AUSSCHREIBUNG – SPRIND CHALLENGE: ENGINEERING MICROBIAL CONSORTIA

1. WER IST DIE SPRIND?

SPRIND, die Bundesagentur für Sprunginnovationen, ist eine Gesellschaft des Bundes und hat die Aufgabe, bahnbrechende Sprunginnovationen zu identifizieren, zu finanzieren und zu skalieren. Ihr Hauptziel ist es, agile und proaktive Unterstützung zu leisten, um Sprunginnovationen hervorzubringen, die unser Leben verändern.

Die Challenges und Funken sind die Innovationswettbewerbe der SPRIND. Sie sind ein Instrument, mit dem die SPRIND durch die Vorgabe einer konkreten Problemstellung hochinnovative Lösungsansätze aufspürt. Im Wettbewerb miteinander demonstrieren die teilnehmenden Teams, welche Lösungen das Potential zur Sprunginnovation haben.

2. DIE ENGINEERING MICROBIAL CONSORTIA CHALLENGE

Die meisten industriell hergestellten Chemikalien und Materialien werden aus petrochemischen Rohstoffen erzeugt; ihre Produktion ist also mit der Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen und der Entstehung von Treibhausgasemissionen verbunden. Gleichzeitig werden große Mengen kohlenstoffreicher Abfall- und Reststoffströme deponiert, verbrannt oder einer minderwertigeren Nutzung zugeführt, statt in Stoffkreisläufe zurückgeführt zu werden.

Beim Biomanufacturing werden Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen und andere Pilze eingesetzt, um Rohstoffe in Chemikalien und Materialien umzuwandeln. Doch bislang haben diese Verfahren nur bei einem begrenzten Produktspektrum industriellen Maßstab erreicht. Unteranderem, da die meisten Biomanufacturingprozesse auf raffinierte Rohstoffe mit gleichbleibender Zusammensetzung angewiesen sind. Somit gibt es derzeit nicht genügend Ansätze, die die petrochemische Produktion auf Basis nachhaltiger Rohstoffe ersetzen können.

Ein mikrobielles Konsortium ist eine Gemeinschaft mikrobieller Stämme oder Arten, die gemeinsam wachsen. Seine Mitglieder können unterschiedliche Bestandteile eines Rohstoffs nutzen, variable Bedingungen tolerieren oder verschiedene Produktionsschritte ausführen. Konsortien können aus natürlichen Gemeinschaften hervorgehen, gezielt zusammengestellt werden oder beide Ansätze miteinander verbinden.

SPRIND GMBH · LAGERHOFSTR. 4 · 04103 LEIPZIG · INFO@SPRIND.ORG · WWW.SPRIND.ORG
GESCHÄFTSFÜHRUNG: BERIT DANNENBERG · RAFAEL LAGUNA DE LA VERA · VORSITZENDER DES AUFSICHTSRATS: DR.-ING. E. H. PETER LEIBINGER
AMTSGERICHT LEIPZIG HRB 36977 · UST-ID: DE328253854 · KTO: SPARKASSE KÖLN BONN · IBAN DE42 3705 0198 1935 1429 66 · BIC COLSDE33XXX

Biotechnologische Verfahren, die auf robusten Gemeinschaften beruhen, könnten auch dann eine gleichbleibende Produktionsleistung erbringen, wenn relevante Rohstoffe, Betriebsumgebungen oder metabolische Belastungen variieren. Als Gruppe bringen sie zusätzliche Wechselwirkungen und Freiheitsgrade mit, die einzelne Mikroorganismen nicht erreichen können. Allerdings ist das Verhalten von Konsortien damit auch schwerer vorherzusagen und zu steuern. Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz eröffnen jedoch neue Möglichkeiten für schnellere und präzisere Design-Build-Test-Learn-Zyklen, für die Entwicklung leistungsfähiger, quantitativer Vorhersagemodelle sowie für aktive Rückkopplungsregelungen für Herstellungsprozesse.

Hochdurchsatzkultivierung, Sequenzierung, automatisierte Experimente und Online-Messungen können strukturierte hochdimensionale Zeitreihendaten erzeugen, aus denen sich Zusammenhänge zwischen sich verändernden Eingangsgrößen, den latenten Zustandsvariablen, die das abgestimmte Zusammenwirken der Gemeinschaft als Ganzes beschreiben, und den daraus resultierenden Stoffwechselaktivitäten ableiten lassen. Durch die Kopplung von Vorhersage, Intervention und empirischer Validierung können mikrobielle Konsortien zunehmend beobachtbar, steuerbar und in hochskalierten, durchgängigen Herstellungsprozessen nutzbar gemacht werden.

Damit könnten für das Biomanufacturing völlig neue Klassen variabler, minimal aufbereiteter Rohstoffe erschlossen und die Produktion in kostengünstigerer oder umgerüsteter Bestandsinfrastruktur ermöglicht werden. Die Aufteilung der Produktion auf verschiedene Mikroben kann die Produktion dort aufrechterhalten, wo Zwischen- oder Endprodukte einen einzelnen Stamm hemmen und dadurch ein bestimmtes Produkt praktisch unerreichbar machen.

Konsortienbasierte Verfahren könnten zudem neue Nutzungsmöglichkeiten für künftige Rohstoffe wie Acetat und Formiat eröffnen, die durch elektrochemische Umwandlung von CO_2 hergestellt werden.

3. DAS ZIEL

Ziel der Challenge ist es, durch Fermentationsprozesse mit mikrobiellen Konsortien robuste, kreislauffähige und durchgängige Biomanufacturingprozesse für nachhaltige Chemikalien und Materialien zu entwickeln, die durch KI-gestützte Design-Build-Test-Learn-Zyklen stetig weiterentwickelt werden.

Das langfristiges Ziel ist es, mit neuen Herstellungsmöglichkeiten zur Schließung von Stoff- und Kohlenstoffkreisläufen beizutragen. Dies kann auch durch Rohstoffe oder Produkte erfolgen, die perspektivisch angestrebt sind und über die erste kommerzielle Anwendung eines Teams hinausgehen. So wird von den Teams nicht erwartet, dass sie mit ihrem ersten Produkt Stoff- oder Kohlenstoffkreisläufe schließen. In jeder Bewerbung muss jedoch glaubwürdig erläutert werden, wie die Technologie mit zunehmendem Entwicklungsstand durch Rohstoffe, die sie nutzen könnte oder Produkte, die sie herstellen könnte zu diesem langfristigen Ziel beitragen könnte und wie die erste kommerzielle Anwendung diese Technologie voranbringt.

Robuste Biomanufacturing Verfahren sollen eine gleichbleibende und zuverlässige Produktion ermöglichen, auch wenn sich die verwendeten Rohstoffe oder die Betriebsbedingungen ändern oder während der Produktion Stoffe entstehen, die das Wachstum oder die Aktivität der eingesetzten Mikroben beeinträchtigen. Die Challenge Teams werden mikrobielle Konsortien nutzen, um solche robusten Verfahren aufzusetzen. Für jedes Projekt gilt, dass mehrere mikrobielle Stämme oder Arten in mindestens einem Produktionsschritt gemeinsam wachsen müssen. Dieser Produktionsschritt soll wesentlich zur Robustheit des Verfahrens beitragen und ihm dadurch einen wirtschaftlichen Vorteil verschaffen.

Erfolgreiche Prozesse könnten im Bereich des Biomanufacturings neue Klassen variabler, minimal aufbereiteter Rohstoffe erschließen, den Einsatz primärer Ressourcen und die Umweltauswirkungen verringern und die Wettbewerbsfähigkeit erheblich verbessern. Robuste konsortienbasierte Prozesse könnten zudem komplexere Produkte herstellen, die außerhalb der praktischen Reichweite heutiger Biomanufacturingansätze liegen.

Jedes Team wird festlegen, welche Veränderungen des Rohstoffs, der Betriebsbedingungen, der Zusammensetzung der Gemeinschaft oder der metabolischen Belastung sein Verfahren tolerieren soll. Zusammen bilden diese Festlegungen seine projektspezifischen Leistungskriterien. Es muss nicht jede Form von Variation berücksichtigt werden, sondern nur diejenigen, die für das vorgeschlagene Produkt, den Markt und die Anwendung relevant sind.

Die Teams werden Online-Messungen und künstliche Intelligenz nutzen, um quantitative Vorhersagen zu treffen, die Versuchsplanung zu lenken und eine aktive Prozessregelung zu entwickeln. Die benötigten Daten, Modelle und vorhandenen Werkzeuge, wesentliche Daten- oder Werkzeuglücken sowie alle neu zu entwickelnden Werkzeuge müssen klar benannt werden. Vor den vorgeschriebenen externen Robustheitsprüfungen in den Stufen 2 und 3 werden die Teams quantitative Vorhersagen für die jeweiligen Prüfbedingungen einreichen. Diese Vorhersagen werden mit der gemessenen Leistung verglichen, der Vorhersagefehler quantifiziert, der beanspruchte Gültigkeitsbereich der Modelle geprüft und die Reaktion der Prozessregelung bewertet. Die verwendeten Daten und Modelle, die darauf beruhenden Vorhersagen und experimentellen Entscheidungen, die gemessenen Ergebnisse sowie die daraus folgenden Aktualisierungen müssen nachvollziehbar dargestellt werden.

Die Challenge wird Rohstoffhandhabung, biologische Umwandlung, Messung, Prozessregelung und Produktrückgewinnung in einem zusammenhängenden Herstellungsprozess bewerten. Von jedem Team muss die stärkste Alternative benannt werden, mit der sich sein vorgesehenes Produkt herstellen lässt. Die Alternative kann ein auf einer Monokultur beruhender, petrochemischer, zellfreier oder elektrochemischer Prozess sein oder ein Green-Chemistry-Verfahren. Die Ökobilanzierung vergleicht ebenfalls das Verfahren der Teams mit dieser stärksten Alternative und berücksichtigt dabei die bestehende Nutzung der vorgeschlagenen Rohstoffe. Bei dem Vergleich wird außerdem berücksichtigt, ob und wie das Verfahren zu einer stärker kreislauforientierten Wirtschaft beitragen könnte, etwa durch die Nutzung von Abfällen oder künftigen Rohstoffen.

Bis zum Ende von Stufe 3 werden die Finalist:innen ein integriertes Verfahren etabliert haben. Die Prozesse laufen unter realistischen Betriebsbedingungen, wie sie auch für die spätere kommerzielle Produktion vorgesehen sind. Die Teams müssen zeigen, dass sowohl ihr eigenes Verfahren als auch eine extern validierte, vorausschauende Prozessregelung fest in das Gesamtergebnis integriert sind. Jeder Prozess wird in einem Umfang und über einen Zeitraum durchgeführt, die ausreichen, um die wichtigsten verfahrenstechnischen Risiken zu überprüfen und die Umweltleistung anhand gemessener Ergebnisse zu ermitteln. Von den Endanwender:innen hergestellte Engineering-Samples dienen als Grundlage für eine erste Bestellung oder einen Abnahmevertrag. Die Finalist:innen verfügen außerdem über ein klar geführtes Unternehmen sowie über ein glaubwürdiges Netzwerk, das für den nächsten Schritt in Richtung kommerzieller Umsetzung erforderlich ist.

4. WIE ROBUSTHEIT DEFINIERT UND GEMESSEN WIRD

Ein Herstellungsprozess gilt als robust, wenn er innerhalb eines definierten Bereichs relevanter Veränderungen eine gleichbleibende Produkt- und Prozessleistung erbringt. Dazu können etwa Veränderungen bei Rohstoffen, Betriebsbedingungen, der Zusammensetzung der Konsortien oder der metabolischen Belastung gehören. Robustheit umfasst auch die Fähigkeit, Veränderungen frühzeitig zu erkennen, durch Prozessregelung darauf zu reagieren und, soweit relevant, den Prozess neu zu starten oder die Produktion wiederherzustellen. Eine unveränderte Zusammensetzung der Gemeinschaft ist dafür nicht erforderlich, solange die Produktionsleistung erhalten bleibt.

Da Produkte, Prozesse und Märkte sehr unterschiedlich sind, definiert jedes Team eigene, projektspezifische Leistungskriterien. Diese legen fest:

- welches Produkt bzw. welche Funktion erreicht werden soll und welches Ergebnis für die erste Markteinführung erforderlich ist;
- welche Veränderungen das Verfahren tolerieren kann und in welchem Ausmaß;
- wie die gleichbleibende Leistung gemessen und vorhergesagt wird;
- welche Daten, Messungen und Modelle zur Überwachung und Erkennung von Abweichungen eingesetzt werden; und
- wie auf Abweichungen reagiert wird, einschließlich Anfahren, Neustart und Wiederherstellung, soweit relevant.

Die Teams vergleichen ihr Verfahren zudem mit der stärksten Alternative aus der Petrochemie, Green Chemistry, monokulturellen, zellfreien oder elektrochemischen Prozessen, einschließlich der Umweltbilanz über den gesamten Lebenszyklus. Die Jury bewertet Anspruchsniveau, kommerzielle Relevanz, Machbarkeit und die Qualität der Nachweise. Die Kriterien werden in Stufe 1 anhand der gewonnenen Daten präzisiert und bilden die Grundlage für die externen Robustheitsprüfungen in den Stufen 2 und 3.

KI/ML

KI und maschinelles Lernen müssen eingesetzt werden, um quantitative Vorhersagen zu treffen und damit experimentelle Entscheidungen und die Prozessregelung zu unterstützen. Die Teams identifizieren die benötigten Daten, Modelle und vorhandenen Werkzeuge, wesentliche Daten- oder Werkzeuglücken sowie alle neuen Werkzeuge, die entwickelt werden müssen. Vorhersagen, Entscheidungen, Messergebnisse, Fehler und Modell-anpassungen müssen nachvollziehbar miteinander verknüpft werden.

Bewertet werden insbesondere die Qualität und Gültigkeit der Vorhersagen, ihr Einfluss auf Experimente und Prozessregelung sowie die experimentell nachgewiesene Prozessleistung.

EXTERNE ROBUSTHEITSPRÜFUNG

Jede externe Prüfung umfasst mindestens einen vom Evaluierungspartner gewählten Prüfpunkt innerhalb und einen außerhalb des definierten Auslegungsbereichs. Die Teams kennen die möglichen Bedingungen, nicht aber die konkreten Prüfpunkte, und müssen vor deren Bekanntgabe quantitative Vorhersagen für die möglichen Bedingungen einreichen.

Innerhalb des Auslegungsbereichs wird die Leistung anhand der projektspezifischen Kriterien bewertet. Außerhalb des Bereichs wird geprüft, wie gut die Vorhersagen Prozessgrenzen, Prozessverhalten, erforderliche Eingriffe und, soweit relevant, die Wiederherstellung abbilden.

Die unabhängige Bewertung weist Vorhersagefehler und deren kommerzielle Relevanz aus und dokumentiert die Reaktion der Prozessregelung. Die Teams zeigen anschließend, welche Konsequenzen die Ergebnisse für ihre Modelle, Vorhersagen, Prozesse oder Regelungsstrategien haben und welche Erkenntnisse daraus gewonnen wurden.

5. ABLAUF

Die Challenge läuft über einen Gesamtzeitraum von voraussichtlich 38 Monaten (für Details siehe Tabelle 1: Zeitplan).

Interessierte Teams werden gebeten, ihre Bewerbung zur Teilnahme an der Challenge online über das Einreichungsformular einzureichen. Der Bewerbungszeitraum endet am Mo, 16.11.2026 um 11 Uhr (MEZ). Eine Jury aus anerkannten Expert:innen unterstützt bei der Bewertung der Bewerbungen und wählt im Rahmen einer Auswahlsitzung in Leipzig am 02./03.12.2026 bis zu zehn Teams aus, die zur Teilnahme in Stufe 1 zugelassen werden.

Die Challenge besteht aus drei Stufen, in denen jeweils festgelegte Meilensteine erreicht werden müssen. Am Ende von Stufe 1 wählt die Jury bis zu fünf Teams für Stufe 2 aus. Am Ende von Stufe 2 wählt sie bis zu drei Teams für Stufe 3 aus. Am Ende von Stufe 3 gibt die Jury ihre abschließende Bewertung ab, und SPRIND gibt die Teams bekannt, die die Challenge erfolgreich abgeschlossen haben. Stufe 1 dauert 14 Monate, Stufe 2 dauert 12 Monate und Stufe 3 dauert ebenfalls 12 Monate.

Der nachstehende Zeitplan (Tabelle 1: Zeitplan) fasst den gesamten erwarteten Ablauf der Challenge zusammen. SPRIND behält sich das Recht vor, die Termine zu ändern. Die Teilnehmenden werden rechtzeitig über alle sie betreffenden Terminänderungen informiert.

Tabelle 1: Zeitplan

Datum	Veranstaltung
01.10.2026	Start der Ausschreibung
16.11.2026, 11 Uhr (MEZ)	Bewerbungsfrist
02./03.12.2026	Auswahlsitzung für Stufe 1, Leipzig
04.12.2026	Start der Stufe 1
Februar 2028	Auswahlsitzung für Stufe 2, Leipzig
Februar 2029	Auswahlsitzung für Stufe 3, Leipzig
Februar 2030	Auswahlsitzung Gewinner:innen, Leipzig

6. WIE PROFITIERT MEIN TEAM?

SPRIND stellt über drei Stufen bis zu 4.300.000 € (zzgl. USt, sofern diese anfällt) pro Team zur Verfügung, abhängig von den finanziellen Anforderungen, welche die Teams mit ihrer Bewerbung darlegen. Diese Finanzierung erfolgt in Form eines individuellen Festpreises, der auf einer Kostenschätzung des Teams beruht. Die Vergütungsobergrenze (zzgl. Ust, sofern diese anfällt) liegt für die erste Stufe bei 1.200.000 € pro Team, 1.300.000 EUR je Team für eine mögliche zweite Stufe und 1.800.000 EUR je Team für eine mögliche dritte Stufe. SPRIND nutzt für diese Finanzierung das europäische Instrument der vorkommerziellen Auftragsvergabe (Pre-Commercial Procurement, PCP) (siehe Teilnahmevereinbarung).

Zusätzlich zur Finanzierung der Teams organisiert SPRIND gemeinsame Dienstleistungen für die Konservierung, Wiederbelebung und Qualitätskontrolle von Konsortien, die Erstellung und Aufbereitung von Datensätzen sowie die Durchführung externer Robustheitsprüfungen. Die externen Robustheitsprüfungen werden in Abschnitt 4 beschrieben. Die Erwartungen an die Nutzung der gemeinsamen Dienstleistungen sowie an Referenzproben und Daten sind in den Evaluationskriterien der Abschnitte 10 und 11 aufgeführt. Sie werden von SPRIND finanziert und nicht auf die Vergütungsobergrenze eines Teams angerechnet.

Über den Verlauf der Challenge hinweg unterstützt SPRIND die Teams durch Coaching, erleichtert den Zugang zu potenziellen Kooperationspartner:innen und Fachleuten und organisiert Demo Days sowie Matchmaking-Sessions mit Investor:innen und

Industriepartner:innen. SPRIND kann teilnehmende Teams auch nach der Challenge weiter unterstützen, wenn es ausreichendes Sprunginnovationspotential erkennt.

Von erfolgreichen Bewerber:innen wird erwartet, dass sie offen für Kollaborationen sind, um erfolgreiche Teams zu bilden.

7. WER IST BERECHTIGT SICH ZU BEWERBEN?

Antragsberechtigt sind Hochschulforschungsgruppen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Startups, etablierte Unternehmen, Inkubatoren sowie Teams, die zum Zeitpunkt der Bewerbung noch keine Rechtsform gegründet haben.

Der Schwerpunkt der Challenge liegt auf der kommerziellen Umsetzung und dem Aufbau neuer Fertigungskapazitäten, die durch Marktnachfrage nachhaltig tragfähig sind.

Teams ohne bestehendes Unternehmen, einschließlich Hochschulforschungsgruppen, müssen zum Beginn von Stufe 1 eine Gesellschaft gründen und ihre Ausgründungspläne in der Bewerbung detailliert darlegen. Alle Teams müssen nachvollziehbar erläutern, wie ihre Technologie kommerzialisiert werden soll. Dabei ist darzulegen, wie das bestehende oder geplante Unternehmen den Zugang zu IP, Personal und Partnerschaften sichert, die für die Entwicklung erforderlich sind, und wie es die Entscheidungshoheit über Technologie und Kommerzialisierungsstrategie behält.

Teams sind antragsberechtigt, wenn sie ihren Hauptsitz in der Europäischen Union, in der Europäischen Freihandelszone (EFTA) oder dem Vereinigten Königreich haben. Für Teams außerhalb dieser Regionen ist die Voraussetzung, dass sie nachvollziehbar darlegen, dass eine Ansiedlung des Vorhabens in Deutschland vorgesehen ist. Einzelne Teammitglieder oder Kooperationspartner:innen können ihren Sitz außerhalb dieser Regionen haben.

Die Bewerber:innen müssen sicherstellen, dass die Arbeit an ihrem Beitrag zur Challenge nicht bereits mit anderen öffentlichen Fördermitteln finanziert wird (zum Ausschluss der Doppelförderung).

Mit der Bewerbung ist das Formblatt „ERKLÄRUNG ZU RUS-SANKTIONEN“ ausgefüllt einzureichen. Für die Teilnahme an dieser Challenge ist das Ausfüllen des Formblatts obligatorisch. Es sind nur solche Bewerber:innen zugelassen, die keinen Bezug zu Russland gemäß dieser Erklärung aufweisen.

8. WIE FUNKTIONIERT DER BEWERBUNGSPROZESS?

Bewerber:innen sind eingeladen, online unser Bewerbungsformular auszufüllen, um sich für diese Challenge zu bewerben:

[Link]

9. WIE FUNKTIONIERT DAS REPORTING?

Am Ende der jeweiligen Stufen fasst das teilnehmende Team wesentliche Elemente des Entwicklungsstands in einem Bericht zusammen. Der Bericht soll beschreiben, ob das in der Bewerbung ausformulierte Ziel erreicht wurde. Darüber hinaus soll das entwickelte geistige Eigentum (Know-how, Daten, Erfindungen etc.) skizziert und ggf. eine Liste der Veröffentlichungen ergänzt werden. Er muss außerdem nachvollziehbar dokumentieren: Welche Daten und Modelle verwendet wurden, welche Vorhersagen getroffen und getestet wurden, welche Ergebnisse erzielt und welche Fehler identifiziert wurden – sowie die daraus resultierenden Änderungen an Modellen, Experimenten oder Prozessregelung. Der Bericht ist 14 Tage vor der Jurysitzung am Ende der jeweiligen Stufe einzureichen. Der Bericht ist unabhängig davon erforderlich, ob sich das Team für die nächste Stufe bewirbt oder nicht. Weitere Informationen zu den Anforderungen und Rahmenbedingungen für Stufe 2 werden den teilnehmenden Teams rechtzeitig vor Ende der ersten Stufe mitgeteilt.

Die Teams können sich bei Fragen zur Entwicklung ihres Lösungsansatzes jederzeit an das SPRIND Challenge-Team wenden.

10. WIE WERDEN DIE TEAMS AUSGEWÄHLT?

Die Bewerbungen werden bewertet hinsichtlich:

- ihres Potentials, eine Sprunginnovation zu werden (Sprunginnovationspotential),
- der Effektivität und Machbarkeit des vorgeschlagenen Arbeitsplans (Umsetzung),
- der Fähigkeit des Teams, diesen Plan umzusetzen (Team),
- Wirtschaftlichkeit des vorgeschlagenen Budgets und der Ressourcenallokation, (Kosteneffizienz).

Die untenstehende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Kriterien, die zur Bewertung der Teams zur Aufnahme in die Challenge herangezogen werden. Die Kategorien Sprunginnovationspotential, Umsetzung, Team und Kosteneffizienz fließen zu gleichen Teilen in die Bewertung der Teams ein, wobei die Teams relativ zueinander bewertet werden. Dies gilt für die Auswahl zu Stufe 1 und auch für alle anderen Stufen.

Aussagen sind durch wissenschaftliche Daten zu belegen. Falls es für bestimmte Punkte noch keine Daten gibt, bitten wir dennoch um eine (als solche deklarierte) Abschätzung. Bewerbungen, die nicht glaubwürdig erläutern, wie die im vorgeschlagenen Projekt entwickelte Technologie zur Schließung von Stoff- und Kohlenstoffkreisläufen beitragen könnte und wie die erste kommerzielle Anwendung diese Technologie voranbringt, werden nicht ausgewählt.

In der Jury ist ausgewiesene Fachkompetenz in den Bereichen mikrobielle Ökologie, Bioverfahrenstechnik und Regelungstechnik, maschinelles Lernen, Produktrückgewinnung, industrielle Chemie, Kreislaufwirtschaft und Kommerzialisierung vertreten, sodass Vorhersageleistung und Prozessregelung unmittelbar bewertet werden können.

An jedem Entscheidungspunkt werden dieselben vier Kategorien herangezogen. Zwischen den Stufen ändert sich das Anforderungsniveau an die Nachweise: Bei der Bewerbung werden die Plausibilität und der Arbeitsplan bewertet, am Ende von Stufe 1 erste Messergebnisse, am Ende von Stufe 2 die gemessene Leistung eines integrierten Prozesses und am Ende von Stufe 3 die kommerzielle Validierung.

Tabelle 2: Bewertungskriterien zur Aufnahme in Stufe 1

Sprunginnovationspotential
Hat der Ansatz das Potential, zu einer Sprunginnovation zu werden? Kann das vorgeschlagene Verfahren die Produktionskosten erheblich senken oder ein Produkt ermöglichen, das außerhalb der Reichweite des heutigen Biomanufacturings liegt?
Wird dargelegt, welche Varianzen im Rohstoff, den Betriebsbedingungen oder dem Stoffwechsel der Prozess tolerieren muss und warum dafür ein mikrobielles Konsortium erforderlich ist?
Ist der Markteintritt glaubwürdig, und könnte der vollständige Prozess den stärksten alternativen Herstellungsprozess übertreffen, wie etwa einen auf einer Monokultur beruhenden, petrochemischen, zellfreien oder elektrochemischen Prozess oder ein Verfahren der Grünen Chemie?
Sind die vorläufigen technoökonomischen und ökologischen Abschätzungen für den Entwicklungsstand des Projekts glaubwürdig, und gibt es einen klaren Plan, die technoökonomische Analyse und die Ökobilanz im Verlauf des Projekts weiterzuentwickeln?
Erläutert die Bewerbung glaubwürdig, wie die im vorgeschlagenen Projekt entwickelte Technologie zur Schließung von Stoff- und Kohlenstoffkreisläufen beitragen könnte und wie die erste kommerzielle Anwendung diese Technologie voranbringt?
Umsetzung
Bieten der vorgeschlagene Arbeitsplan und die ihn stützenden vorläufigen Nachweise einen glaubwürdigen Weg zu einer gleichbleibenden Produktionsleistung, einer wirksamen Prozessregelung und den späteren Meilensteinen der Challenge, wobei die wesentlichen Risiken benannt und angegangen werden?
Wie werden künstliche Intelligenz oder maschinelles Lernen eingesetzt, um quantitative Vorhersagen zu treffen, die experimentelle Entscheidungen und die Prozessregelung leiten? Sind die dafür erforderlichen Daten, Modelle, Werkzeuge und Validierungsmethoden glaubwürdig, und lassen sich bereits vorliegende nachvollziehbare Nachweise?

Bereitet der Arbeitsplan auf die externe Robustheitsprüfung in Stufe 2 vor? Benennt die Einreichung nicht vertrauliche Referenzproben, die das Team bereitstellen kann, sowie nützliche Referenzdatensätze, welche die Partner daraus erstellen könnten?
Ist die SPRIND-Förderung entscheidend dafür, diesen Durchbruch mit maximaler Geschwindigkeit voranzutreiben?
Team
Verfügt das Team über die für Stufe 1 erforderliche Erfahrung und die erforderlichen Fähigkeiten? Hat es mögliche Lücken erkannt und einen glaubwürdigen Plan vorgelegt, um fehlende Expertise durch Neueinstellungen, Partnerschaften oder die Beauftragung externer Leistungen zu ergänzen?
Wird ein Kernteam einen wesentlichen Teil der Arbeit leisten und die Entscheidungsbefugnis in technischen und kommerziellen Fragen innehaben, während Partner:innen und Unterauftragnehmer:innen klar abgegrenzte Fähigkeiten einbringen?
Welche besondere Erkenntnis, Fähigkeit, Erfahrung oder Motivation verschafft dem Team einen entscheidenden Vorteil, und wie wird sie sich wesentlich auf das Projekt auswirken?
Kosteneffizienz
Stehen die beantragten Mittel in einem angemessenen Verhältnis zu den angestrebten technologischen Durchbrüchen und zum Arbeitsumfang?
Zeigt das Budget eine hocheffiziente Mittelverwendung über Personal, Hardware, Prototyping und Tests hinweg?

Als allgemeiner Richtwert ist ein Technologiereifegrad (Technology Readiness Level, TRL) von 2–4 ein angemessener Ausgangspunkt für Stufe 1. Zum Ende der Stufe 1 sollte ein TRL 4 erreicht sein. Diese Einstufung dient der Orientierung für Bewerber:innen und weder Teilnahmevoraussetzungen noch eigenständiges Bewertungskriterium.

11. MEILENSTEINE UND STUFENSPEZIFISCHE EVALUATION

STUFE 1: DEMONSTRATION KONSORTIENBASIERTER PRODUKTION UND ERSTE PRODUKTPROBEN

Während Stufe 1 werden die Teams eine konsortienbasierte Produktion und eine erste Produktrückgewinnung demonstrieren, erste Nachweise für eine gleichbleibende Leistung erbringen und die anfänglichen Fähigkeiten zur Messung, Vorhersage und Prozessregelung aufbauen, die für spätere externe Robustheitsprüfungen erforderlich sind.

Es gelten die folgenden Meilensteine:

- Die vorgesehene Chemikalie oder das vorgesehene Zwischenprodukt wurde aus einem für den Prozess relevanten Rohstoff hergestellt und eine erste Produktprobe wurde gewonnen.
- Für das Projekt geeignete Kontrollexperimente, etwa Drop-out-, Substitutions- oder Einzelstamm-Kontrollexperimente, zeigen, dass die beanspruchte Robustheit und der daraus resultierende produktionstechnische Vorteil davon abhängen, dass mehrere Stämme oder Arten gemeinsam wachsen.
- Die Produktion wurde oft genug wiederholt oder lange genug aufrechterhalten, um den gegenwärtigen Leistungsstand zu bestimmen und die zuerst auftretenden biologischen und rohstoffbedingten Grenzen sowie die Grenzen der Produktrückgewinnung sichtbar zu machen.
- Die projektspezifischen Leistungskriterien und der Auslegungsbereich für Stufe 2 wurden festgelegt.
- Ein erster KI/ML-Ansatz nutzt Projektdaten, um mindestens eine quantitative Vorhersage zu treffen und empirisch zu prüfen, und zeigt, wie diese Vorhersage in eine experimentelle Entscheidung oder eine Entscheidung zur Prozessregelung eingeflossen ist. Die Verknüpfungen zwischen Daten, Modell, Vorhersage, Entscheidung und gemessenem Ergebnis sind nachvollziehbar.
- Die anfänglichen Grenzen des KI/ML-Ansatzes, die Bedingungen, unter denen er geprüft wurde, sowie die wesentlichen Lücken bei Daten und Werkzeugen sind benannt.
- Es wurde ein belastbares Verfahren zum Anfahren oder Neustarten des Prozesses entwickelt, einschließlich eines Verfahrens zur Wiederherstellung der Produktion, wenn die veränderten Bedingungen außerhalb des Auslegungsbereichs liegen.
- Im Rahmen der Customer Discovery wurden die für spätere Stufen erforderlichen Probenmengen, technischen Prüfungen und Qualifizierungsanforderungen festgelegt. Die für Stufe 2 erforderlichen Fachkräfte, Partnerschaften sowie das benötigte Equipment stehen entweder zur Verfügung oder sind nachweislich eingeplant.
- Der Vergleich mit dem stärksten glaubwürdigen alternativen Herstellungsprozess, die technoökonomische Analyse und eine erste Ökobilanz wurden erstellt oder aktualisiert.

Tabelle 3: Evaluationskriterien am Ende von Stufe 1

Sprunginnovationspotential

Zeigen die Nachweise aus denen für das Projekt geeigneten Kontrollexperimenten, dass die beanspruchte Robustheit und der daraus resultierende produktionstechnische Vorteil davon abhängen, dass mehrere Stämme oder Arten gemeinsam wachsen?
Stützen die aktualisierten kundenseitigen Nachweise, der Vergleich mit dem stärksten glaubwürdigen alternativen Herstellungsprozess und die technoökonomische Analyse weiterhin einen erheblichen Vorteil?
Stützen die aktualisierten Nachweise, einschließlich der Ökobilanz, weiterhin einen glaubwürdigen Weg, auf dem die Technologie zur Schließung von Stoff- und Kohlenstoffkreisläufen beitragen kann, und wurden der relevante Ressourcenverbrauch und die Umweltauswirkungen in einem dem Entwicklungsstand des Projekts angemessenen Umfang quantifiziert?
Umsetzung
Hat das Team eine erste Produktprobe hergestellt und rückgewonnen und anhand von Messdaten belastbare Leistungskriterien und einen Auslegungsbereich für Stufe 2 festgelegt?
Hat das Team einen ersten KI/ML-Ansatz empirisch geprüft, der quantitative Vorhersagen trifft und experimentelle Entscheidungen oder Entscheidungen zur Prozessregelung lenkt? Sind seine Verknüpfungen mit der gemessenen Leistung nachvollziehbar und seine technischen Grenzen verstanden?
Hat das Team die bereitgestellten Dienstleistungen genutzt und sich auf die externe Robustheitsprüfung in Stufe 2 vorbereitet, einschließlich des Anfahrens oder Neustartens des Prozesses und, soweit relevant, der Wiederherstellung der Produktion, nachdem die Betriebsbedingungen außerhalb des Auslegungsbereichs lagen?
Wurden die vereinbarten nicht vertraulichen Referenzproben bereitgestellt und die Datenanforderungen der externen Dienstleister erfüllt?
Team
Verfügt das Team über die für Stufe 2 erforderlichen Fähigkeiten, Zugangsmöglichkeiten und Partnerschaften?
Verfügt das Kernteam über das für die Durchführung von Stufe 2 erforderliche Engagement und die erforderliche Entscheidungsbefugnis?
Kosteneffizienz

Stehen die beantragten Mittel für Stufe 2 in einem angemessenen Verhältnis zu den angestrebten technologischen Durchbrüchen und zum Arbeitsumfang?
Zeigt das Budget eine hocheffiziente Mittelverwendung über Personal, Hardware, Prototyping und Tests hinweg?

STUFE 2: EINEN INTEGRIERTEN PROZESS BETREIBEN UND EINE EXTERNE ROBUSTHEITSPRÜFUNG ABSOLVIEREN

Während Stufe 2 werden die Teams einen integrierten Prozess betreiben, die gleichbleibende Leistung und die Prozessregelung im gesamten Auslegungsbereich des Projekts prüfen und die erste externe Robustheitsprüfung absolvieren. Die im Projekt gesammelten Daten müssen genutzt werden, um quantitative Vorhersagen, experimentelle Entscheidungen und den Ansatz zur Prozessregelung zu prüfen und, soweit gerechtfertigt, zu verbessern; dies gilt auch für jede angegebene Verwendung von Modellen, mit denen relevante Prozess- oder Gemeinschaftszustände abgebildet oder abgeleitet werden sollen. Die Teams werden die Engineering- und Kundendemonstrationen in Stufe 3 vorbereiten.

Es gelten die folgenden Meilensteine:

- Rohstoffaufbereitung, biologische Umwandlung, Messung, Prozessregelung, Produktrückgewinnung und Formulierung wurden als integrierter Prozess betrieben.
- Der Prozess wurde in einem Maßstab, über eine Dauer und unter einem Spektrum von Bedingungen betrieben, die ausreichen, um die projektspezifischen Leistungskriterien zu prüfen und die wesentlichen verfahrenstechnischen Risiken vor Stufe 3 aufzudecken. Unterbrechungen und Eingriffe wurden erfasst.
- Bevor die genauen Prüfpunkte bekannt gegeben werden, hat das Team quantitative Vorhersagen eingereicht, die die möglichen Prüfbedingungen abdecken. Die unabhängigen Ergebnisse zeigen den Vorhersagefehler und dessen kommerzielle Relevanz auf. Sie dienen als Nachweis zum beanspruchten Gültigkeitsbereich der Modelle; außerdem wurde bewertet, ob die Prozessregelung wie vorgesehen reagiert hat.
- Die im Projekt gesammelten Daten und die Ergebnisse der Prüfung wurden genutzt, um quantitative Vorhersagen, experimentelle Entscheidungen, die Strategie zur Prozessregelung und alle weiteren angegebenen KI/ML-Funktionen zu prüfen und, soweit gerechtfertigt, zu verbessern. Das Team hat die Bedingungen charakterisiert, unter denen seine Modelle und Vorhersagen weiterhin nützlich sind, und eine nachvollziehbare Dokumentation geführt, die Daten, Modelle, Vorhersagen, Entscheidungen oder Eingriffe, Messergebnisse und Vorhersagefehler miteinander verknüpft.
- Der Prozess hat genügend Material erzeugt, um die Produktqualität zu beurteilen, und die noch verbleibenden Anforderungen für die Kundenabnahme sind geklärt.

- Die kundenseitigen Nachweise, der Vergleich mit dem stärksten glaubwürdigen alternativen Herstellungsprozess, die technoökonomische Analyse und die Ökobilanz wurden anhand von Messergebnissen aktualisiert.
- Die Ergebnisse der gemeinsamen Dienstleistungen und der externen Prüfung wurden in den Plan für Stufe 3 aufgenommen. Standort, Ausrüstung, Rohstoffversorgung, Demonstrationsplan und Partnerschaften für Stufe 3 stehen zur Verfügung oder können rechtzeitig gesichert werden.

Tabelle 4: Evaluationskriterien am Ende von Stufe 2

Sprunginnovationspotential
Zeigen die Messergebnisse weiterhin, dass das mikrobielle Konsortium die Produktionskosten erheblich senkt oder ein Produkt ermöglichen kann, das außerhalb der praktischen Reichweite der heutigem Biomanufacturings liegt?
Stützen die aktualisierten kundenseitigen Nachweise sowie die aktualisierte technoökonomische Analyse und Ökobilanz einen erheblichen Vorteil gegenüber dem stärksten glaubwürdigen alternativen Herstellungsprozess?
Stützen die aktualisierten Nachweise, einschließlich der Ökobilanz, weiterhin einen glaubwürdigen Weg, auf dem die Technologie zur Schließung von Stoff- und Kohlenstoffkreisläufen beitragen kann, und wurden der relevante Ressourcenverbrauch und die Umweltauswirkungen in einem dem Entwicklungsstand des Projekts angemessenen Umfang quantifiziert?
Umsetzung
Hat der integrierte Prozess unter den geprüften Bedingungen seine projektspezifischen Leistungskriterien erfüllt und wurde er in einem Maßstab und über eine Dauer betrieben, die ausreichen, um die wesentlichen verfahrenstechnischen Risiken aufzudecken?
Hat die Leistung an den ausgewählten Punkten innerhalb des Auslegungsbereichs die projektspezifischen Kriterien erfüllt, und hat die externe Prüfung das Verhalten außerhalb des Auslegungsbereichs charakterisiert sowie Vorhersagequalität, Modellgrenzen und Prozessregelung geprüft?
Wird KI wirksam eingesetzt, um Entscheidungen, die Prozessregelung und die Wiederherstellung des Sollbetriebs nach Prozessanpassung zu verbessern?
Wie genau stimmten die vorab registrierten Vorhersagen mit der unabhängig gemessenen Leistung unter Testkonditonen während und nach der geplanten Variation überein, und hat die Prozessregelung wie vorhergesagt reagiert?

Wie viele ungeplante Eingriffe und Wiederinokulationen waren erforderlich, und zeigt der Trend eine Verbesserung?
Zeigt die nachvollziehbare Dokumentation, wie die gesammelten Daten sowie die Ergebnisse der externen Prüfung und der gemeinsamen Dienstleistungen genutzt wurden, um die Modelle, die Versuchsstrategie und den Ansatz zur Prozessregelung zu bewerten und, soweit gerechtfertigt, zu aktualisieren sowie den Plan für Stufe 3 aufzustellen?
Team
Verfügt das Team über die operativen, verfahrenstechnischen und kommerziellen Kompetenzen, die für Stufe 3 erforderlich sind?
Verfügt das Unternehmen über die Führungsstruktur, Governance und Entscheidungsbefugnisse, die für die Durchführung von Stufe 3 erforderlich sind?
Kosteneffizienz
Stehen die beantragten Mittel für Stufe 3 in einem angemessenen Verhältnis zu den angestrebten technologischen Durchbrüchen und zum Arbeitsumfang?
Zeigt das Budget eine hocheffiziente Mittelverwendung über Personal, Hardware, Prototyping und Tests hinweg?

STUFE 3: EINE ENGINEERING-DEMONSTRATION DURCHFÜHREN UND DIE KUNDENABNAHMEPRÜFUNG BESTEHEN

Während Stufe 3 werden die Teams einen integrierten Prozess mit Rohstoffen und unter Betriebsbedingungen betreiben, die für die kommerzielle Produktion vorgesehen sind. Sie werden eine zweite externe Robustheitsprüfung absolvieren, anhand der im Projekt gesammelten Daten Modelle, quantitative Vorhersagen und die Prozessregelung validieren, die Technoökonomie aus gemessenen Leistungsdaten ableiten und ein Engineering-Sample für die Kundenabnahmeprüfung herstellen. Die externe Robustheitsprüfung und die Kundenabnahmeprüfung sind voneinander getrennte Anforderungen.

Es gelten die folgenden Meilensteine:

- Der integrierte Prozess wurde in einem Maßstab, über eine Dauer und in einer Konfiguration betrieben, die ausreichen, um die wesentlichen verfahrenstechnischen Risiken aufzudecken und die projektspezifischen Leistungskriterien bei Variationen zu prüfen, die für den Auslegungsbereich repräsentativ sind.
- Vor Bekanntgabe der genauen Bedingungen der externen Robustheitsprüfung hat das Team quantitative Vorhersagen gemacht, als Grundalge für die Prüfbedingungen. Die unabhängigen Ergebnisse weisen den Vorhersagefehler aus, liefern Nachweise

zum beanspruchten Gültigkeitsbereich der Modelle, stellen fest, ob die Leistung an den ausgewählten Prüfpunkten innerhalb des Auslegungsbereichs die projektspezifischen Kriterien erfüllt und bewerten die Wirksamkeit der Prozessregelung.

- Eine nachvollziehbare Dokumentation verknüpft Projektdaten, Modelle, Vorhersagen, experimentelle Entscheidungen und Entscheidungen zur Prozessregelung, gemessene Ergebnisse sowie Vorhersagefehler. Die gesammelten Nachweise zeigen, wie KI/ML die Vorhersagen, experimentellen Entscheidungen oder die Prozessregelung verbessert oder die anschließende Weiterentwicklung beschleunigt hat.
- Die Betriebsdaten belegen eine gleichbleibende Produktleistung und dokumentieren die produktive Betriebszeit, die Produktrückgewinnung, die Produktqualität und die Stillstandszeit sowie, soweit relevant, das Anfahren oder Neustarten des Prozesses und die Eingriffe und Kosten, die erforderlich sind, um die Produktion aufrechtzuerhalten oder wiederherzustellen.
- Der Prozess hat ein Engineering-Sample in ausreichender Menge und Qualität hergestellt, um die Abnahmeprüfungen des vorgesehenen Kund:innen zu bestehen. Erfolgreiche Kundentests schaffen die Grundlage für eine erste Bestellung, eine Vereinbarung über eine finanzierte Weiterentwicklung oder einen Abnahmevertrag.
- Der Vergleich mit dem stärksten glaubwürdigen alternativen Herstellungsprozess, die technoökonomische Analyse und die Ökobilanz beruhen in erheblichem Umfang auf gemessenen Ergebnissen. Das Unternehmen verfügt über einen glaubwürdigen Weg zu den Partnerschaften und Genehmigungen, die für seinen nächsten kommerziellen Schritt erforderlich sind.

Maßstab, Dauer und Konfiguration der Demonstration werden projektspezifisch festgelegt. Sie müssen den vorgesehenen kommerziellen Prozess abbilden, seine wesentlichen verfahrenstechnischen Risiken aufdecken, die erforderliche externe Robustheitsprüfung ermöglichen und eine ausreichende Menge an Produkt in der für die Kundenabnahmeprüfung erforderlichen Qualität hervorbringen. Die Teams werden in ihrer Bewerbung vorläufige Parameter vorschlagen, diese während Stufe 2 präzisieren und vor Beginn von Stufe 3 mit der Jury vereinbaren.

Tabelle 5: Evaluationskriterien am Ende von Stufe 3

Sprunginnovationspotential
Bestätigen die Messdaten, dass das mikrobielle Konsortium gegenüber dem stärksten glaubwürdigen alternativen Herstellungsprozess einen erheblichen produktionstechnischen Vorteil erbringt?

Stützen die aktualisierte technoökonomische Analyse, die Ökobilanz und die kommerziellen Nachweise einen glaubwürdigen Weg zur kommerziellen Produktion?
Stützen die aktualisierten Nachweise, einschließlich der Ökobilanz, weiterhin einen glaubwürdigen Weg, auf dem die Technologie zur Schließung von Stoff- und Kohlenstoffkreisläufen beitragen kann, und wurden der relevante Ressourcenverbrauch und die Umweltauswirkungen in einem dem Entwicklungsstand des Projekts angemessenen Umfang quantifiziert?
Umsetzung
Wurde der integrierte Prozess unter den für die kommerzielle Produktion vorgesehenen Bedingungen in hinreichendem Maßstab und über eine hinreichende Dauer betrieben, und entsprach die unabhängig beobachtete Leistung an den ausgewählten Prüfpunkten innerhalb des Auslegungsbereichs den projektspezifischen Kriterien?
Unterstützen die eingesetzten KI/ML-Methoden die weitere Entwicklung des Prozesses und, soweit dies für die kommerziellen Pläne des Teams relevant ist, die Erschließung weiterer Rohstoffe oder Produkte?
Hat die externe Robustheitsprüfung die Vorhersagequalität, die Grenzen der Modelle und die Prozessregelung validiert und zugleich das Verhalten außerhalb des Auslegungsbereichs charakterisiert? Zeigt die nachvollziehbare Dokumentation, wie die Ergebnisse spätere Entscheidungen und die weitere Entwicklung verbessert haben?
Hat ein Engineering-Sample die Abnahmeprüfung des vorgesehenen Kunden bestanden?
Sind etwaige Anforderungen in Bezug auf Containment, Genehmigungsverfahren und Produktregulierung erfüllt oder ist ein klarer Weg zu ihrer Erfüllung erkennbar?
Team
Verfügt das Unternehmen über die für die nächste kommerzielle Stufe erforderliche Führung, die erforderlichen Fähigkeiten und geeignete Governance-Strukturen?
Sind die Partnerschaften und Zugangsmöglichkeiten gesichert oder glaubwürdig geplant, die für Rohstoffversorgung, Infrastruktur, Skalierung, Produktrückgewinnung, Regulierung und Kommerzialisierung erforderlich sind?
Kosteneffizienz
Wurden die Mittel effizient und in einem angemessenen Verhältnis zu den nachgewiesenen Ergebnissen eingesetzt?

12. VERTRAULICHKEIT

SPRIND wird alle Einreichungen vertraulich behandeln. Informationen über die Einreichungen werden nur an die Jury, Gutachter:innen und die Challenge-Coaches weitergegeben. Auch diese Personen sind zur Verschwiegenheit verpflichtet.

Die ausgewählten Teams der Challenge werden öffentlich bekannt gegeben. Mit der Einreichung der Bewerbung erklären sich die Teams damit einverstanden.

Dienstleistungspartner unterliegen Vertraulichkeitsverpflichtungen. Referenzproben und von Partnern veröffentlichte Daten werden mit jedem Team vorab vereinbart und auf Informationen beschränkt, das als nicht vertraulich gekennzeichnet ist. Die Ergebnisse der externen Robustheitsprüfungen werden mit dem Team und der Jury geteilt und ohne Zustimmung des Teams nicht veröffentlicht.

13. AN WEN KANN ICH MICH BEI WEITEREN FRAGEN WENDEN?

Bewerber:innen werden gebeten, einen Blick in die Teilnahmevereinbarung und die FAQs zu werfen. Sollten Sie Ihre Frage dort nicht beantwortet finden, wenden Sie sich bitte zur weiteren Klärung an challenge@sprind.org.

Hinweis: Der dargestellte Ablauf stellt den aktuellen Planungsstand dar. Für etwaige, zukünftige Änderungen, vgl. dazu die Regelungen in der Teilnahmevereinbarung.

Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit