Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil I: Kurzbericht

Verbundprojekt:	„Molekulares mikrofluidisches Point of care-System für die Schnelldiagnostik viraler Infektionen"
Teilprojekt:	"Erforschung eines lab-on-a-chip-Systems und Validierung des PoC-Diagnostik-Systems"
Förderprogramm:	TUNGER 2+2
Förderkennzeichen:	01DH21022C
Durchgeführt von:	nal von minden GmbH Carl-Zeiss-Str. 12 47445 Moers
Projektlaufzeit:	01.09.2021 - 31.12.2024
Projektleiter:	Dr. Dimitrios Theodoridis

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01DH21022C gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung trägt der Autor.

Autor(en):

Dr. Dimitrios Theodoridis, nal von minden GmbH

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung

Das (Wieder-) Auftreten viraler Infektionskrankheiten stellt eine ernsthafte Bedrohung für die globale öffentliche Gesundheit dar. Virusinfektionen sind schwierig zu behandeln, weisen mitunter schwere Verläufe auf, die sogar zum Tod des Patienten führen können, und bedeuten somit auch eine enorme finanzielle Belastung für den Gesundheitssektor. Es besteht daher der dringende Bedarf, pathogene Viren frühzeitig zu erkennen und zu identifizieren, sowie ihr (Wieder-) Auftreten in der Umwelt und Bevölkerung zu überwachen.

Aktuell basiert die Identifizierung pathogener Viren auf der Analyse ihres Erbgutes, ihrer Morphologie und den spezifischen Krankheitssymptomen der Patienten. Die Untersuchung des genetischen Materials ist zeitaufwendig, erfordert eine umfangreiche Probenvorbereitung und hochqualifiziertes Laborpersonal. Zudem werden eine ausgeklügelte Infrastruktur sowie teure Laborgeräte benötigt, die besonders Entwicklungsländer vor finanzielle Hürden stellen.

Im vorliegenden Verbundprojekt wurde die Erarbeitung eines kostengünstigen, portablen Point-of-Care-Diagnostiksystems zur elektrochemischen Detektion pathogener RNA-Viren (zunächst am Beispiel von SARS-CoV-2) angestrebt.

Ziel des vorliegenden Teilprojektes war es, die Spezifikation gemeinsam mit den Partnern festzulegen und das lab on a chip-System auszuarbeiten. Schließlich sollte die Funktion des Systems durch Validierungstests in Laborversuchen nachgewiesen werden.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die frühe und genaue Diagnose von Infektionskrankheiten, die über Viren übertragen werden, ist entscheidend, um die Ausbreitung zu verhindern. Der Goldstandard ist die quantitative PCR, da es sich um ein vergleichsweise robustes, reproduzierbares und sensitives Verfahren handelt. Dieses Verfahren weist jedoch mehrere Nachteile auf, insbesondere hinsichtlich der Anwendung, der Herstellung der Chips und der Verfügbarkeit der erforderlichen Laborausstattung.

3. Ablauf des Vorhabens

Zunächst wurden im Konsortium die Anforderungen und Spezifikationen für den neuartigen Test diskutiert und festgelegt. Anschließend erfolgte die erfolgreiche Konzipierung eines lab on a chip-Systems, das die festgelegten Spezifikationen erfüllt.

Im Zuge der Systemerarbeitung validierte nal von minden gemeinsam mit dem Partner LaNSER das Datenerfassungssystem. Weiterhin konnte nal von minden anhand von frühen

Labormustern die angestrebten Funktionalitäten des Tests bestätigen. Parallel wurden die Testkomponenten einer Usability-Analyse unterzogen, wobei die Lagerungsstabilität und die Transportabilität der Komponenten nachgewiesen werden konnte.

Für die Testung realer Proben bereitete nal von minden geeignete Testprotokolle vor. Zusätzlich wurden Konzepte zur Beschaffung von negativen und positiven Proben erarbeitet und die Probennahme standardisiert. Zur Umsetzung dieser Protokolle kam es in der Projektlaufzeit leider nicht mehr, da die Fertigstellung des Demonstrators sich weiter verzögerte.

Begleitend zu den wissenschaftlich-technischen Arbeiten wurden verschiedene Veranstaltungen in Deutschland und Tunesien durchgeführt, um die Vernetzung innerhalb des Konsortiums und darüber hinaus zu befördern.

4. Wesentliche Ergebnisse

Am Ende des Projekts konnte ein lab on a chip-Konzept erstellt werden und die grundsätzliche Funktionalität der technischen und analytischen Komponenten bestätigt werden. Die Usability der Einzelkomponenten sowie des Konzepts wurde analysiert und die spätere Testung des Systems anhand von realen Proben durch die Erarbeitung von Protokollen und Anweisungen vorbereitet.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Zuge des Projektes wurde mit den Konsortialpartnern Fraunhofer Institut für keramische Technologien und Systeme, FRIZ Biochem GmbH (beide Deutschland), Laboratory of Nanomaterials and Systems for Renewable Energies (LaNSER) und Corail Technologie (beide Tunesien) zusammengearbeitet.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil II: Eingehende Darstellung

Verbundprojekt: „Molekulares mikrofluidisches Point of care-System für die Schnelldiagnostik viraler Infektionen"

Teilprojekt: "Erforschung eines lab-on-a-chip-Systems und Validierung des PoC-Diagnostik-Systems"

Förderprogramm: TUNGER 2+2

Förderkennzeichen: 01DH21022C

Durchgeführt von: nal von minden GmbH
Carl-Zeiss-Str. 12
47445 Moers

Projektlaufzeit: 01.09.2021 - 31.12.2024

Projektleiter: Dr. Theodoridis, Dimitrios

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01DH21022C gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung trägt der Autor.

Autor(en):

Dr. Dimitrios Theodoridis, nal von minden GmbH

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Ergebnisse des Projekts 4
2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 10
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten 10
4. Voraussichtlicher Nutzen / Verwertbarkeit der Ergebnisse 10
5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt bei anderen Stellen 11
6. Veröffentlichung der Ergebnisse 11

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

1. Ergebnisse des Projekts

Arbeitspaket 1: Projektmanagement

nal von minden hat das Konsortium beim Projektmanagement unterstützt. Dazu gehörten gemeinsame (virtuelle) Projekttreffen, Überwachung des Fortschritts aller Aktivitäten und Fristen sowie die Ergebniskommunikation und Verwertung: Vorbereitung und Einreichung von Zwischen- und Abschlussberichten des Projekts, Unterstützung bei der Kommunikation der Projektergebnisse an wichtige Stakeholder sowie Verwertung der Projektergebnisse (in Verbindung mit WP6).

Arbeitspaket 2: Spezifikation und Konzeptausarbeitung des mikrofluidischen PoC-Systems zur Schnelldiagnose von Virusinfektionen am Beispiel von SARS-CoV-2.

AP 2.1: Anforderungsdefinition

Die genauen Anforderungen an den im Projekt verfolgten Biosensor wurden festgelegt. Dabei wurden auch die klinischen Randbedingungen und die Anwendung aus Benutzersicht berücksichtigt. Im Mittelpunkt stehen die Sensitivität, Stabilität und Reproduzierbarkeit des Tests sowie die Robustheit, Usability, aber auch Aspekte wie das Auftreten von Interferenzen. Auch die Analytik wird dabei berücksichtigt, insbesondere hinsichtlich der Sensitivität der einzelnen Komponenten.

Dazu wurden Gespräche mit allen Partnern sowie mit Nutzern geführt sowie detaillierte Recherchen vorgenommen. Weiterhin wurde die DIN EN 62366 hinzugezogen, um die Usability sicherstellen zu können.

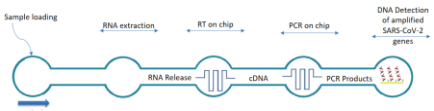
Die Anforderungen wurden im Anschluss zwischen allen Partnern ausgetauscht und wurden projektbegleitend noch aktualisiert. Somit wurde Meilenstein M.2.1 „Die Anforderungen an das Diagnose-System wurden definiert, dokumentiert und gemäß Regularien aktualisiert“ erfolgreich erreicht.

AP 2.2: Spezifikation

Die Spezifikation des Gesamtsystems, die als Grundlage für dessen Ausarbeitung dient, wurde gemeinsam mit den Partnern festgelegt. Begleitend zu den weiteren Arbeiten erfolgten kleinere Anpassungen an der Spezifikation, um die Zwischenergebnisse zu berücksichtigen und möglichen Risiken zu begegnen. Dabei wurden die definierten Anforderungen berücksichtigt, der Lösungsansatz des Systems präzisiert und die Gesamtspezifikation gemeinsam abgeleitet.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Tabelle 1: Auszug aus den Spezifikationen des Mikrofluidik-Chips. Ähnliche Spezifikationen wurden für die anderen Bestandteile des Systems auch durchgeführt.

Parameter/Properties	Value/Information	Notes
Biosensor device concept	Read-out system + microfluidic RT-PCR chip + graphical user interface	RNA extraction => purification => capture => RT-PCR => electrical signal => amplification => digitalization => software processing => storage/visualization
Measuring principle/analyte	Silicon nanowires and graphene field-effect transistors (SiNWs/G-FET) for detection following RT-PCR; data acquisition via portable potentiostat	Highly specific primers for viral RNA/cDNA, initially targeting SARS-CoV-2 Can be adjusted to detect other viruses at a later time
RNA/cDNA binding strategy	Magnetic nanoparticles covered with modified oligonucleotides	Oligos must be specific for the analyte. Which modification needed? Attachment of oligos to the suface via…?
Sample matrix	Physiological solution, containing nasal/nasopharyngeal swab of patients	For other viruses, a blood, saliva, urine, or stool sample may be required (=> interference of the matrix)
Type (disposable/reusable)	Reusable chip desired	Clean-up procedure?
Sample volume needed for measurement	Swab soaked with saliva	
Output unit for the end-user		Yes/no answer desirable; e.g. “virus XXX detected”
Turnaround time (TAT) per sample		From collecting a swab to result display
Measurement time within the device		> 50 % reduction of time required compared to standard technique
Temperature dependency of the measurement (if yes, accuracy of the measurements by temperature changes)	No dependency, since temperature controlled on chip	Needs to be verified during validation
Permissible temperature and humidity range	15-30 °C, 30-70 % RH	Needs to be verified during validation
Recommended storage conditions (temperature, humidity)	Fridge?	There is a need for the channels to be filled with a solvent that will maintain probe activity (keep them from folding down on surface). 20% DMSO is recommended. This would be washed out prior to use.
Shelf time (at recommended storage conditions)	6-12 months	24 months desirable
Stability of reagents and probes	Reagents only added when needed; stored separately, frozen or at 2-8 °C	Chips must be stored in fridge?
Integration of microfluidics (yes/no)	YES: four main chambers connected through channels 1: sample loading, virus capture on graphene, RNA release, RNA binding to oligos on MNP surface, transport to 2nd chamber 2: RNA elution, loading of RT reagents, cDNA synthesis 3: amplification 4: detection via immobilized probes, conversion into electrical signal	
Robustness of electrodes	Channels/electrodes may need a casing for protection (dust/humidity)	
Labelling	Sample application field and analyte name should be printed on the cassette/cartridge Pouch/casing can be labelled with a barcode: must contain reference number, lot number, expiry date, parameter name	

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

AP 2.3: Demonstratorkonzept

Basierend auf der Spezifikation wurden (federführend vom Fraunhofer IKTS) verschiedene detaillierte Konzepte des Gesamtsystems erarbeitet. Diese wurden gemeinsam mit den Projektpartnern auf die Erfüllung der Anforderungen und Spezifikationen untersucht. nal von minden hat dabei insbesondere Knowhow zum späteren Gebrauch (medical need) eingebracht. Im Anschluss wurde ein detailliertes Konzept des Gesamtsystems gemeinsam mit den Partnern festgelegt.

Arbeitspaket 5: Erarbeitung des Datenerfassungssystems

AP 5.3: Untersuchung der Funktionsfähigkeit der Elektronik bei verschiedenen Konzentrationen und Temperaturen; Evaluierung der Sensitivität, Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit des Systems

Bei der Konstruktion des Messelektronik kam es von Seiten LaNSER zu Verzögerungen. Wesentliche Bauteile für die Konstruktion des Potentiostaten konnten nicht geliefert werden. Es wurden daraufhin alternative Bauteile verwendet, so dass das Arbeitspaket verzögert fortgeführt werden konnte. Erste Untersuchungen ergaben, dass die geforderten Messdaten einwandfrei erhoben werden können.

In der Folge konnte die Funktionsfähigkeit des Potentiostaten nachgewiesen werden. Die Messungen erfolgten bei Raumtemperatur.

Arbeitspaket 6: Testung und Validierung des PoC-Systems

AP 6.1: Verifikation der analytischen Spezifikationen

Die zuvor in der Spezifikation definierten analytischen Parameter des Testsystems sollten in einer analytischen Performance Studie unter einer geeigneten Labortestumgebung anhand von Laborversuchen verifiziert werden. Im Mittelpunkt standen dabei Sensitivität sowie Messbereich und Nachweisgrenzen, Spezifität (Interferenzen), Präzision, Reproduzierbarkeit. Die zur Ermittlung der analytischen Leistungsfähigkeit des Testsystems notwendigen Labortests wurden durch Ausarbeitung der Messparameter und Toleranzgrenzen sowie der Testprozeduren geplant und in detaillierten Studienprotokollen festgehalten.

Aufgrund von Fertigungsschwierigkeiten bei Projektpartnern konnten keine funktionalisierten Biosensorchips im Labormaßstab hergestellt werden. Aus diesem Grund konnte nur mit Labormustern im frühen Stadium gearbeitet werden. Dabei wurden die angestrebten Funktionalitäten bestätigt, eine Optimierung der Parameter „Spezifität der capture probes“, „Funktionalisierung der Chips“ und „Sensitivität“ erfolgte jedoch nicht.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

AP 6.2: Verifikation der Anforderungen hinsichtlich Usability unter Berücksichtigung der DIN EN 62366

Um die Eignung des Systems unter Anwendungsbedingungen sicherzustellen, ist eine umfassende Analyse der Gebrauchstauglichkeit (Usability) erforderlich. Ausgangspunkt für die Erforschung der Usability war die DIN EN 62366 Norm: „Anwendung der Gebrauchstauglichkeit auf Medizinprodukte“. Diese befasst sich mit der Verwendbarkeit von Medizinprodukten und gibt Aufschluss darüber, wie die Gebrauchstauglichkeit eines Medizinproduktes während des Forschungs-/Entwicklungsprozesses gewährleistet bzw. verbessert werden kann. Vor diesem Hintergrund wurden in diesem Arbeitspaket die wesentliche Punke definiert, die sinnvollerweise zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit des Gesamtsystems erfasst werden müssen. Es wurden z. B. Verwendungszweck, Patientengruppen, Anwenderprofil, Probenmaterial, Anwendungsbedingungen, u.a. betrachtet. Die definierten Punkte wurden in einem detaillierten Studienprotokoll zusammenfasst.

Ferner sollte die die Stabilität der einzelnen Komponenten im herkömmlichen Gebrauch (In-Use Stability, z.B. nach dem (Wieder-)Öffnen der Primärverpackungen für Kartuschen (Sensoren) und Reagenzien) sowie die Robustheit des Testprotokolls (z.B. bei unterschiedlichen Temperaturen, Schwankungen des Probenvolumens und Unterschiede der Inkubationszeit) untersucht werden. Es wurden die genauen Testbedingungen für Stabilität und Robustheit parallel zur Ausarbeitung des Systems gemäß der o.g. DIN in einem entsprechenden Studienprotokoll festgelegt.

Schließlich wurden auch beschleunigte Alterungstests sowie Studien zur Transportstabilität durchgeführt. Dabei wurde geprüft, ob die Komponenten hinsichtlich der physikalischen und chemischen Eigenschaften über den Testzeitraum hinweg den festgelegten Spezifikationen entsprechen. Die Lagerungsbedingungen (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) wurden dabei in Abhängigkeit vom spezifischen Testsystem und dem Betrachtungszeitraum gewählt und in einem Studienprotokoll ausgearbeitet.

AP 6.3: Testung anhand negativer und präparierter positiver Proben

Negative Proben von gesunden Patienten, die als nicht infektiös gelten, sollen als negative Kontrollproben verwendet werden und können Aufschluss über die grundsätzliche Verwendung solcher Proben im Testsystem geben. Darüber hinaus können diese Proben als Matrix für die Herstellung künstlicher positiver Proben verwendet werden, indem den negativen Proben die Ziel-RNA beigemischt wird. Es wurden mögliche Bezugsquellen für solche Proben ermittelt und Einzelheiten zur Probenahmemethodik und Vorqualifizierung der Proben ausgearbeitet.

Mangels eines funktionierenden Labormusters in Folge der nicht erfolgten Fertigung funktionalisierter Chips im Labormaßstab, konnten die Testungen von präparierten Proben (AP6.3) sowie die Usability-Untersuchungen (AP6.4) nicht durchgeführt werden.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Arbeitspaket 7 InnoForum

AP 7.1 Planung und Durchführung von internationalen öffentlichen Veranstaltungen

Im Rahmen des InnoForums plante das Projektkonsortiums die Vorbereitung und Durchführung von vier Veranstaltungen, die zur Erreichung der oben beschriebenen Ziele führen sollen.

- Kick-Off-Workshop in Dresden (Fraunhofer IKTS, Dresden, Projektmonat (PM) 6)
- Workshop im Bereich Elektrochemie (LaNSER, Hammam-Lif, Tunisia, PM 13)
- Workshop Lateral Flow Tests (nal von minden GmbH, Göttingen, PM 21)
- Internationale Konferenz im Bereich Biosensorik und Mikrofluidik (LaNSER, Hammam-Lif, Tunisia, PM 33).

Der Kick-off Workshop wurde am 30.05.2022 als online Workshop mit mehr als 44 externen Teilnehmern durchgeführt.

Der Elektrochemie-Workshop in Tunesien fand am 03.05.2023 in Hammamet statt.

Die Schnelltest-Tagung in Göttingen wurde vom 27.-28.09.2023 in Zusammenarbeit mit dem Konsortium des Südniedersachsen Point-of-Care Clusters, einem RUBIN-Bündnis des BMBF durchgeführt. Dadurch konnte ein viel breiteres Publikum erreicht werden. Bei der Tagung gab es Fachvorträge von vielen Wissenschaftler aus vielfältigen Themenbereichen rund um die Point-of-Care Diagnostik. In der begleitenden Fachausstellung wurden von verschiedenen Firmen Point-of-Care Diagnostik Systeme vorgestellt und die praktische Anwendung demonstriert. Auch die Politik und Presse war zugegen: Herr Falko Mohrs, Niedersächsischer Minister für Wissenschaft und Kultur sowie Herr Marcel Riethig, Landrat des Landkreises Göttingen haben Grußworte an die Anwesenden gerichtet und sich die Fachausstellung angeschaut. Ein Reporter der „HNA - Northeimer Neueste Nachrichten“ hat einen Artikel über die Tagung veröffentlicht.

Die internationale Konferenz für Biosensoren und Mikrofluidik fand in Zusammenarbeit mit der internationalen Konferenz für Mikrobiologie vom 15.-17.11.2024 in Hammamet, Tunesien statt. Verschiedene Forschungsgruppen stellten ihre Ergebnisse rund um die Themengebiete vor. Es ging um resistente Bakterien, Screening Ansätze, neue Entwicklungen in verschiedenen Krankenhäusern und neue Methoden zur Diagnostik. In letzteres Thema fielen auch die Vorträge unseres Konsortiums.

AP 7.2 Aufbau eines internationalen Netzwerks

Es haben sich keine tunesischen Industriepartner aus der Diagnostikabranche oder aus verwandten Branchen finden können. Nal von minden ist jedoch bereit weitere künftige Kooperationen mit den Partnern von LaNSER und Corail Technology einzugehen, sofern diese mit Produkten der Diagnostikabranche assoziiert sind.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Meilensteine

Die Meilensteine M6.3, M6.4 und M7.2 konnten nicht erreicht werden.

Da die Herstellung von robusten Labormustern für den Biosensor-Chip sowie für die Herstellung einer integrierten Auswerteeinheit nicht gelungen ist, konnten die Studien nach den ausgearbeiteten Studienprotokollen zur analytischen Performance (M6.1 und M6.4), zur Gebrauchstauglichkeit, In-Use Stabilität und Robustheit des Testprotokolls (M6.2) und die Untersuchung von nativem Probenmaterial (M6.3) nicht wie geplant durchgeführt werden. Es ist derzeit nicht geplant diese Arbeiten nach Abschluss des Projekts aus Eigenmitteln nachzuholen, deshalb existiert nach aktuellem Stand keine direkte Vermarktungsperspektive für die Projektergebnisse.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises sind die Personalkosten (ca. 76.000 €). Diese sind gegenüber dem Antrag deutlich erhöht (um ca. 18.000 €). Der Grund hierfür ist die Vergrößerung des Umfangs der durch nal von minden organisierten Tagung in Göttingen sowie die Suche nach Kompensationsstrategien für die zeitliche Verzögerung im Verbund. Der zweitgrößte Posten sind die sonstigen Kosten (ca. 3.000 €). Diese sind für die Organisation der Schnelltesttagung angefallen, konnten jedoch durch sparsame Mittelverwendung gegenüber der Antragsstellung mehr als halbiert werden.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Im Projekt MIDI VIRAL wurden die wissenschaftlich-technischen Grundlagen für ein lab-on-a-chip-System für den schnellen Nachweis pandemischer Viren geschaffen. Diese Arbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit zwischen deutschen und tunesischen Partnern und verbesserten dadurch den wissenschaftlich-industriellen Austausch zwischen den beiden Ländern. Dadurch sind beide Länder für zukünftige Pandemien besser vorbereitet, da die Projektergebnisse im Bedarfsfall schnell anwendungsspezifisch implementiert werden können.

Im Zuge des Projekts wurden mehrere länderübergreifende Treffen durchgeführt, die internationale Vernetzung über das konkrete Projektkonsortium hinaus begünstigten. Die Schnelltesttagung in Göttingen wurde unter Mitwirkung des RUBIN-Clusters Südniedersachsen Point of Care durchgeführt, wodurch ein breiteres Publikum erreicht werden konnte als ursprünglich geplant.

Nach dem Bekanntwerden der Verzögerungen wurden im Konsortium mögliche alternative Lösungsmöglichkeiten erörtert. Hierdurch entstand zusätzlicher Arbeitsaufwand, weshalb trotz des Wegfalls der finalen Praxistests der Personaleinsatz im Projekt unverändert blieb.

4. Voraussichtlicher Nutzen / Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts konnten die Arbeiten am funktionalisierten Chip im Labormaßstab nicht abgeschlossen werden. Leider ist die Fertigstellung der angefangenen Entwicklungsarbeiten aus Eigenmitteln nicht möglich, sodass durch nal von minden keine direkte Verwertung der Projektergebnisse erfolgen wird.

Da die grundsätzliche Nutzbarkeit des Ansatzes nachgewiesen werden konnte, ist es möglich für zukünftige Diagnosesysteme auf die Ergebnisse der Konzeptionierungsarbeiten zurückzugreifen. Sollte es mittelfristig erneut zu Situationen kommen, in denen virologische Diagnosen mit hohem Durchsatz schnell und zuverlässig gestellt werden müssen, ist eine Verkürzung der Entwicklungszeit möglich. Zusätzlich können die Ergebnisse für verwandte lab on a chip-Systeme genutzt werden.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt bei anderen Stellen

Während des Vorhabens wurden keine projektrelevanten Fortschritte bei anderen Stellen bekannt.

6. Veröffentlichung der Ergebnisse

Die Projektergebnisse wurden im Rahmen der öffentlichen Tagungen des Innovationsforums (Elektrochemie Workshop, 03.05.2023 in Hammamet, Tunesien, Schnelltest-Tagung in Göttingen, 27.-28.09.2023 und internationale Konferenz für Biosensoren und Mikrofluidik in Zusammenarbeit mit der internationalen Konferenz für Mikrobiologie, 15.-17.11.2024 in Hammamet, Tunesien) der Öffentlichkeit präsentiert. Darüber hinaus hat es keine weiteren Veröffentlichungen gegeben.