzentren für Endoprothetik nutzen das Wissen aus Geesthacht. Durch die Kooperation von Labormedizin und Fachzentren hat sich nach Einschätzung des Experten die Versorgung der Patienten in den vergangenen zehn Jahren deutlich verbessert. Vor allem bei den besonders schwierigen Fällen von Low-Grade-Infektionen, bei denen teilweise Prothesen mehrfach gewechselt werden müssen. „Aber“, so der Mikrobiologe Kramer: „Um alle Patienten, auch die mit den komplizierten Fällen, optimal versorgen zu können, haben wir noch viel Arbeit vor uns.“

Biofilme – Festungen der Bakterien

Bakterien sind einzellige Lebewesen. In diesem Sinne gelten sie nicht gerade als Teamplayer. Falsch! Gerade an Oberflächen produzieren Bakterien in einem Akt der Kooperation unterschiedlicher Arten einen robusten Schleim aus Zuckern und Proteinen, Matrix genannt. In dieser gemischten Wohngemeinschaft ändern sie ihren Lebenswandel:

Sie tauschen zum Beispiel Gene aus, die ihnen gegenseitig das Leben erleichtern. Sie produzieren neue Proteine. So können sie neue Lebensräume erobern und sich vor allem besser schützen – zum Beispiel gegen Stressbedingungen wie Trockenheit, die bakterielle Einzelgänger töten würden. In diesem Sinne wirken Biofilme wie Festungen, die dem Menschen große Probleme machen. Zum Beispiel im Mundraum bei der Karies und Zahnfleischentzündung. Oder im Lungenschleim von Patienten mit Mukoviszidose. Oder auf Kathetern bei Herzbehandlungen. Oder eben auf Prothesen. Das Problem: Die Festung ist oft sehr gut gerüstet gegen Antibiotika. Rund 80 Prozent der biofilmbedingten Infektionen sprechen nicht oder nur eingeschränkt auf Antibiotika an.

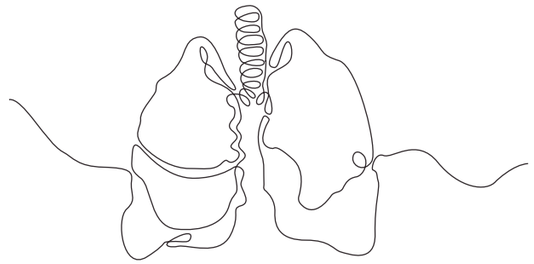
Wegen des Biofilms kommt es häufig zur Lockerung der Prothese. Und wegen des Biofilms muss es auch eine operative Versorgung des Ganzen geben, weil eine isolierte antibiotische Therapie allein nicht zur Heilung in ausreichendem Maße führt.



Patientenleben retten!

Im Labor und vor Ort

Bernd Harder



Ärzte im Labor sitzen den ganzen Tag vor ihren Analysegeräten, geben automatisierte Befunde frei und sehen Patienten nur als Probenröhrchen mit Barcode? Mitnichten. Labordiagnostiker sind Ärzte, die oft mehrere Facharzttitel und Zusatzbezeichnungen führen.

PD Dr. med. Bernhard Zöllner zum Beispiel, Ärztlicher Leiter des Bioscientia-Labors Moers, ist Facharzt für Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie sowie Privatdozent für Immunologie und Krankenhaushygiene. Gerade bei den einsendenden Krankenhäusern ist seine Expertise gefragt. Regelmäßig besucht er die Einrichtungen zu infektiologischen Visiten. „Es gibt in Deutschland nicht genug Infektiologen und zu wenige Fachleute, die sich mit Antibiotikatherapie auskennen“, sagt Zöllner. Deshalb schätzen Kliniken es sehr, wenn externe Fachärzte für Mikrobiologie sie vor allem auf den Intensivstationen unterstützen. Und nicht selten entwickelt sich aus einem Routinetermin ein ärztliches Konsil, bei dem es um nichts weniger als das Leben eines Akutpatienten geht.

So wie im Oktober 2022. Zöllner visitiert eine kooperierende Klinik im Umland. Auf der Intensivstation liegt ein 50 Jahre alter Mann aus Süddeutschland, der bei einem Familienbesuch im Ruhrgebiet plötzlich kollabierte und vom Notarzt in das Krankenhaus überstellt wurde. Zöllner sieht sich den Patienten an. Der Mann ist bereits seit acht Tagen hier und kann sich nicht mehr selbst mitteilen. Es besteht der Verdacht auf eine schwere Lungenentzündung, möglicherweise infolge einer Influenza- oder COVID-19-Infektion. „Das war aber alles negativ“, erinnert sich der Mikrobiologe vom Labor Moers. Auch bei den weiteren Routineuntersuchungen findet sich nichts Wegweisendes.

„In solchen Fällen“, erklärt Zöllner, „leitet man eine sogenannte kalkulierte Antibiotikatherapie ein, mit der möglichst alle Erreger, die bei dem Krankheitsbild eine Rolle spielen könnten, erfasst werden.“ Vergebens – dem Patienten geht es immer schlechter. Eine extrakorporale Membranoxygenierung wird vorbereitet, eine technische Methode, die im Prinzip einer Herz-Lungen-Maschine gleicht und die Atemfunktionsleistung für den Patienten außerhalb seines Körpers übernimmt.

Noch einmal setzt Zöllner sich mit den behandelnden Kolleginnen und Kollegen vor Ort zusammen, diskutiert mit ihnen

Fünf

Jahre Ausbildung zum Facharzt

Medizinische Mikrobiologie beschäftigt sich mit den Effekten von Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilzen, Parasiten) auf den Menschen, den infektionsfördernden Umständen und mit Antibiotikatherapien

die vorliegenden Befunde, bespricht weitere Diagnostikmöglichkeiten. „Wir waren ein bisschen verzweifelt, weil die üblichen Untersuchungen nicht zum richtigen Erreger geführt hatten.“ Dann der entscheidende Gedanke: Von der Familie des schwer Erkrankten erfahren die Mediziner, dass der 50-Jährige vor seiner Reise hoch dosiertes Kortison wegen einer Darmerkrankung bekommen hatte. Kortison schwächt das Immunsystem. Und damit geraten mit einem Mal auch Erreger ins Visier, die bei einem gesunden Menschen mit vitaler Immunfunktion üblicherweise keine Lungenentzündung auslösen.

Zöllner empfiehlt neue Tests – und tatsächlich finden sich im Lungenmaterial des Patienten hohe Konzentrationen des Herpes-simplex-Virus Typ 1. Das HSV-1 verursacht die typischen Lippenbläschen. Praktisch jeder Erwachsene trägt Herpesviren in sich. Bei immungeschwächten Menschen kann HSV-1 indes zu einer schweren viralen Atemwegsinfektion führen. So auch in diesem Fall. Der Patient auf der Intensivstation bekommt unverzüglich das antivirale Medikament Aciclovir.

Nur wenige Tage später hat sich seine Lungenfunktion drastisch gebessert. Alsbald kann der 50-Jährige in die Reha entlassen werden.

„Das stand auf Messers Schneide“, resümiert Zöllner. Nicht immer nimmt die Zusammenarbeit zwischen Labor und Klinik einen derart dramatischen Verlauf. Häufig geht es bei Zöllners Visiten zum Beispiel um Antibiotikastrategien oder medizinische Leitlinien. Aber eben nicht nur. Laborärzte, Fachärzte für Mikrobiologie, Hygieniker etc. sind „echte“ Ärzte, die genau wissen, dass hinter jedem Röhrchen ein Patientenschicksal steckt.

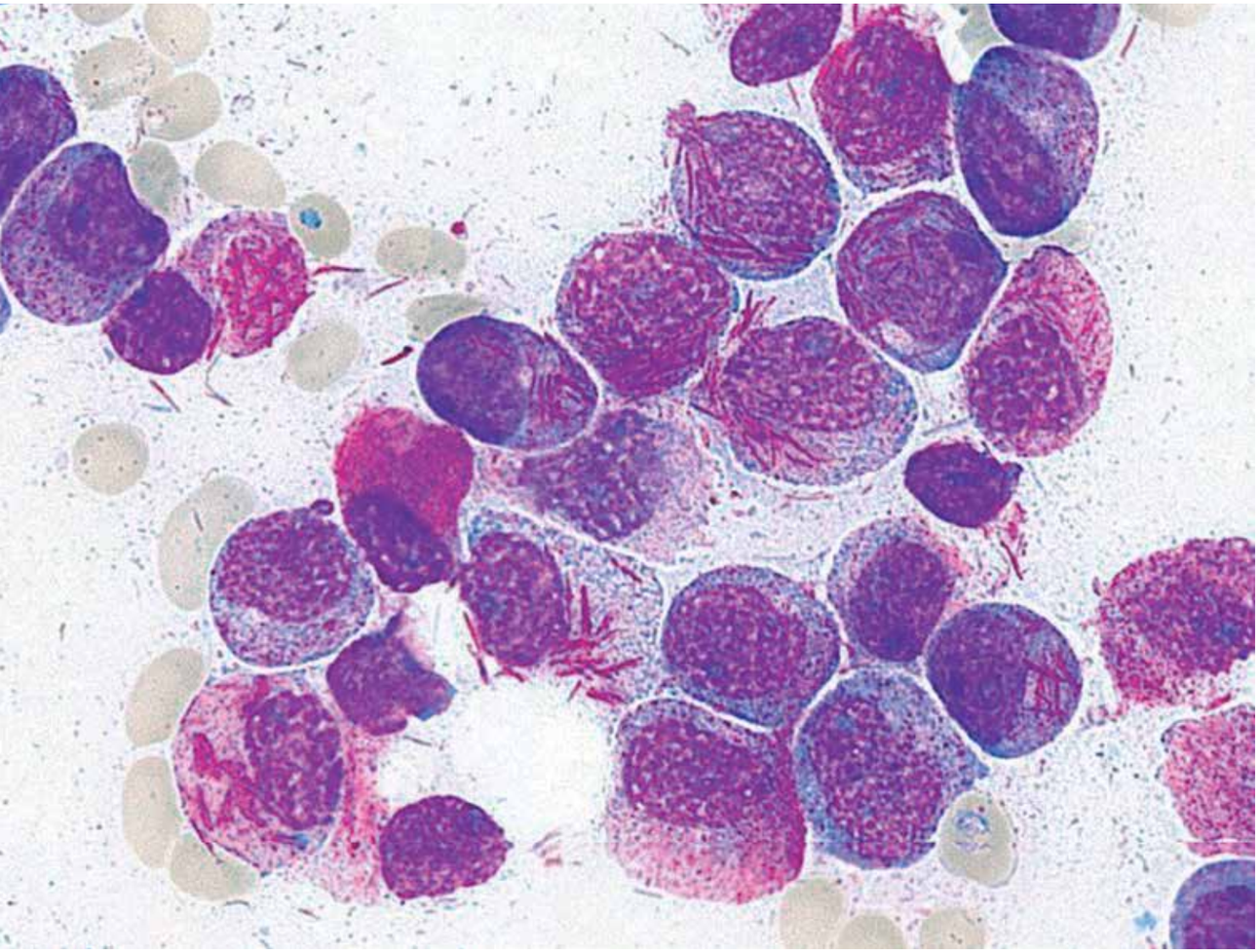
Herpes-simplex-Virus

Typ 1

Jeder Erwachsene trägt diesen Virus in sich. Bei immungeschwächten Menschen kann HSV-1 indes zu einer schweren Atemwegsinfektion führen.

COVID-19 und Influenza negativ – was ist die Ursache der schweren Lungenentzündung des Krankenhauspatienten?

Die Ergebnisse der Labormedizin unterstützen die Diagnose.



Wenn Zellen strahlen – Durchflusszytometrie als Gamechanger

Dr. rer. nat. Manja Kamprad-Lachmann
Dr. med. Constanze Bauer

Dr. Manja Kamprad-Lachmann sitzt vor dem Computerbildschirm im Hallenser amedes Labor und analysiert Punktwolken. Was für den Laien aussieht wie Graffitikunst, ist für die Wissenschaftlerin viel mehr – in vielen Fällen sogar des Rätsels Lösung. Fast immer verbirgt sich hinter den Pixelhaufen nämlich für klinisch tätige Ärztinnen und Ärzte die Grundlage für moderne Therapien und für Patientinnen und Patienten im besten Falle der Nachweis ihrer Genesung. Im schlimmsten Fall allerdings auch das Gegenteil.

Die Rede ist von der „fluoreszenzbasierten Durchflusszytometrie“ – einer Methode, die die präzise Analyse einzelner Zellen erlaubt. Die Ergebnisse der Messungen werden in ebenjenen Punktwolken dargestellt. Dauerte die Zuordnung gutartig/bösartig mit früheren Techniken noch etwa 1,5 Stunden pro Zelle (!), können mit dieser Technik etwa 35.000 Zellen pro Sekunde vermessen und beurteilt werden. Aber welcher Trick steckt dahinter?

Präzision und Disziplin – zwei Eigenschaften, die bei der Laborarbeit ohnehin einen hohen Stellenwert haben – sind bei der Durchflusszytometrie der Schlüssel zum Erfolg. „Alle in Reih und Glied aufstellen zum Durchzählen!“ So in etwa lautet das Kommando für die Zellen bei dieser Methode. Denn nur, wenn alle schön nacheinander fließen, ist eine quantitative Messung der Zellen und sogar deren qualitative Beurteilung möglich.

Mit früheren Techniken dauerte die Zuordnung gutartiger oder bösartiger Zellen

1,5

Stunden pro Zelle!

Heute können mit der fluoreszenzbasierten Durchflusszytometrie

35.000

Zellen pro Sekunde zugeordnet werden!

Ein Blick auf die Methode

Die Durchflusszytometrie erlaubt die Analyse von Zellen beispielsweise aus Blut oder Knochenmark, die in hohem Tempo einzeln an einer elektrischen Spannung oder einem Lichtstrahl vorbeifließen. Je nach Form, Struktur und/oder Färbung der Zellen werden physikalisch unterschiedliche Effekte erzeugt, aus denen die Eigenschaften der Zelle abgeleitet werden können. Das klingt erst einmal kompliziert, ist aber weniger komplex, als man denkt. Stark vereinfacht funktioniert es in etwa so: An einer Mautstation auf der Autobahn funktioniert nur eine einzige Schranke – die anderen sind defekt. Alle ankommenden Autos müssen also durch diese eine Durchfahrt, egal ob Kleinwagen, SUV, Laster, Motorrad oder Wohnmobil. Es gibt ein bisschen Gedränge, aber letztlich fährt ein Fahrzeug nach dem anderen durch die Schranke. Die Mautstation möchte für jedes Fahrzeug den passenden Preis berechnen (abhängig von Größe und Ladung) und muss dafür automatisiert herausfinden, was für ein

Autotyp sich jeweils gerade an der Schranke befindet und wie viel Ladung das Fahrzeug transportiert. Um diese Informationen zu gewinnen, wird Licht genutzt. Das jeweilige Auto wird an der Schranke angestrahlt, und mithilfe der resultierenden Schattengröße und -form erfolgt eine Zuordnung nach Größe und Fahrzeugtyp. Im Wagen befindliche Personen und Ladung verändern den Schattenwurf, weil durchscheinende Fensterflächen verdeckt werden, sodass man daraus Rückschlüsse auf den Inhalt des Autos ziehen kann. Und schon hat man Fahrzeug und Ladung analysiert.

Im Labor funktioniert die Durchflusszytometrie ganz ähnlich. Voraussetzung für die Durchführung ist, dass sich die zu untersuchenden Zellen in einer Lösung befinden. Ein sogenannter Hüllstrom fokussiert die Zellen, also bringt sie in Reih und Glied. Treten sie nun nacheinander in den Mikrokanal einer hochpräzisen Küvette aus Glas oder Quarz ein, kann jede einzelne durch den Messbereich eines Laserstrahls geführt werden. Dabei emittiert die Zelle Streulicht, das gemessen wird. Das Streulicht wird durch Zellgröße, Struktur der Zellmembran und intrazelluläre Bestandteile (Granularität) beeinflusst. Gemessen wird es meistens an zwei Stellen: Das Vorwärtsstreulicht misst man in Richtung des ursprünglichen Strahls. Es hängt vor allen Dingen von der Größe einer Zelle ab. Das Seitwärtsstreulicht wird in einem 90-Grad-Winkel zum ursprünglichen

Fachlabore

bieten durch die Analyse der Zellen mithilfe der Durchflusszytometrie eine spezielle Leistung an

Strahl gemessen und hängt stark vom Inhalt einer Zelle ab. So streuen zum Beispiel Granulozyten, die eine raue Oberfläche und in ihrem Inneren viele Bläschen haben, deutlich mehr Licht als die sehr glatten T-Zellen. Die Zellen können damit in unterschiedliche Fraktionen sortiert und gezählt werden.

Um die Methode noch präziser zu machen, wird die Zellsuspension vor ihrer Analyse mit fluoreszierenden Farbstoffen oder Antikörpern versetzt, die sich an klar definierte Bestandteile einzelner Zellgruppen setzen und diese so markieren. Warum? Eine Unterscheidung zum Beispiel von Lymphozyten in ihre Untergruppen B- und T-Lymphozyten ist durch die klassische Durchflusszytometrie eigentlich nicht möglich, weil sich die Zellen zu ähnlich sind. Markiert man beide Zellarten jedoch im Vorfeld mit unterschiedlich fluoreszierenden Antikörpern, die sich jeweils nur an einen der beiden Zelltyp binden, dann funktioniert eine Klassifizierung sehr wohl. Zeitgleich mit dem Streulicht misst das Durchflusszytometer die Fluoreszenzfarben. Durch den Einsatz verschiedenfarbiger Laser und Filter kann die Anzahl der einsetzbaren Farbstoffe zur Markierung von Zellen und damit die Informationsdichte deutlich erhöht werden.

Und was passiert mit den gesammelten Daten? Die werden in den eingangs erwähnten Graphen dargestellt, in denen

Frau Dr. Kamprad-Lachmann im amedes Labor, Halle

jeweils ein oder zwei Parameter gleichzeitig betrachtet werden können. Mithilfe von sogenannten „Gates“ können Teilmengen der Zellen für weitere Analysen ausgewählt und so sehr detaillierte Ergebnisse erzielt werden.

Einsatz im Labor und Weiterentwicklung der Methode

Die Analyse von Zellen mithilfe der Durchflusszytometrie ist eine spezielle Leistung von Fachlaboren. Ein klassischer Anwendungsfall ist die Bestimmung von Subpopulationen der Lymphozyten wie den T- und B-Lymphozyten sowie der NK-Lymphozyten. Die Anzahl dieser Zellen im Blut gibt einen guten Überblick über die Leistungsfähigkeit des Immunsystems, also den zellulären Immunstatus. Unterschreiten T- oder B-Lymphozyten ein Limit, steigt das Risiko einer Abwehrschwäche. Veränderungen in der Zusammensetzung der einzelnen Subpopulationen oder eine Aktivierung von T-Lymphozyten spiegeln weiterhin die Reaktionen auf eine Infektion, Entzündungen, Autoimmunerkrankungen oder auch auf verschiedene Therapien wider.

Die Methode hatte mittlerweile mehr als 50 Jahre Zeit, zu reifen und sich weiterzuentwickeln. Sowohl physikalisch als auch

Die Anzahl von T- und B-Lymphozyten sowie NK-Zellen im Blut,

gibt einen guten Überblick über die Leistungsfähigkeit des Immunsystems

Durchflusszytometrie, die aktuelle Methode in der Labordiagnostik

Aber was macht diese Methode zu so einem Gamechanger in der Labordiagnostik? Durch das hier beschriebene Fallbeispiel versteht man besser.

Freitagnachmittag. Das Labortelefon klingelt. Am Apparat: der diensthabende Arzt der städtischen Klinik. Felix L., ein junger Familienvater, wurde als Notfall auf die Station für Hämatologie und Onkologie eingewiesen. Es besteht der Verdacht auf eine akute Leukämie. Die Zeit drängt. An dieser Stelle kommt Frau Dr. Kamprad-Lachmann mit ihrem Team aus der Durchflusszytometrie ins Spiel. Nach der Vorbereitung der eilig gelieferten Blutprobe beginnt die Detektivarbeit des Laborteams. Hier ist die Suche nach der atypisch veränderten Zelle das Prinzip. Krankhaft veränderte Zellen sind sehr erfinderisch, wenn es darum geht, sich ein anderes Aussehen zu verpassen oder sich zu „tunen“. Es scheint, als wäre alles erlaubt: Oberflächenstrukturen gehen verloren oder werden länger präsentiert, Reifungsmuster verändern sich, einige Zellen machen sich sogar Strukturen anderer Zelltypen zu eigen. Für diese Fahndung ist die hoch auflösende, multiparametrische Durchflusszytometrie prädestiniert. Je mehr Antikörper in verschiedenen Farben parallel zur Beschreibung der Zelle eingesetzt werden, desto detaillierter, bunter und pixelreicher ist das Bild der Zelle. Im Hallenser amedes Labor kommen 12-Farben-Durchflusszytometer zur Anwendung. Je nach Fragestellung werden dann 25 bis 40 Antikörper zur Typisierung von Zellen genutzt. Die Frage nach der Natur des veränderten Lymphozyten oder des Blasten, die sich am Mikroskop bei der zytologischen Beurteilung am Anfang der Diagnostik stellt, kann die Durchflusszytometrie innerhalb kurzer Zeit beantworten. Nicht in allen Fällen kann bereits jetzt die endgültige Differenzialdiagnose gestellt werden, aber der diagnostische Pfad ist gebahnt. Spezifische genetische Untersuchungen sichern oder differenzieren die Diagnose und Therapieentscheidungen. Beim Patienten Felix L. kann Frau Dr. Kamprad-Lachmann die Diagnose eindeutig stellen: Das Muster ist beweisend für eine zytogenetisch definierte akute myeloische Leukämie (AML) mit günstiger Prognose. Die Ärzte in der Klinik können nun zügig eine für den Subtyp der AML spezifische Therapie einleiten.

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Therapie von akuten Leukämien oder von Lymphomen grundlegend gewandelt. Bis vor nicht allzu langer Zeit schoss man noch „mit Kanonen auf Spatzen“ und setzte Medikamente gegen Zellen im Teilungsprozess ein – Kollateralschäden inklusive, denn natürlich teilen sich auch gesunde Zellen permanent. Heute werden diese unspezifischen Therapien zunehmend durch personalisierte Krebstherapien ergänzt oder ersetzt, die sich gegen definierte Oberflächenstrukturen auf Zellen richten. Diese Therapien sind gezielter, da sie sich an eine Adresse auf der Zelle richten, egal ob sich die Zelle teilt oder nicht. Ein Blick auf das „Antikörper“-Muster der veränderten Zellen verrät somit, welche Therapien geeignet sind. Fehlt eine Struktur auf der Oberfläche, muss eine alternative Therapie gesucht werden. In den letzten Jahren kommen bevorzugt Therapien unter Verwendung von Antikörpern oder aktuell sogenannte zellbasierte Krebstherapien (CAR-T-Zelltherapie) zum Einsatz. Besonders wichtig für den Patienten ist natürlich die Frage, ob die Therapie anschlägt. Mithilfe des individuellen Musters von veränderten Zellen können Labore diese auch unter Millionen normaler Zellen wiederfinden. Dies lässt eine frühzeitige Änderung der Therapie oder aber auch eine langfristige Kontrolle von „minimalen Resterkrankungen“ zu. Die Durchflusszytometrie wird Felix L. während der Therapie regelmäßig begleiten.

chemisch hat sich in diesem Zeitraum viel getan. Mittlerweile profitiert die Durchflusszytometrie zum Beispiel von deutlich verbesserten und weiteren Lichtquellen und hochsensiblen Detektoren, optimierten Farbstoffen und Antikörpern und natürlich computergestützten Auswertungsalgorithmen, die die Untersuchung auf ein anderes Niveau gehoben haben. Die Miniaturisierung, Standardisierung und Automatisierung der Probenvorbereitung sowie der Auswertung und Interpretation der Proben sichern zunehmend die Schnelligkeit und Präzision einer Methode, die von dem Wissen und der Erfahrung eines Teams lebt. Der früher „gefürchtete“ Anruf aus der Klinik oder Praxis am Freitagnachmittag mit der dringenden Frage, ob eine akute Leukämie vorliegt, kann so von Dr. Kamprad-Lachmann noch vor dem Wochenende beantwortet werden und Ärzte und Patienten in den Kliniken zügig mit – im wahrsten Sinne des Wortes – lebenswichtigen Informationen versorgen.

12-Farben-Durchflusszytometer

werden zur Anwendung gebracht und je nach Fragestellung 25 bis 40 Antikörper zur Typisierung von Zellen genutzt

Versteckte Genetik – Diabetes kann erblich sein

Eins, zwei oder drei? Wussten Sie, dass es nicht nur Typ-1 und Typ-2-Diabetes gibt, sondern auch einen Typ 3?

Dr. Constanze Bauer
Dr. Stefan Gölz
Dr. rer. nat. Anna Teubert

Die Suche nach dem Rechtschreibfehler in der DNA

Viele Menschen haben davon noch nie etwas gehört. Aus gutem Grund: Weltweit wird die Häufigkeit von MODY-Diabetes (Maturity-onset diabetes of the young), wie der Typ-3-Diabetes korrekt heißt, nur auf zwei bis fünf Prozent aller Diabetiker geschätzt. Diese erbliche Form des Diabetes wird nicht nur häufig übersehen, sie bringt auch ein paar Besonderheiten mit sich.

Ein Fallbeispiel

Auch der 29-jährige Tobias K. (Name geändert) ist sich nicht darüber im Klaren, dass es neben dem „Jugend- und Altersdiabetes“ noch eine weitere Form der Zuckerkrankheit gibt, als er sich im Oktober 2019 nach Wohnortwechsel erstmals in der amedes Diabetes-Schwerpunktpraxis im schwäbischen Esslingen beim Diabetologen Dr. Stefan Gölz vorstellt.

Zehn Jahre zuvor war bei ihm ein Diabetes diagnostiziert worden. Seine Eltern hatten damals eine Routineblutuntersuchung auf erhöhten Blutzucker bei ihm und seiner älteren Schwester veranlasst, weil der Vater an Diabetes erkrankt war und sie sich um ihre Kinder sorgten. Während die Untersuchungen bei der Schwester keine Auffälligkeiten ergaben, fanden sich bei Tobias K. leicht erhöhte Werte, woraufhin eine Insulintherapie eingeleitet wurde. Eine weitergehende, über die Routinediagnostik hinausgehende Laboranalytik lässt sich nicht erfragen.

Seit der Diagnosestellung spritzt Tobias K. sich gegen 22 Uhr einmal täglich ein Verzögerungsinsulin. Zu den Hauptmahlzeiten nutzt er einen Insulinpen, mit dem er sich je nach Größe der Mahlzeit wenige Minuten vor dem Essen spritzt. Dabei variiert die Dosis, und er gibt zu, dass er es manchmal auch einfach vergisst. Auch die Blutzuckermessung vor der Mahlzeit fällt in seinem stressigen Alltag als Unternehmensberater häufig unter den Tisch. Er arbeitet viel, ist häufig im In- und Ausland unterwegs, der Diabetes scheint in seinem Leben nicht viel Raum zu haben. Tobias K. lebt mit seiner Partnerin zusammen, ist mit einem Body-Mass-Index von 25 kg/m² normalgewichtig, hat ein Abonnement im Fitness Studio und versucht, je nach beruflicher Belastung ein- bis dreimal pro Woche jeweils 60 bis 90 Minuten zu trainieren. Geraucht hat er nie, selten mal am Wochenende etwas Alkohol getrunken. Er schildert keinerlei körperliche Beschwerden.

Diabetesspezialist Gölz erfragt die detaillierte Familienanamnese des Patienten: Der an Diabetes erkrankte Vater hat drei Geschwister. Zwei von ihnen sind gesund, ihre Kinder ebenfalls. Eine Schwester allerdings hat während ihrer ersten Schwangerschaft mit nur 22 Jahren einen Schwangerschaftsdiabetes entwickelt, der auch nach der Schwangerschaft persistierte. Von ihren insgesamt drei Kindern hat ein Sohn – also der Cousin von Tobias K. – ebenfalls einen Diabetes mellitus, der bei der Musterung aufgefallen war. Allerdings wird dieser nicht mit Insulin, sondern mit Tabletten behandelt, was Tobias K. mit etwas Verwunderung berichtet. Eine interessante Information, denn eine orale antidiabetische Therapie (also mit Tabletten) bei jungen Menschen mit Diabetes ist die Ausnahme und nicht die Regel. Für die allermeisten jungen Menschen mit Diabetes ist die Chance, ohne eine

MODY-
Diabetes
Maturity-onset diabetes of the young
=
Typ-3-
Diabetes

komplexe Insulintherapie auszukommen, allenfalls ein Wunschtraum; die meisten werden lebenslang spritzen müssen.

Dr. Stefan Gölz, Ärztlicher Leiter der Esslinger Diabetes-Schwerpunktpraxis, wird nach dieser Erstanamnese hellhörig und forscht nach weiteren Details. Dafür liest er das Blutzuckermessgerät von Tobias K. mit einer speziellen Software aus. Es zeigt einen mittleren Blutzuckerwert von 176 mg/dl bei durchschnittlich 3,2 Messungen am Tag. Das wirkt plausibel und passt zu dem am Tag der Erstvorstellung in der Praxis gemessenen HbA1c-Wert („Blutzuckergedächtnis“, verzuckerter roter Blutfarbstoff) von 8,3 Prozent, was nicht ganz dem Zielbereich von unter 6,5 bis 7,5 Prozent entspricht. Tatsächlich gibt es nicht viele Praxen – mit Ausnahme größerer Diabetes-Schwerpunktpraxen –, die in weniger als fünf Minuten ein Ergebnis für sehr entscheidende Laborparameter erhalten können, die ein wichtiger Bestandteil sind, um die Güte der Diabetestherapie, respektive deren Erfolg, erkennen zu können.

Einschätzung nach dem Erstkontakt

Was sind die Gründe dafür, dass Experte Gölz nach diesem Erstgespräch mit Tobias K. auf eine tiefer gehende Diagnostik dringt?

Insbesondere das Erkrankungsalter der betroffenen Familienmitglieder jeweils als junge Erwachsene und die ungewöhnliche Verteilung mit etwa der Hälfte der Erkrankten pro Generation sind in diesem Fall auffällig. Dr. Gölz äußert erstmals den Verdacht auf das Vorliegen eines monogenetischen, also erblichen Diabetes mellitus. Aufgrund des Erkrankungsalters liegt der Verdacht auf einen MODY-Diabetes vor. MODY steht dabei für „Maturity-onset diabetes of the young“, was so viel bedeutet wie ein im jungen Erwachsenenalter festgestellter Diabetes mellitus.

MODY

ist erblich bedingt, deshalb familiär gehäuft

Dominanter Vererbungsweg

Labordiagnostik bei Verdacht auf MODY

Der Nachweis aller genetischen Erkrankungen erfordert in der Regel aufwendige molekulargenetische Untersuchungen. Auch im Fall von Tobias K. ist der nächste Schritt die Laboranalyse seines Blutes, um herauszufinden, ob er unter einem MODY-Diabetes leidet. Eine von der Medizinischen Fachangestellten entnommene Blutprobe wird an das Hannoveraner amedes Labor geschickt und dort untersucht. Für solche Untersuchungen am Erbgut ist es gesetzlich vorgeschrieben, dass nach einer ausführlichen Aufklärung von den Betroffenen oder den gesetzlichen Betreuern sowie den Behandlern eine Einverständniserklärung unterzeichnet wird. Nun wird mithilfe der sogenannten „Next-Generation-Sequencing-Technologie“ (NGS) ein von Experten kuratiertes Gen-Panel (also mehrere Gene, die für MODY verantwortlich sein können) auf das Vorliegen von krankheitsverursachenden Varianten analysiert.

Nach der Erfassung der Blutprobe von Tobias K. im Laborinformationssystem isoliert eine Medizinisch-technische Assistentin die DNA (Desoxyribonukleinsäure) aus dem Probenmaterial des Patienten. Dies geschieht in der Regel voll automatisiert über einen Extraktionsautomaten. Mittels NGS werden die für MODY relevanten Gene aus der isolierten DNA vervielfältigt. Die MTA arbeitet hier einen komplexen mehrtägigen Prozess ab, der aus zahlreichen Arbeitsschritten besteht. Am Ende steht die sogenannte „Library“, die auf dem Sequenzer (einem speziellen Laborgerät) analysiert wird. Im Anschluss an diese Sequenzierung werden die gewonnenen Rohdaten an naturwissenschaftliche Mitarbeiter übergeben, die die bioinformatische Auswertung übernehmen. Die Biologen prüfen mithilfe spezieller Software, ob sich in der Abfolge der DNA Veränderungen zeigen, die krankheitsverursachend sein können. Dieser Schritt entspricht der „Suche nach dem Rechtschreibfehler“ in der DNA. Im Fall von Tobias K. kann ein solcher „Rechtschreibfehler“ – also eine krankheitsverursachende Variante – im HNF1a-Gen (c.872dupC; p.Gly292Argfs*25) in heterozygoter Form nachgewiesen werden. Im abschließenden Befund werden die gefundene Variante und ihre Auswirkung in Bezug auf die Verdachtsdiagnose (in diesem Fall MODY) beschrieben. Dieser Befund wird im Hannoveraner amedes Labor gemeinsam von Naturwissenschaftlern und Fachärzten für Humangenetik erstellt und schließlich dem Einsender Dr. Gölz zur Verfügung gestellt.

Die Diagnose eines genetisch bedingten MODY-3-Diabetes bei Tobias K. ist damit auch labordiagnostisch bestätigt.

Therapie des MODY

Tobias K. leidet also an der erblichen Form des Diabetes mellitus vom Typ MODY 3. Aber was bedeutet das nun für ihn?

Die Besonderheit bei dieser erblichen Form des Diabetes besteht darin, dass die Behandlung häufig mit einer Tablette gelingt, die sonst kaum mehr Einsatz in der Diabetestherapie findet, kostengünstig ist, aber weitgehend als „altmodisch“ eingeschätzt wird.

Mit der Gabe von 60 Milligramm des oralen Antidiabetikums Gliclazid und der halben Menge des Verzögerungsinsulins am Morgen ist Tobias K. schon nach kurzer Zeit optimal eingestellt. Das Messen und Spritzen zu den Mahlzeiten entfällt ersatzlos. Auf ein komplettes Absetzen des Insulins verzichtet Dr. Gölz, da die Erkrankung bereits zehn Jahre besteht und möglicherweise die Wirkung der Gliclazid-Tablette nicht ausreichen würde. Die molekulargenetische Analyse im Labor hat hier nicht nur Klarheit über die exakte Diagnose gebracht, sondern auch das Leben von Herrn K. deutlich vereinfacht.

Tobias K. profitiert von der vereinfachten Therapieform, die sich problemlos in sein Leben integrieren lässt. Ab sofort reicht es aus, morgens eine Tablette zu nehmen und eine reduzierte Dosis Insulin zu spritzen, im Übrigen kann der junge Patient frei seiner Arbeit und seiner Freizeit nachgehen. Er misst nur noch sporadisch seinen Blutzucker, der in der Regel im niedrig-normalen Bereich liegt. Sein Gewicht ist konstant und die einmal pro Quartal gemessenen HbA1c-Werte liegen im Durchschnitt bei 6,9 Prozent. Damit ist die Empfehlung der geltenden Leitlinien auch zur Reduktion des Risikos für Diabeteskomplikationen weitgehend erreicht. Im Mai des Jahres 2022 ist nach der Hochzeit Ende 2021 das erste Kind zur Welt gekommen, eine gesunde Tochter.

Zusammenfassung

Das Beispiel von Tobias K. zeigt eindrücklich, dass die Kombination aus klinischer Erfahrung und einem gut gefüllten „Werkzeugkasten“ an Analysemethoden einschließlich der genetischen Untersuchung manchmal für Betroffene eine unglaubliche Veränderung des lange akzeptierten Krankheitsbildes bewirken kann: besseres Therapieergebnis bei gleichzeitig erheblich reduziertem Therapieaufwand.

MODY

- MODY: Maturity-onset diabetes of the young (= Erwachsenendiabetes, der bei Jugendlichen auftritt)
- 1–5 % aller Diabeteserkrankungen sind vom Typ MODY
- Auftreten: üblicherweise vor dem 25. Lebensjahr
- Erblich bedingt, deshalb familiär gehäuft
- Oft schleichender Beginn
- Dominanter Vererbungsweg
- Weitere Symptome: Cholesterinablagerungen (Xanthome) in der Haut, besonders an den Augenlidern und entlang der Sehnen an den Hand- und Fußgelenken sowie den Ellenbogen- und Kniegelenken, Augenveränderungen (Arcus lipoides)
- Verschiedene Typen, abhängig vom betroffenen Gen (die häufigsten Formen sind MODY 1–5)
- Zu Beginn häufig keine Insulintherapie notwendig
- Diabetestypische Begleit- und Folgeerkrankungen z. B. an Füßen, Augen und Nieren

Für meine Praxen bin ich das Gesicht des Labors

Sandra Helms fährt seit sieben Jahren an fünf Tagen in der Woche für das Hamburger aescuLabor. Die 33-jährige alleinerziehende Mutter liebt ihren Job insbesondere deshalb, weil sie damit einen wichtigen Teil zur reibungslosen Patientenversorgung beiträgt.

Das Interview führte Juliane Ahlers

Sandra Helms, Laborfahrerin

Laborfahrer sind die direkteste Verbindung zwischen Labor und Praxis: Sie fahren täglich in Arztpraxen und holen dort die Patientenproben ab, die im Labor analysiert werden sollen.

Liebe Sandra, erzähl uns doch mal ein bisschen aus deinem Alltag. Wie läuft dein Tag so ab?

Ich fahre jeden Tag zwei feste Touren, auf denen ich insgesamt 14 Praxen besuche: morgens von Hamburg nach Uelzen und zurück und am Nachmittag dann noch mal eine Tour innerhalb Hamburgs. Manchmal kommen zwischendurch noch kurzfristige Anfahrten dazu, zum Beispiel, wenn eilige Proben außerhalb der normalen Abholungen angefragt werden. Dann rufen die Kollegen aus der Dispo mich kurz an und ich mache noch einen Zwischenstopp bei der entsprechenden Praxis.

Fährst du mit deinem eigenen Auto?

Nein, das Auto gehört zur Logistikflotte des Labors. Ich fahre meine Touren mit einem Opel Corsa – immer demselben –, den ich morgens aus der Laborgarage hole und dann für die erste Fahrt vorbereite.

Was meinst du mit „vorbereiten"?

Ich packe Transporttaschen ein und bestücke sie im Sommer mit Kühlaggregaten, um die Patientenproben, die ich abhole, bei der richtigen Temperatur transportieren zu können. Das ist wichtig, denn wenn die Proben zu warm werden, können sie unter Umständen nicht richtig analysiert werden. Stichprobenartig werden uns deshalb auch Temperaturlogger zur Kontrolle mitgegeben. Dann packe ich Laborabnahmematerialien ein, die die Praxen vorbestellt haben, also zum Beispiel Monovetten, Kanülen, Pipetten, Urinbecher und so weiter. Und ich nehme die Ergebnisbefunde der Untersuchungen vom Vortag mit.

All das nimmst du also mit in die Praxen – und was nimmst du mit zurück?

Sämtliches Untersuchungsmaterial, das den Patienten in den Praxen abgenommen wird: Blut, Serum, Urin, Stuhl, Abstriche und auch Gewebe. Die Proben werden von der Praxis in auslaufgeschützte Verpackungen gelegt, also in speziell geprüfte Labortüten oder -boxen, und mir übergeben. Ich packe sie dann in eine geschützte und entsprechend temperierte Transporttasche und liefere sie im Labor ab.

Das ist ja gegebenenfalls infektiöses Material, das du da transportierst. Hast du keine Angst, dich dabei anzustecken?

Nein, es gibt eine sehr strenge Verordnung für den Transport von infektiösem Material, an die wir uns strikt halten müssen. Die Verpackung muss aus mindestens drei Bestandteilen bestehen: einem Primärgefäß, also zum Beispiel einem Blutabnahmeröhrchen, einer Sekundärverpackung, zum Beispiel einer speziellen Labortüte, und einer Außenverpackung – der Transporttasche. Einmal im Jahr werden wir dazu auch geschult, damit wir immer auf dem aktuellen Stand der Regelungen sind.

Und wie lange bist du für die Übernahme der Patientenproben so in den Praxen?

Ein paar Minuten, würde ich sagen. Ich komme ja immer ungefähr zur gleichen Zeit, das heißt, die Praxismitarbeiter erwarten mich schon und die Patientenproben stehen bestenfalls für mich bereit. Manchmal muss ich kurz am Empfang warten, wenn in der Praxis zum Beispiel noch eine späte Blutabnahme gemacht wurde und die Probe noch nicht fertig zum Mitnehmen ist. Dann ist noch ein bisschen Zeit zum Schnacken. Man kennt sich ja inzwischen.

Und worüber schnackt ihr dann so?

Oft über persönliche Dinge, wie es uns gerade so geht und so. Manchmal auch über organisatorische Themen. Wenn es zum Beispiel in der Vergangenheit irgendwo ein bisschen geknirscht hat, frage ich nach, ob jetzt alles wieder rundläuft. Oder wenn die Praxis gerade ein akutes Thema hat, bei dem es Verbesserungspotenzial gibt, sprechen die Mitarbeiter mich darauf an. Mich sehen sie schließlich jeden Tag – ich bin quasi das Gesicht des Labors für sie und damit auch manchmal erste Anlaufstelle.

Löst du solche Themen dann auch direkt?

Wenn ich kann, ja. Bei einer fehlenden Materiallieferung zum Beispiel gehe ich nach der Tour direkt ins Lager und gebe das weiter. Wenn es ein weitreichenderes Thema ist, bitte ich die Praxis, den Außendienst zu kontaktieren. Die Kollegen dort kümmern sich dann darum.

Was magst du besonders an deinem Job?

Also erst mal fahre ich gern Auto – was ja schon mal eine gute Voraussetzung ist. Ich genieße die Zeit, die ich dort für mich bin. Mein Schutzengel fährt übrigens immer mit. Der hängt vorn am Rückspiegel und passt auf, dass mir auf meinen Touren nichts passiert. Der Austausch mit den Praxismitarbeitern und meinen Fahrdienstkollegen gefällt mir auch sehr – quasi als Gegenpol zum Alleinsein im Auto. Das Beste ist aus meiner Sicht aber, dass ich mit meiner Arbeit Menschen helfe, gesund zu werden. Ich transportiere ihre Proben sicher ins Labor, damit sie dort schnell analysiert werden

können. Das macht mich stolz und hebt diesen Job auch von anderen Fahrdienstjobs ab, finde ich.

Gibts denn auch herausfordernde Aspekte an deiner Arbeit oder Dinge, die du nicht so magst?

Stau halt, weil er zu Zeitdruck führt. Die Praxen warten ja auf mich. Wenn ich zu spät komme, werden die Proben auch später analysiert und die Patienten müssen möglicherweise länger auf ihre Ergebnisse warten. Das ist Mist. Und Unfälle sind natürlich auch doof. Zum Glück hatte ich bis jetzt nur zwei unverschuldete, und mein Schutzengel hat zudem ganze Arbeit geleistet, sodass niemandem etwas passiert ist.

Ein Glück, das ist die Hauptsache. Und was war mit den Proben?

Die sind ja gut geschützt, da passiert nichts. Die Dispo hat direkt einen Ersatzfahrer geschickt, der sie übernommen hat und meine Tour zu Ende gefahren ist. Dafür sind bei uns immer Springer im Einsatz, die in solchen Fällen schnell übernehmen können. Auch wenn das Auto aus irgendwelchen Gründen liegen bleiben sollte oder was auch immer. Und wenn der Springer schon woanders im Einsatz gewesen wäre – zum Beispiel bei einer zusätzlichen eiligen Probenabholung –, dann hätte ein anderer Kollege einen Schlenker in seiner Tour gemacht und meine Proben mitgenommen. Da halten wir gut zusammen, das klappt eigentlich immer.

Das klingt nach Netz und doppeltem Boden

Ja, wir sind uns unserer Verantwortung den Patienten gegenüber sehr bewusst. Hinter jeder Probe steckt schließlich ein Mensch, um dessen Gesundheit es geht – eine Mutter, deren Chemotherapie auf Basis der Laborwerte angepasst wird, ein Baby mit unklaren Symptomen, zu deren Klärung die Laborwerte beitragen können, ein Rentner, bei dem die Diabetesmedikamente neu eingestellt werden sollen, oder, oder, oder. All diese Menschen vertrauen darauf, dass das Gesundheitssystem funktioniert – und zu diesem System gehören eben auch wir Laborfahrer.

Die Verpackung muss aus mindestens

3

Bestandteilen bestehen:

einem Primärgefäß, also zum Beispiel einem Blutabnahmeröhrchen, einer Sekundärverpackung, zum Beispiel einer speziellen Labortüte, und einer Außenverpackung – der Transporttasche

Wie war das eigentlich während Corona? Seid ihr da auch gefahren?

Ja klar. Die Praxen waren ja geöffnet und die Proben mussten abgeholt werden. Und Homeoffice geht bei uns ja nicht. Anfangs waren es weniger „normale“ Proben als sonst, weil viele Menschen nicht zum Arzt gegangen sind. Eine Zeit lang fast nur Coronaproben. Das hat sich aber ziemlich schnell wieder normalisiert. Also normale Proben plus Coronaproben. Wir haben natürlich mit Maske gearbeitet und einige Praxen haben es auch so gehandhabt, dass wir gar nicht reinkommen durften, sondern die Proben draußen in Empfang genommen haben.

Hattest du Angst um deine Gesundheit?

Nein, der Kontakt zu den Praxen kann ja knapp gehalten werden, wenn es notwendig ist. Die Ansteckungsgefahr war also sehr niedrig. Mich hat Corona erst nach zweieinhalb Jahren erwischt. Jetzt bin ich hoffentlich erst mal durch damit.

Das hoffe ich auch für dich. Gibts noch etwas, was du über deinen Job erzählen möchtest?

Eigentlich nur, dass ich mich freue, mal darüber berichten zu dürfen. Die meisten Menschen kennen unseren Job ja gar nicht, obwohl er so wichtig und erfüllend ist. Ich trage gern dazu bei, ihn bekannter zu machen.

„Ich transportiere die Proben sicher ins Labor, damit sie dort schnell analysiert werden können. Das macht mich stolz und hebt diesen Job auch von anderen Fahrdienstjobs ab, finde ich.“

In der Serologie bin ich immer auf der Suche nach Hinweisen für Infektions-, aber auch Autoimmunkrankheiten. Weil diese Erkrankungen sehr häufig sind, bin ich täglich indirekt an der Therapie vieler Patientinnen und Patienten beteiligt. Mich motiviert es, zu wissen, dass meine Rolle im Labor von so großer Relevanz für viele Menschen ist!

Heike Weber, Teamleiterin Serologie, MTL,
im Fachgespräch zur Blutgruppenbestimmung mit Dr. rer. nat. Alexander Waniek

Unsere Abteilung zeichnet sich durch das große Spektrum an verschiedenen Analysen aus, die kontinuierlich erweitert werden. Zuletzt wurde eine Analytik zur zuverlässigen Detektion seltener lysosomaler Speichererkrankungen eingeführt. Neben der Routine tut sich also immer was! Im täglichen Betrieb begleiten wir im Labor den kompletten Analyseprozess als Team: von der Probenaufarbeitung über Messung und Interpretation der Messergebnisse bis hin zur Betreuung und Wartung der verschiedenen Messgeräte.

Dr. rer. nat. Johannes Arp, Abteilungsleiter Analytische Chemie,
bei der Aufarbeitung von Proben in einer Zellkulturplatte

Das Labor ist für mich persönlich ein ganz besonderer und abwechslungsreicher Arbeitsplatz, der immer im Wandel ist. Vor drei Jahren habe ich in der Klinischen Chemie angefangen, mittlerweile arbeite ich in der Hämatologie. Durch den Fortschritt von Medizin und Technik lerne ich immer wieder neue Dinge dazu und es wird nie langweilig. Ich übe meinen Beruf als Medizinische Technologin für Laboratoriumsanalytik leidenschaftlich gern aus!

Gemma Lyn De Guzman, MTL, Hämatologie,
beim Beladen eines Hochdurchsatzanalyzers mit Reagenzien für die Klinische Chemie

Impressum

Mitwirkende Autoren

Seite 14, 20, 32:
Autor: Sven Appel
Leiter Marketing & Kommunikation,
Intermed GmbH & Co. KG
LADR Laborverbund Dr. Kramer & Kollegen

Seite 24:
Patricia Jaecklin
RIGHT Marketing Berlin GmbH

Seite 28:
Autor: Dr. Michael Müller,
1. Vorsitzender des ALM e. V.

Seite 44, 72:
Autorin: Juliane Ahlers
Leiterin Kommunikation
Unternehmenskommunikation, amedes
Medizinische Dienstleistungen GmbH

Seite 40, 58:
Autor: Bernd Harder, Journalist und Buchautor, freier Mitarbeiter der Bioscientia Healthcare GmbH

Seite 44:
Autor: Dipl.-Ing. DDr. David Kasper
Gründer und Geschäftsführer ARCHIMEDlife

Seite 44, 62, 68:
Autorin: Dr. med. Constanze Bauer
Unternehmenskommunikation,
amedes-Gruppe

Seite 48, 52:
Autor: Klaus Wilhelm
Wissenschaftsjournalist

Seite 62:
Autorin: Dr. rer. nat.
Manja Kamprad-Lachmann
Laborleitung Durchflusszytometrie, Fachbereich Hämatologie/Immunologie,
amedes Medizinisches Versorgungszentrum
für Laboratoriumsdiagnostik

Seite 68:
Autor: Dr. Stefan Gölz
Ärztlicher Leiter der Diabetes Schwerpunktpraxis Esslingen, amedes-Gruppe

Autorin: Dr. rer. nat. Anna Teubert
Diplom-Biologin, Fachbereichsmanagement
und Abteilungsleitung Somatische Genetik,
amedes genetics

ALM Akkreditierte Labore in der Medizin e.V.

Herausgeber

ALM – Akkreditierte Labore
in der Medizin e. V.

HELIX HUB
Invalidenstraße 113
10115 Berlin

Kontakt
magazin@alm-ev.de
Telefon: 030 403688-4000

www.alm-ev.de
@ALMevTeam

Redaktion

Juliane Ahlers (amedes, Hamburg)
Sven Appel (LADR, Geesthacht)
Dr. Constanze Bauer (amedes, Hamburg)
Dr. Hendrik Borucki (Bioscientia, Ingelheim)
Prof. Dr. med. Jan Kramer
(LADR, Geesthacht)
Philine Rath (indigo, Berlin)
Christian Ries (SYNLAB, Augsburg)
V. i. S. d. P.: Axel Oppold-Soda (ALM e. V.)

Gestaltung
indigo Kommunikationsdesign
Philine Rath
Mommsenstraße 22
10629 Berlin
www.indigo-berlin.de

Bildnachweise

Titel
Konstantin Driess

Adobe Stock
Seite 11, 46: sushytska/Adobe Stock
Seite 44: annatronova/Adobe Stock
Seite 46: Violetta/Adobe Stock
Seite 55: SciePro/Adobe Stock
Seite 58: andry7/Adobe Stock
Seite 61: udok1/Adobe Stock

Freepik
Seite 11, 59: User8331335/Freepik.com
Seite 11, 68: Vectorarte/Freepik.com
Seite 11, 14: Inkoly/Freepik.com
Seite 40: Piki-superstar/Freepik.com
Seite 40: Plutusart/Freepik.com
Seite 43: Pch.vector/Freepik.com
Seite 11, 56: Nawoot/Freepik.com
Seite 60: Zoni39007/Freepik.com
Seite 63: Mashaart/Freepik.com

PR-Bilder
Seite 2, 65, 67, 76
Seite 4: Bernward Bertram
Seite 6: Laborarztpraxis Rhein-Main
Seite 8, 78, 80: Ronald Frommann
Seite 18, 20: Henning Rogge
Seite 20, 34–39, 48, 52: Robert Stuhlmann
Seite 10, 24, 26: Georg J. Lopata
Seite 57: Sandro Schmidt
Seite 11, 62: Dr. Manja Kamprad-Lachmann
Seite 72: Sandra Helms
Seite 73: amedes
Seite 75: ALM e. V. Berlin

wikimedia
Seite 32: RaBoe/wikimedia.org

Shutterstock
Seite 23: iLoveCoffeeDesign/shutterstock.com
Seite 46: marekuliasz/shutterstock.com

Fotolia
Seite 28: Gorodenkoff Productions OU

ALM – Akkreditierte Labore in der Medizin e. V.

HELIX HUB
Invalidenstraße 113
10115 Berlin
Telefon: 030 403688-4000
E-Mail: kontakt@alm-ev.de

www.alm-ev.de
@ALMevTeam

FSC
MIX
Papier
FSC® C044084