Schlussbericht

zum Verbundprojekt

WIR! - DIANA - Gestaltung Kapillarkraft-gesteuerter PoC-Diagnostiksysteme für die antikörperbasierte Bestimmung von Alzheimer-Biomarkern mittels multiskaliger Simulationsmethoden (BioSim)

Sachbericht

zum Teilvorhaben

Teilprojekt 4: Antikörperbasierte Alzheimertests

von

Roboscreen GmbH
Dr. Ingolf Lachmann | CEO | Shareholder
Hohmannstraße 7 | 04129 Leipzig
www.roboscreen.com

Gefördert durch:

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Förderkennzeichen: 03WIR7305D
Zuwendungsempfänger: Roboscreen GmbH
Projektträger: Projektträger Jülich (PTJ) Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ)
Berichtszeitraum: 01.05.2023 - 30.04.2025
Autor: Dr. Ingolf Lachmann

- *Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.* -

TEIL I: Kurzbericht

1. Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.

Gut belegte Biomarker der für die Alzheimerkrankheit charakteristischen neuropathologischen Veränderungen, die bereits heute in der Klinik für die Diagnosestellung berücksichtigt werden, sind Amyloid-beta 1-40 und 1-42, gesamtes Tau-Protein und Phospho-Tau. Neuere Untersuchungen zu den Aβ-Peptiden, Tau und Phospho-Tau in Blutplasma haben gezeigt, dass sie die Unterscheidung von Alzheimerpatienten von Patienten mit anderen Demenzen erlauben. Dabei zeigt es sich, dass sich gerade für den Nachweis von Tau/Phospho-TAU immer weitere und sehr vielversprechende Optionen, einer Diagnostik in Blutplasma ergeben, wobei es noch zu prüfen ist, welche der Marker die besten und genauesten Aussagen liefern werden. An dieser Stelle werden die eigenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von RBS einsetzen. Es geht um die genaue Analyse der bereits bestehenden Testsysteme und die Fragestellung, ob die Antikörper

a) ob die vorhandenen Antikörper generell für eine Anwendung zur Diagnostik von Alzheimer in Blutplasma geeignet sind,
b) ob weitere, neue und in der Literatur bereits beschriebene Antikörper zu generieren und in die Anwendung zu integrieren sind,
c) wie genau die biochemischen Bedingungen der Analyse für das LOC-System zu definieren sind,
d) welche Modifikation am Testsystem (Antikörper, Reagenzien, Liganden, Testschema) notwendig sind für die Umsetzung in die vorgesehene LOC-Anwendung und
e) ob ein designtes LOC den Anforderungen an die Sensitivität/Spezifität und die Präzision einer diagnostischen Messmethode entspricht.

Für die bisherige Diagnostik verfügt RBS über Antikörper und Immuntests zur Diagnose und Erforschung der Alzheimerdemenz in Hinblick auf Tau/Phospho-Tau. Dabei gibt es einige Antikörper mit sogenannten „Alleinstellungsmerkmal“ über die RBS vollumfänglich verfügt. Es gibt jedoch noch weitere interessante Bindungsstellen bzw. sind diese aus verschiedenen Publikationen abzuleiten, die besonders geeignet für weitere, neue Marker der Blutfraktion des Tau-Proteins/Phospho-Tau sein könnten. Für diese würde RBS neue Antikörper herstellen und ihre Eignung für entsprechende Nachweise prüfen.
Weiterhin ist herauszuarbeiten, welche genauen biochemischen Bedingungen im LOC-System sich wie auf die Reaktionspartner im Testsystem auswirken und mit welchen Methoden ein 100% funktionierender und anwendungsfähiger Tests zu entwickeln ist.
Dazu gehören ebenso Modifikation an den Testkomponenten wie den Testschemen, die durch die LOC-Lösung vorgegeben werden und dann biochemisch umgesetzt werden müssen.

Ein solches herausgefundene und entwickelte Testsystem muss abschließend einer gründlichen Prüfung unterzogen werden, mittels der an Proben nachzuweisen ist, dass alle Anforderungen einer diagnostischen Anwendung erfüllt werden.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Gesamtvorhaben wurde von 4 Partnern unter Koordination durch *TUC-MFT* in 6 Arbeitspaketen mit 24 Unterarbeitspaketen mit weiteren Untersetzungen und 4 definierten Meilensteinen gemeinsam durch die Partner durchgeführt. Die Zusammenarbeit wurde durch regelmäßige Projekttreffen zwischen den Partnern zur Koordination zwischen den Teilvorhaben, zum Austausch wichtiger Projektergebnisse und Materialien und zu gemeinsamen Lösungen von aufgetretenen Fragestellungen unterstützt.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

(1) Definition der Anforderungen an Biochemikalien und Reagenzien sowie Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems.

(2) Für die Prüfung des Demonstrators wurde wie in der Vorhabensbeschreibung vorgesehen ein Referenzsystem zum Nachweis von Alzheimer-Biomarkern etabliert und charakterisiert.

TEIL II: Eingehende Darstellung des Projekts DIANA-BioSIM ALZTEST

1. Durchgeführte Arbeiten im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung

Wie in der Vorhabensbeschreibung vorgesehen wurden die Anforderungen an Biochemikalien und Reagenzien definiert sowie Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems.

Definition von Anforderungen an Biochemikalien und Reagenzien (AP1.1.2).

- Probenmaterial: Plasma/Serum, Vollblut/Kapillarblut, Cerebrospinalflüssigkeit (CSF)
- Probenvorbereitung: Keine Anreicherung, Plasmaextraktion aus Vollblut
- Biomarker: Beta-Amyloid 1-42, 1-40, Tauprotein, phosphoTauprotein, TDP43, Synuclein, PrP, NfL
- Konzentrationsbereiche: 2 – 2000 pg/ml abhängig von Probenmaterial
- Nachweisgrenze (LOD): < 20 pg/ml
- Präzision (Intra/Inter): <10 %
- Korrelation zu Referenzmethode: r > 0,9
- Wiederholbarkeit: 80-90%
- Haltbarkeit und Robustheit

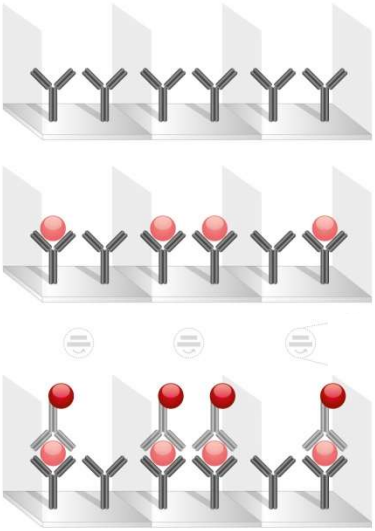
Definition von Anforderungen an Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems (AP1.4.4).

- Niedrige Nachweisgrenze
- Weiter dynamischer Bereich 2-3 log
- Korrelation mit Referenzsystemen
- Hohe Präzision
- Haltbarkeit > 9 Monate
- Robust und Transportsicher
- Spezifität > 90%
- Sensitivität > 80-85 %

Für die Prüfung des Demonstrators wurde wie in der Vorhabensbeschreibung vorgesehen ein Referenzsystem zum Nachweis von Alzheimer-Biomarkern etabliert und charakterisiert. Darüber hinaus wurde ein zweites Referenzsystem aufgestellt ebenfalls mit Bezug zu einer neurologischen Pathologie mit dem Hintergrund, ein sicheres Vergleichssystem hinsichtlich der Konzentration des Biomarkers in Blutplasma zu haben, mit dem die Prüfung mittels des Demonstrators sehr wahrscheinlich möglich ist und nicht an der Problematik sehr niedriger Konzentrationen wie bei den bisher bekannten Alzheimerbiomarkern negativ beeinflusst wird.

Etablierung und Charakterisierung eines Referenzsystems zum Nachweis von Alzheimer-Biomarkern (AP5.3)

Die Arbeiten zur Auswahl des Referenzsystems wurden 2024 durchgeführt. Es wurden dafür Antikörper ausgewählt, hergestellt und geprüft, die es erlauben, eine sensitive Messung in der Blutplasmaprobe durchzuführen und dabei das sogenannte Sandwich-System unter Nutzung zweier Antikörper zu verwenden – siehe Schema.

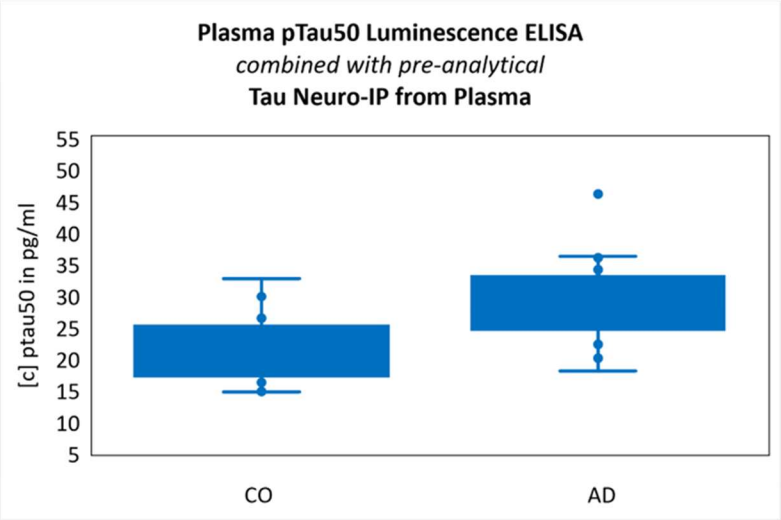


Fangantikörper immobilisiert auf Träger

Biomarker gefangen aus Probe

Detektorantikörper mit ß-Galaktosidase erzeugt Signal

Für den “Biomarker proof of principle” wird ein Nachweis für humanes Prionprotein etabliert, das sich bei kognitiven Störungen im Blut verändert. Als Biomarker für eine Alzheimerdemenz wird das Mikrotubuli-bindende Protein tau, das an Aminosäureposition 50 phosphoryliert ist, nachgewiesen (p50Tau). Dieser Biomarker zeigt bei Alzheimerpatienten signifikante Veränderungen im Hirn und ist sehr gut in Rückenmarksflüssigkeit nachweisbar.
Das Prionenprotein kann im Blutplasma sehr gut in einem Bereich > 100 pg/ml im ELISA nachgewiesen werden, in Proben, die 1:10 verdünnt sind. Das bedeutet, bei einer Direktmessung des Plasmas wie vorgesehen sind ca. 1 NG/ml nachweisbar.
P50Tau zeigt im Blutplasma bei Messung mittels eines ELISA eine sehr gute Trennung zwischen Alzheimerpatienten und den Kontrollpatienten ohne kognitive Einschränkungen (siehe Abbildung).



Mit Abschluss des Berichtszeitraums stehen diese Referenzsysteme für das weitergehende Vorhaben zur Verfügung. Außerdem werden alle Reagenzien auch für das Messsystem bereitgestellt und die notwendige Art und Weise konfektioniert und an Senza übergeben.

Erreichte Meilensteine

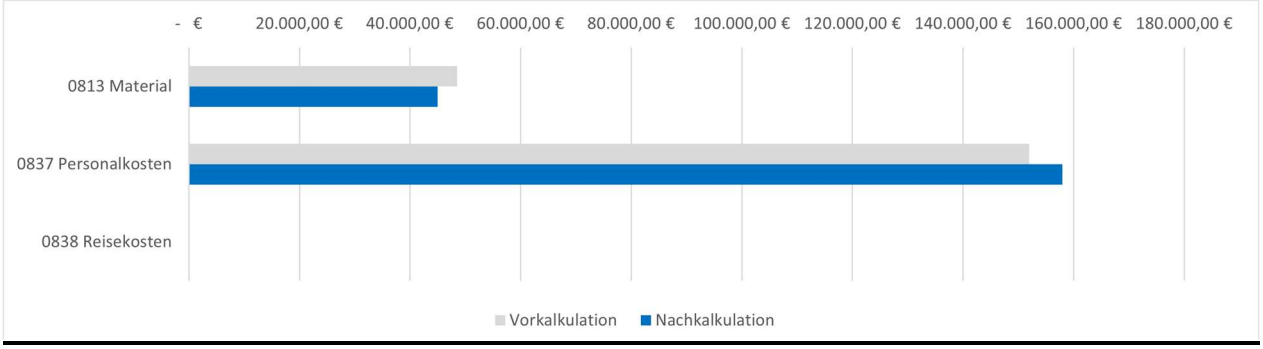
Im Teilvorhaben waren die in der Tabelle dargestellten Meilensteine zu erfüllen.

Beschreibung	Nr.	Termin
Anforderungen an das Gesamtsystem und an die Funktionsbewertung sind erstellt und als umsetzbar bewertet.	1	Monat 4
Referenzsystem und Bewertungssystem sind etabliert und für die Realisierung vorbereitet.	2	Monat 15

Meilenstein 2 konnte nur zum Teil erfüllt werden mit der Etablierung des Referenzsystems. Das Bewertungssystem konnte während der Laufzeit nicht etabliert werden, ein Antrag auf kostenneutrale Verlängerung der Projektlaufzeit wurde abgelehnt.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigsten (einzigen) Positionen laut Verwendungsnachweis sind - wie sich aus dem nachfolgenden Diagramm ergibt - die Kosten für Material (Zellkultur-/Verpackungsmaterialien, Kultur- und Spezialmedien, (Fein)Chemikalien und Lösungen, Zelllinien, Markierungs- und Kopplungssubstanzen) und Personal (mit Wechsel während der Projektlaufzeit zwei Wissenschaftler Biochemiker/ Biologe sowie zwei wissenschaftlich-technische Mitarbeiter).



Die gesamten Selbstkosten des Vorhabens liegen danach 1,24 Prozent über den Kosten der Gesamtvorkalkulation des letzten Änderungsbescheides (vgl. Kosten- und Finanzierungsplan im Schlussbericht Teil III 6.).

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die geleisteten Projektarbeiten wurden nach vorheriger Abstimmung mit den Projektpartnern im Rahmen der Teilvorhabenbeschreibung definiert. Der resultierende Arbeitsplan wurde als Grundlage für die zielstrebige Durchführung des Projektes über den Zeitraum von 24 Monaten

genutzt. Durch regelmäßige Projekttreffen und bedarfsgerechten bi- oder trilateralen Austausch konnten Synergien genutzt und Doppelarbeiten vermieden werden. Zur Reduzierung von Dienstreisekosten fand dieser Austausch überwiegend digital statt.

Die Arbeiten des Teilvorhabens konnten im Projektzeitraum bis auf die ausstehende Bewertung des LOC-Messsystems vollumfänglich bearbeitet werden. Aufgrund eines nicht vorhersehbaren, technischen Defektes an der Laserabtraganlage eines Projektpartners im Laufe des AP 3 kam es zu einer Verzögerung aller experimentellen Arbeiten des Vorhabens. Diese Verzögerung betraf auch die vorgesehenen Versuche zur Validierung des entwickelten LOC-Messsystems.

Für diese anspruchsvolle Entwicklung und die Möglichkeit, ein weiteres Geschäftsfelds aufzustellen, wurde mit der staatlichen Förderung die Möglichkeit geschaffen, in relativ kurzer Zeit ein attraktives neues Marktpotential zu erschließen, wenn die noch ausstehenden Validierungen erfolgt sind und die Ergebnisse dies begründen. Das hätte ohne diese Förderung unser Unternehmen weder zeitlich noch dem Umfang der bereitgestellten Unterstützung leisten können.

4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses – auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft – im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Die aktive Verbreitung der wissenschaftlich fundierten Erkenntnisse und Kompetenzen auf breiter Basis wird die Bedeutung und die internationale Anerkennung des Wissenschaftsstandortes Sachsen festigen und weiter steigern.

Die bestehenden Kontakte zu anderen Forschungseinrichtungen, die Synergien zu anderen Forschungsaktivitäten und Verbänden, die Mitarbeit in Arbeitskreisen sowie die Kommunikation durch Fachvorträge, Fachartikel und industrielle Workshops tragen als Multiplikatoren zum Projekterfolg bei. Dabei ist auch die Präsentation des Demonstrators des LoC-Systems für die antikörperbasierte Bestimmung von Alzheimer-Biomarkern vorgesehen.

Bei Erreichung der Projektziele wird die resultierende Methode beim Projektpartner SensLab für die Entwicklung und Optimierung neuartiger LOC-Systeme Einsatz finden. Bei erfolgreicher Projektdurchführung geht SensLab davon aus, die entwickelte multiskalige Simulationsmethode von LoC-Systemen nach ausführlicher Methodenvalidierung kurz- bis mittelfristig in das Protfolio der Entwicklungswerkzeuge mit aufzunehmen. Letztlich handelt es sich hierbei um eine universelle entwicklungsbeschleunigende Methode, welche nicht nur den im Projektantrag beschriebenen POC-Test zum Nachweis von Alzheimer-Biomarker generiert, sondern allgemein auf jegliche LoC-Entwicklungen anwendbar ist.

Es gibt z.Z. 34 Millionen Alzheimerpatienten weltweit. Es wird mit einer Verdreifachung bis 2050 mit mehr als 70 Millionen (WHO) gerechnet. In den derzeit laufenden Klinischen Studien werden ca. 200.000 Patienten einbezogen, an denen mindestens 5 Testungen zur Abschätzung einer Veränderung des peripheren Aβ-Profiles durchgeführt werden (Alz. Ass. 2018, Patterson 2018). Das geplante Produkt wird nach Zulassung als IVD in den beschriebenen klinischen Studien adressiert, während die beschriebene prädiktive Diagnostik vor allem nach Einführung erfolgreicher präventiver Behandlungen zum Einsatz kommen wird.

Die hochintensive Forschung und Entwicklung im Bereich der Alzheimerkrankheit konzentriert sich vor allem auf Testsysteme einer blutbasierten Diagnostik, mit denen eine kostengünstige, patientenverträgliche und sichere Aussage zu einer möglichen Alzheimererkrankung möglich sein soll. Ein derartiger Bluttest wird die allgemeine Akzeptanz der Alzheimerdiagnostik erhöhen und mit der erfolgreichen Entwicklung von Therapien wird sich eine solche Diagnostik auch weltweit verbreiten und eine attraktive Alternative zu bestehenden Methoden darstellen.

Trotz des nicht vollständigen Erfüllungsstands des Vorhabens leiten sich wichtige Erkenntnisse für eine Fortführung der eigenen Arbeiten ab. So wurde ein Referenzsystem aufgestellt, das für eine Blutbasierte Testung von Patienten für eine Alzheimerdiagnostik Verwendung finden kann. Außerdem können nachfolgend weitere weitere Testsysteme entwickelt werden, die wiederum für eine LoC-Entwicklungen anwendbar sind, wenn zukünftig noch nachgewiesen werden kann, dass diese geeignet für eine Alzheimerdiagnostik ist.

Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten

Die Entwicklung solcher Diagnostika ist sehr anspruchsvoll und Bedarf eines hohen Anteils an Ressourcen materieller und personeller Art. Auch weil das laufende Geschäft betrieben werden muss, ist das geförderte Verbundprojekt mit den Kooperationspartnern wesentlich. Mit dem Verbund werden die beiderseitigen Vorarbeiten und Expertisen fort- und umgesetzt und für die RBS eröffnet sich ein attraktives, neues Marktpotential. Zwei zentrale Faktoren, die maßgeblich für den wissenschaftlichen Erfolg des Verbundprojektes sind, sind die Interdisziplinarität des Verbundprojektes sowie die Erfahrungen und Kompetenzen der Projektpartner. Durch die enge Zusammenarbeit mit Anwendern können aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und technische Notwendigkeiten identifiziert und im Projekt berücksichtigt werden. Die Erfolgsaussichten werden durch kontinuierliche iterative Überprüfungen der Teilergebnisse sichergestellt. Diese werden z. B. über regelmäßige Diskussionen im Rahmen des Verbunds gewährleistet. Dennoch wurden für das Projekt einige Risiken identifiziert (s. Kapitel 3.2). Diese wurden und werden hinsichtlich Ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit bewertetet und bearbeitet.

Die Ergebnisse aus dem Projekt werden auch nach der Laufzeit kontinuierlich weiterentwickelt, so dass daraus wieder Folgeprojekte entstehen. Teils mit öffentlicher Förderung, teils auch ohne. Die Know-how-Aktivitäten der Roboscreen GmbH sind auf eine kontinuierliche Weiterentwicklung

in Hinblick auf eine hohe Wettbewerbsfähigkeit mit Alleinstellungsmerkmalen ausgerichtet. Die Basis ist die Weiterentwicklung des Personals, die sowohl im Prozess mit dem Kunden als auch durch die eigene Präparation erfolgt. Dazu besteht eine intensive Zusammenarbeit mit Hochschulen und Instituten, aus denen nicht nur neues Personal rekrutiert wird, sondern Praktikanten, Diplomanden und Doktoranden interessante Betätigungsfelder finden. Die Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Projekt stärken nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit mit zusätzlichen Aufträgen, sondern erhöhen die Attraktivität und das Image zugunsten der Zusammenarbeit mit Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Netzwerken, Industrie- und Handelskammer und Transferstellen. Nicht zuletzt erhöhen sich die Chancen, Nachwuchs- und Fachkräfte für die Zukunft aus dem Arbeitsmarkt zu gewinnen.

Aufgrund der technischen Voraussetzungen, der langjährigen Erfahrungen und des wissenschaftlich/ technischen Fachwissens RBS bestehen sehr gute Voraussetzungen, die anspruchsvollen Forschungsaufgaben erfolgreich zu lösen. Dennoch ist die Bearbeitung durch ein beachtliches Erfolgsrisiko gekennzeichnet. Die technischen Risiken basieren auf Annahmen.

Wesentliche technologisch/wissenschaftliche Erfolgsrisiken sind vor allem in der diagnostischen Trennschärfe der angeführten Biomarker im Blut zu sehen. Die Partner werden erst nach Abschluss der Validierungen und der Auswertung der Ergebnisse mit Sicherheit wissen, dass die diagnostische Trennschärfe mindestens einem Niveau derzeitiger Diagnostik von >85% entspricht. Damit wäre die Umsetzung einer LOC-Blutanalyse gegeben. Das Ziel einer höheren Trennschärfe und besseren Sensitivität für eine prädiktive Diagnostik wird bei Erreichen den Weg für eine frühdiagnostische Methode ebnen. Die angestrebten Ziele des beantragten Verbundprojektes konnten aufgrund der fehlenden abschließenden Messungen mit dem Bewertungssystem nicht vollständig erreicht werden.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Im Erfolgsfall wird das Verfahren in verschiedenen wissenschaftlichen Studien aus den Themenbereichen Biomarkerforschung, klinische Forschung und Grundlagenforschung verwendet werden können.

Die Maßnahmen zur Sicherstellung der wirtschaftlichen Anschlussfähigkeit des Projektes lassen sich in die Bereiche normativen Gremien, Vorlesungen, den Einbezug von Netzwerken, öffentliche Veranstaltungen sowie Öffentlichkeitsarbeit einordnen:

Normative Gremien: Die Projektergebnisse werden durch die beteiligten Institute und Verbundpartner in verschiedene Standardisierungsgremien z.B. Fachausschüsse eingebracht.

Vorlesungen: Die Ergebnisse und Erkenntnisse fließen darüber hinaus unmittelbar in die Vorlesungen und Weiterbildungsveranstaltungen der Universität ein. Somit wird die mit diesem

Forschungsvorhaben adressierte Thematik besser berücksichtigt. Über den Berufseinstieg kann das generierte Wissen so in die Unternehmen transferiert und dort verbreitet werden.

Einbezug von Netzwerken: Das Projektkonsortium verfügt über Zugänge zu Industrie- und Wissenschaftsarbeitskreise. Über diese Industriearbeitskreise und -netzwerke besteht die Möglichkeit, aktuelle Ergebnisse bereits während der Projektlaufzeit als auch langfristig darüber hinaus publik zu machen.

Öffentliche Veranstaltungen: Die Verbreitung der erarbeiteten Ergebnisse in einer möglichst breiten Öffentlichkeit soll bereits während der Projektlaufzeit durch diverse Veranstaltungen erreicht werden. Zum einen soll durch die Teilnahme von Unternehmensvertretern an öffentlichkeitswirksamen Diskussionen der Transfer der Ergebnisse vom Forschungsprojekt in die Industrie vorangetrieben und die Technologieaufgeschlossenheit verstärkt werden. Messe- und Konferenzauftritte sollen die Verbreitung der Ergebnisse in der Medizin fördern.

RBS und die Partner werden versuchen, die gewonnen Erkenntnisse in ein weiteres Vorhaben einzubringen und damit ein vollständiges Testmuster zu entwickeln und für eine LOC-Blutanalyse in der Zukunft bereitzustellen.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.

Es sind während der Durchführung des Vorhabens keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens von anderen Stellen bekannt geworden.

6. Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses.

Loebel, S.; Schaarschmidt, I.; Steinert, P.; Pöhlmann, C.; Weitzenberg, J.; Hein, M.; Lachmann, I.; Gärtner, E.; Eckert, U.; Schubert, A.: Design of capillary force controlled POCT devices using multiscale simulation methods. Poster: *POCT-Meeting – Point-of-Care Diagnostics: Innovation from assays, microfluidics to production*, Leipzig, 17.–18.04.2024.

Loebel, S.; Schaarschmidt, I.; Steinert, P.; Pöhlmann, C.; Weitzenberg, J.; Hein, M.; Lachmann, I.; Gärtner, E.; Eckert, U.; Schubert, A.: DIANA-Projektvorstellung: BioSim. *WIR!-sind DIANA: Bündnis Newsletter*, Ausgabe 03, Juli 2024.

Loebel, S.; Schaarschmidt, I.; Steinert, P.; Gärtner, E.; Pöhlmann, C.; Hein, M.; Richter, M.; Weitzenberg, J.; Lachmann, I.; Eckert, U.; Schubert, A.: Gestaltung Kapillarkraft-gesteuerter PoC-Diagnostiksysteme für die antikörperbasierte Bestimmung von Alzheimer-Biomarkern. Poster: *4. DIANA-Forum: Point-of-Care-Technologien in der Leistungsdiagnostik*, Chemnitz, 27.08.2025.

Loebel, S.; Schaarschmidt, I.; Steinert, P.; Gärtner, E.; Pöhlmann, C.; Hein, M.; Richter, M.; Weitzenberg, J.; Eckert, U.; Schubert, A.: Modelling of capillary-force-controlled microfluidic systems using multiscale simulation methods. *5th European Biosensor Symposium EBS 2025*, Tarragona, 26.–29.10.2025 –*Veröffentlichung des Tagungsbandes ausstehend.*

Weiterhin ist im Laufe des ersten Quartals 2026 ein Open-Source-Journalbeitrag, welcher die erarbeitete, innovative Simulationsmethodik der internationalen Wissenschaftswelt in vollumfänglicher Form zur Verfügung stellt, geplant. Mögliche Fachzeitschriften hierfür sind *Chemical Engineering Journal*, *Lab on a Chip, Microsystems & Nanoengineering, Frontiers in Lab on a Chip Technologies, Micromachines* sowie *Biomicrofluidics.*