

Evaluation Umweltechnologieförderung

Schlussbericht zuhanden des Bundesamts für Umwelt (BAFU)

Luzern, den 25. Oktober 2022

I Autorinnen und Autoren

Meta Lehmann, Interface (Projektleitung)
Amadea Tschannen, Interface (Projektmitarbeit)
Dr. Tobias Arnold, Interface (Projektmitarbeit)
Cornelia Stettler, Carbotech (Projektleitung Wirkungsmessung)
Dr. Fredy Dinkel, Carbotech (Projektmitarbeit)
Prof. Dr. Ueli Haefeli, Interface (Qualitätssicherung)

I INTERFACE Politikstudien

Forschung Beratung AG

Seidenhofstrasse 12
CH-6003 Luzern
Tel +41 (0)41 226 04 26

Rue de Bourg 27
CH-1003 Lausanne
Tel +41 (0)21 310 17 90

www.interface-pol.ch

I Auftraggeber und Projektgruppe

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Lilith Wernli (Sektion Ökonomie)
Ursula Frei (Sektion Innovation)
Daniel Zürcher (Sektion Innovation)

I Begleitgruppe

Susanne Blank (Abteilungschefin Abteilung Ökonomie und Innovation BAFU)
Prof. Dr. Thomas Heim (olanga AG, Technopark Aargau)
Kathrin Rüegg (Mitglied KOKO UT/Innosuisse)
Men Wirz (Mitglied KOKO UT/BFE)

I Zitiervorschlag

Lehmann, Meta; Stettler, Cornelia; Tschannen, Amadea; Arnold, Tobias; Dinkel, Fredy; Haefeli, Ueli (2022): Evaluation Umwelttechnologieförderung, Luzern/Basel

I Laufzeit

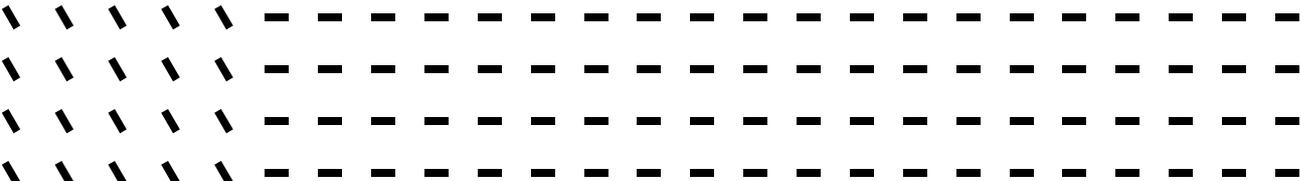
September 2021 bis September 2022

I Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt sind allein die Autoren/-innen verantwortlich.

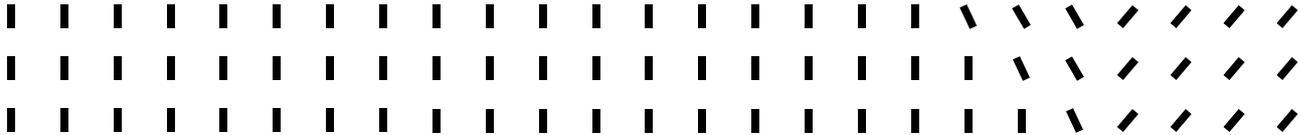
Zusammenfassung	5
1. Ausgangslage, Evaluationsziele und Methodik	12
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Evaluationsgegenstand: das Förderinstrument Umwelttechnologieförderung	13
1.3 Evaluationsziele und Fragestellungen	14
1.4 Vorgehen und Methode	15
2. Ergebnisse zum Konzept der Umwelttechnologieförderung	20
2.1 Das Konzept kurz erläutert	21
2.2 Beurteilung des Konzepts	22
2.3 Fazit zum Konzept der Umwelttechnologieförderung	24
3. Ergebnisse zum Vollzug der Umwelttechnologieförderung	26
3.1 Der Vollzug kurz erläutert	27
3.2 Beurteilung des Vollzugs	29
3.3 Beurteilung der Gesucheingabe und der Beurteilungs- und Projektbegleitungsprozesse	33
3.4 Fazit zum Vollzug der Umwelttechnologieförderung	36
4. Ergebnisse zum Output der Umwelttechnologieförderung	38
4.1 Die geförderten Projekte im Überblick	39
4.2 Projektträger	41
4.3 Budgetausschöpfung und Rückzahlungsquote	41
4.4 Kommunikationsmassnahmen	42
4.5 Fazit zum Output der Umwelttechnologieförderung	43
5. Ergebnisse zum Outcome der Umwelttechnologieförderung	45
5.1 Konzept zur Wirkungsmessung	46
5.2 Methode der Wirkungsmessung: Ökobilanzierung	49
5.3 25 Projekte im Fokus	51
5.4 Beurteilung Konzept/Zielsetzung, Vollzug und Output der Projekte	54
5.5 Wirkungsanalyse nach Gruppen (Impact)	57
5.6 Wirkung im Verhältnis zum Förderaufwand	64
5.7 Kritische Reflexion der Wirkungsanalyse	66
5.8 Fazit zum Outcome der Umwelttechnologieförderung	68
6. Synthese und Empfehlungen	72
6.1 Fazit zu den übergeordneten Evaluationsfragen	73
6.2 Empfehlungen	76

Anhang	81
A 1 Factsheets von zehn Fallbeispielen	82
A 2 Interviewpartner/-innen ohne UTF-Fördererfahrung	111
A 3 Vergleich UTF mit drei anderen Förderprogrammen	111
A 4 Methodische Ausführungen zur Berechnung der Umweltwirkungen	113
A 5 Fragebogen Online-Befragung	118
A 6 Gesprächsleitfaden Umsetzungsakteure	121
A 7 Interviewleitfaden für die 25 UTF-Projekte	125
A 8 Literaturverzeichnis	129



Zusammenfassung

Die Umwelttechnologieförderung hat sich als Instrument bewährt. Für die punktuelle Optimierung des Programms werden 14 Empfehlungen formuliert.



I Ausgangslage

Seit rund 25 Jahren unterstützt die Umwelttechnologieförderung (UTF) Pilot- und Demonstrationsprojekte, die zur Entlastung der Umwelt ressourceneffiziente Anlagen, Verfahren, Produkte, Technologien und Dienstleistungen (abgekürzt: Produkte und Dienstleistungen) voranbringen. Gefördert werden auch flankierende Massnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft. Für die Umsetzung der UTF ist das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Innovation, zuständig. Grundlage dafür ist Art. 49 Abs. 3 des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG).¹

Im Rhythmus von fünf Jahren wird im Rahmen des «Berichts des Bundesrats über die Umwelttechnologieförderung» über die unterstützten Projekte und die Wirkung der Förderung Bericht erstattet² (zuletzt 2018). Es ist ein definiertes Ziel des BAFU, die Berichterstattung verstärkt auf die Wirkungen des Förderinstruments auszurichten. Dabei sollen Aussagen zu den Wirkungen einzelner Projekte gemacht werden. Zusätzlich zum Bedürfnis, das Konzept und den Vollzug des Förderinstruments zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren, bildete dieses Berichterstattungsziel den Anlass für das BAFU, die UTF extern evaluieren zu lassen.

Die Evaluation umfasste summative und formative Aspekte:

1. Einerseits wurde die bisherige Umsetzung der UTF analysiert mit einem Schwerpunkt auf den Wirkungen ausgewählter Projekte seit 2017 (summativer Teil der Evaluation).
2. Andererseits wurden Empfehlungen dazu formuliert, wie Konzept und Vollzug optimiert werden können und wie die Wirkung der geförderten Projekte mit verhältnismässigem Aufwand besser ermittelt werden kann (formativer Teil der Evaluation).

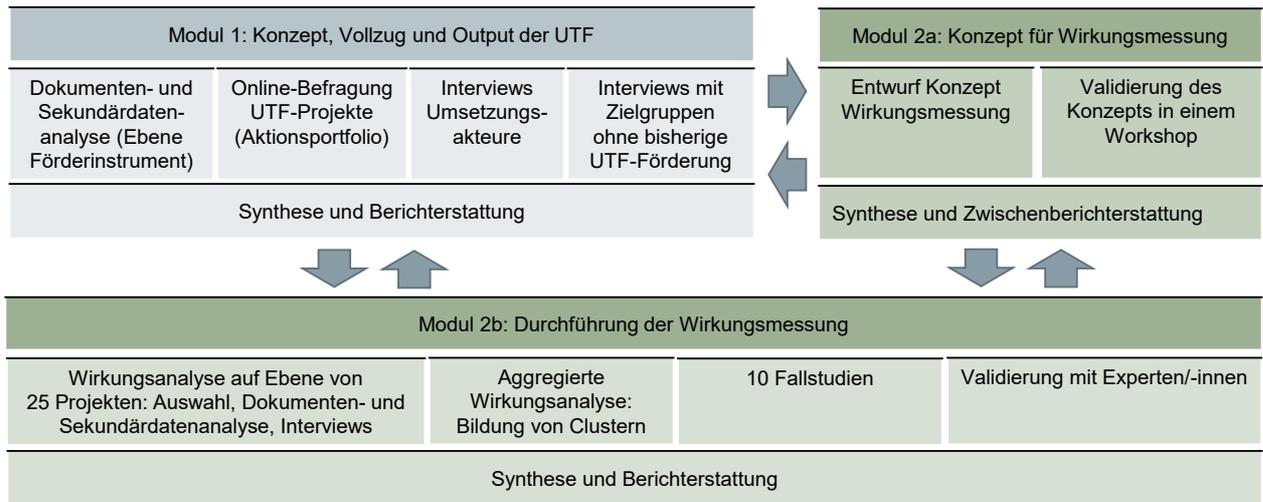
Im Projektmodul 1 wurden Konzept, Vollzug und Output der UTF analysiert. Im Modul 2 wurde ein Konzept für die Wirkungsmessung einzelner Projekte entwickelt und insgesamt 25 Projekte für die Wirkungsermittlung ausgewählt³, wovon zehn Projekte als Fallstudien aufbereitet wurden. Die folgende Darstellung zeigt, welche Methoden für welche Fragestellung angewandt wurden.

¹ SR 814.01.

² USG, Art. 49 Ausbildung und Forschung.

³ Die Auswahl erfolgte kriterienbasiert; Projektfortschritt, Zuordnung zu thematischen Bereichen, Output(s) des Projektes (Produkte und Dienstleistungen), Sprachregion, Art der Beitragsempfänger, Umfang der finanziellen Förderung, Höhe der Rückzahlungsquote u.a.

Module und Methoden im Überblick



Quelle: Darstellung Interface.

I Erkenntnisse zu Konzept und Vollzug des Förderprogramms

Die UTF schliesst mit ihrem Fokus auf innovative Technologien zur Entlastung der Umwelt eine Lücke, die von benachbarten Förderprogrammen, wie der Projektförderung von Innosuisse oder dem P+D-Programm des Bundesamts für Energie (BFE), nicht abgedeckt wird. Der UTF kann somit ein klarer Mehrwert attestiert werden: Das Programm fokussiert auf Themen, die in anderen Programmen nicht im Fokus stehen. Weiter erhalten auch Unternehmen ohne Forschungspartner Fördergelder. Die thematische Offenheit der Förderung wird begrüsst. Gleichzeitig erschwert dies die Planung der personellen Ressourcen in den BAFU-Fachabteilungen, die die Projekte begleiten, und verhindert eine thematische Schwerpunktsetzung.

Die Organisation und das Genehmigungsverfahren der UTF sind zweckmässig und die Ressourcen knapp ausreichend. Verbesserungspotenzial lässt sich hinsichtlich der Beurteilungskriterien verorten. Die verwendeten fünf Beurteilungskriterien werden nicht von allen Mitgliedern der KOKO UT gleich interpretiert.

Die Möglichkeit, mittels telefonischer Vorgespräche und Projektskizzen beim BAFU erste Einschätzungen zur Förderwürdigkeit eines Projekts einzuholen, heben die Zielgruppen positiv hervor. Ebenfalls erachten alle Projektträger die Möglichkeit einer mündlichen Präsentation vor der Expertenkommission KOKO UT⁴ als wichtig und wertvoll. Positiv aus Sicht des Evaluationsteams und der befragten Experten/-innen ist, dass neben dem Umweltpotenzial weitere Aspekte der Nachhaltigkeit bei der Gesuchbeurteilung berücksichtigt werden. Im Vergleich zum Innovationspotenzial wird dieser Aspekt jedoch eher tief gewichtet. Ein weiterer Aspekt, dem eher wenig Rechnung getragen wird, ist die Frage der Systemrelevanz. Explizite Bezüge zu den SDG (Nachhaltigkeitsziele der UNO bis 2030) könnten einen Ansatzpunkt zur Beurteilung der Systemrelevanz der Projekte bieten.

Die fachliche Begleitung durch die BAFU-Fachabteilungen wirkt sich positiv auf die Ergebnisse der Projekte aus. Allerdings findet diese Begleitung nicht immer mit derselben

⁴ Expertenkommission der Umwelttechnologieförderung (KOKO UT).

Intensität statt. Verschiedene Projektträger haben zudem den Wunsch nach mehr Austausch unter den Projektträgern geäussert. Aus Sicht des Evaluationsteams könnte sich dies positiv auf die Wirkungsziele der UTF auswirken.

I Erkenntnisse zum Output des Förderprogramms

Das Förderbudget von jährlich 4 bis 5 Mio. Franken wurde jeweils ausgeschöpft. Im Zeitraum von 2017 bis 2021 kamen 61 Prozent der Projektpartner aus der Privatwirtschaft. 28 Prozent waren Fachhochschulen oder Universitäten/ETH. Projektteams bestehen häufig aus Unternehmen als Umsetzungspartner und aus Wissenschaftspartnern. Es wurden nur 17 Prozent der Gesuche abgelehnt, unter anderem wegen der Vorabklärungen, die eine Aussortierung ungeeigneter Projekte ermöglicht.

Als besonders effektiv für die Erreichung der Zielgruppe der UTF erwiesen sich bisher persönliche Kontakte. Aufgrund der Erhebung muss man jedoch davon ausgehen, dass es potenzielle Projektträger gibt, die die UTF noch nicht kennen. Gemäss Interviews könnte die Zielgruppe noch besser erreicht werden, indem Kontakte mit regionalen Wirtschaftsverbänden und der Start-up-Szene intensiviert würden.

In den Verträgen mit den Projektträgern werden detaillierte Ziele auf Projekt-Output-Ebene definiert. Aussagen zum Outcome und zu Outcome-Zielen werden weder im Gesuchformular noch in den vertraglichen Projektzielen eingefordert. Die Projekt-Grundlagen enthalten bei einer Mehrheit der Projekte keine oder wenig präzise Aussagen zu den Zielgruppen. Die Bedürfnisse der Zielgruppen, von denen die Produkte angewandt oder die Dienstleistungen bezogen werden sollen, zu kennen und sie zu erreichen, ist jedoch zentrale Voraussetzung für eine Wirkungsentfaltung der geförderten Projekte.

I Wirkungen der Projekte im Überblick

Eine Ermittlung der Umweltwirkungen eines Projekts ist bei Projekten mit direkter Umweltwirkung und bei Produkten und Dienstleistungen in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium über eine Ökobilanzierung (auch Life Cycle Assessment, kurz LCA, genannt) möglich. Bei den Projekten vom Typ «Spezialfälle» mit nur indirekter Umweltwirkung (z.B. Messmethode für Risiken), die noch weit von der Marktreife entfernt sind, kann die Umweltwirkung nicht über eine Ökobilanzierung ermittelt werden.

Die Umweltwirkungen der einzelnen Projekte variieren stark, insbesondere betreffend prognostizierte Wirkung in fünf Jahren. Gründe sind das sehr unterschiedliche Gesamtwirkungspotenzial, das Entwicklungsstadium der Produkte oder Dienstleistungen, aber auch die unterschiedliche Abhängigkeit von äusseren Bedingungen, wie beispielsweise Investitionszyklen und gesetzliche Entwicklungen.

Gemäss den Berechnungen in der vorliegenden Evaluation können die 25 untersuchten Projekte in fünf Jahren die Umweltbelastung um jährlich 480 Mrd. Umweltbelastungspunkte (UBP) reduzieren. Dies entspricht etwa 0,2 Prozent der jährlichen Gesamtumweltbelastung der Schweiz oder der Umweltbelastung von 18'000 Schweizern/-innen mit einem durchschnittlichen Konsumverhalten. Diese Prognose basiert neben der Ökobilanz zum konkreten Projekt insbesondere auf Annahmen zur Anzahl der bis in fünf Jahren realisierbaren Anlagen oder verkauften Produkten beziehungsweise Dienstleistungen.

Die UTF-Fördergelder zahlen sich durch die mit den Projekten vermiedenen Schäden und tieferen externen Kosten aus volkswirtschaftlicher Sicht aus. In fünf Jahren ab heute (2027) werden mit den 25 untersuchten Projekten eingesparte externe Kosten von 66 Mio. Franken pro Jahr prognostiziert.

I Empfehlungen

Basierend auf den Ergebnissen und durchgeführten Wirkungsanalysen zu 25 ausgewählten Projekten formuliert das Evaluationsteam 14 Empfehlungen für eine stärkere Wirkungsorientierung der UTF und für eine generelle Optimierung des Programms.

Die folgende Darstellung fasst die anschliessend beschriebenen Empfehlungen zusammen und verortet sie im Wirkungsmodell.

Die Empfehlungen im Überblick

Grundlagen/Konzept/Ziele	Umsetzung/Vollzug	Output/Outcome	Impact
E1: Prüfen der Kombination von laufenden offenen und periodischen thematischen Ausschreibungen.	E2: Klären der Rollen und der Verantwortung der fachlichen Begleitung durch die BAFU-Fachabteilungen	E7a: Im Gesuch Angaben zu den Zielgruppen einfordern.	E9: Verstärkte Kommunikation zur Bekanntmachung der UTF, gezielt auch für die Bereiche Boden, Biodiversität und Klima. Siehe auch E7a und E7b.
	E3: Beibehalten und verstärken der Vermittlung von externen Fachpersonen, falls BAFU-intern nicht vorhanden.	E7b: Im Gesuch Aussagen zu geplanten Massnahmen für die Marktsensibilisierung einfordern.	
	E4: Prüfen eines jährlichen, mit methodischen Inputs gerahmten Austauschs zwischen den Projektträgern.	E8: Prüfen, inwiefern die Beiträge eines Projekts zu verschiedenen SDG in die Beurteilung einfließen können.	E10: Im Schlussbericht zwei zusätzliche Kapitel verlangen: 1. zur erfolgten Zielgruppenansprache, 2. zur erwarteten Entwicklung bis in fünf Jahren.
	E5: Klären mit KOKO UT, inwiefern die Kriterien ergänzt und geschärft werden müssen.	Siehe auch E10.	
	E6: Systematischer Abgleich von Bewertungskriterien und geforderten Angaben im Gesuchformular.		E11: Gesuchstellende dazu animieren (freiwillig), vor Gesucheingabe eine SWOT-Analyse zu erstellen und dafür ein Schema/eine Vorlage zur Verfügung stellen.
			E12: Ausgewählte Projekte fünf oder zehn Jahre nach Projektabschluss auf Basis von effektiven (Verkaufs-) Zahlen einer Wirkungsermittlung unterziehen.
		E13: Periodisch das Gesamtpotenzial von ausgewählten UTF-Projekten semiquantitativ ermitteln lassen.	
		E14: Bei jedem Projekt prüfen, ob als Output-Ziel eine LCA verlangt werden soll.	

Quelle: Darstellung Interface.

Empfehlung 1: Es sollte geprüft werden, ob eine Kombination von einerseits wie bisher offenen und andererseits periodischen thematischen Ausschreibungen einzuführen ist. Erste Einschätzungen dazu sollten im Rahmen der KOKO UT diskutiert werden. Es sollte auch die Meinung der Fachabteilungen abgeholt werden, um zu ermitteln, ob bei ihnen Bedarf nach thematischer Steuerung besteht.

Empfehlung 2: Die Rollen und die Verantwortung bei der fachlichen Begleitung sollten klarer definiert werden. Ebenfalls wichtig wäre eine vorgängige Einschätzung zum Unterstützungsbedarf pro Projekt, um die Planung zu verbessern und um personelle Ressourcen zu sichern.

Empfehlung 3: Sofern BAFU-intern keine Expertise zu einem Thema vorliegt, sollten externe Experten/-innen durch die Sektion Innovation vermittelt werden, wie dies teilweise bereits heute der Fall ist.

Empfehlung 4: Es sollte geprüft werden, ob ein beispielsweise jährlicher Austausch zwischen den Projektträgern organisiert werden soll. Ein solcher könnte auch breiter gefasst werden und in Zusammenarbeit mit ähnlichen Förderprogrammen (z.B. Innosuisse) stattfinden. Die Treffen könnten jeweils ein Thema aufgreifen, das alle betrifft, beispielsweise die Zielgruppenorientierung, die Wirkungsmessung usw.

Empfehlung 5: Eine Umfrage bei der KOKO UT zum Verständnis der Beurteilungskriterien sollte durchgeführt und je nach Ergebnis die Beschreibung der Kriterien angepasst oder ergänzt werden.

Empfehlung 6: Es sollte ein Abgleich zwischen Bewertungskriterien und Gesuchformular durchgeführt werden, damit klarer wird, wo im Gesuchformular die Informationen zu welchen Kriterien zu finden sind. Möglicherweise würde es schon reichen, wenn im Bewertungsformular der KOKO UT auf die entsprechenden Kapitelnummern im Beitragsgesuch verwiesen würde.

Empfehlung 7a und 7b: Es sollten folgende zusätzlichen Informationen im Gesuchformular eingefordert werden:

- 7a: Welches sind die Zielgruppen des Produkts/der Dienstleistung oder ganz generell die Adressaten des Lösungsansatzes? Teilweise sind die Zielgruppen im Projektteam vertreten, in diesem Fall ist dies transparent zu machen.
- 7b: Welche Massnahmen sind im Bereich des Marketings (u.a. Kommunikation, Wissenstransfer usw.) vorgesehen? Anzustreben wäre, dass konkrete Massnahmen mit entsprechendem Budget beantragt – und durch die UTF mitfinanziert – werden.

Empfehlung 8: Es soll geprüft werden, ob als zusätzliches Beurteilungskriterium beurteilt werden soll, zu welchen SDG der gewählte Lösungsansatz einen positiven Beitrag leistet.

Empfehlung 9: Die Kommunikation zur UTF sollte insbesondere bei Wirtschaftsverbänden und in der Start-up-Szene verstärkt werden, um das Instrument bei neuen Akteuren bekannt zu machen. Mit gezielten Auftritten in Foren und an Veranstaltungen zu den Themen Boden, Biodiversität und Klima könnte es dabei auch gelingen, die Entwicklung von Innovationen zu diesen Themen verstärkt über die UTF zu fördern.

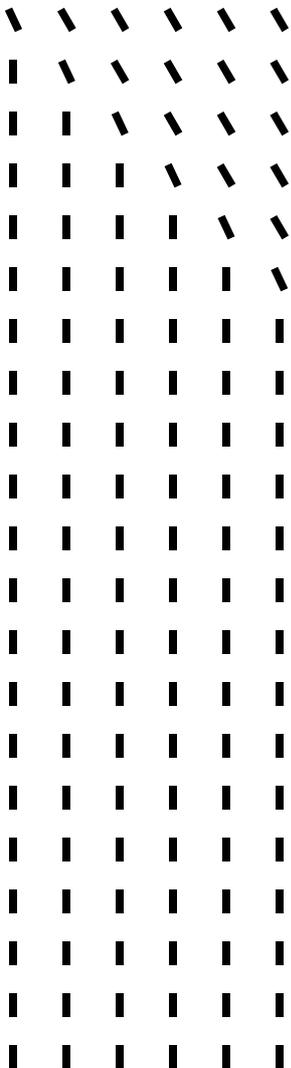
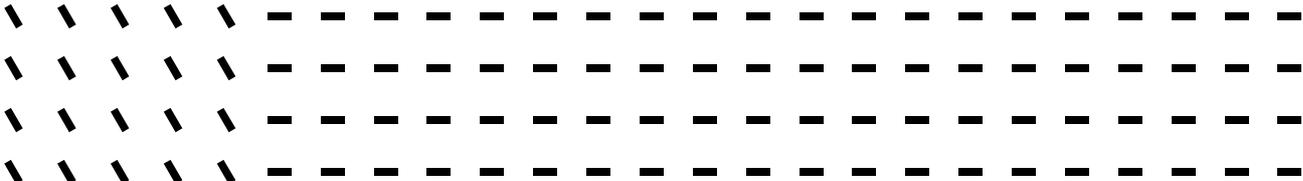
Empfehlung 10: Bei allen geförderten Projekten sollten in Zukunft als Output-Ziel im Vertrag zwei spezifische Kapitel im Schlussbericht verlangt werden: 1. Ein Kapitel zu den Zielgruppen, der Zielgruppen-Erreichung, zu den durchgeführten Marketing- und Kommunikationsaktivitäten und zu den Ergebnissen dieser Aktivitäten. 2. Ein Kapitel zur erwarteten Entwicklung in den nächsten fünf Jahren und zu den geplanten Marketing- und Kommunikationsaktivitäten.

Empfehlung 11: Es sollte geprüft werden, ob den potenziellen Gesuchstellern ein Schema für eine SWOT-Analyse zur Verfügung gestellt werden kann, das mit expliziten Fragen die verschiedenen Stufen des Wirkungsmodells abdeckt und so zur Stärkung der Wirkungsorientierung der Projekte beiträgt.

Empfehlung 12: Zur Ermittlung der Umweltwirkung der geförderten Projekte empfiehlt es sich, für ausgewählte Projekte fünf oder zehn Jahre nach Projektabschluss eine Berechnung mit einer Ökobilanzierung auf Basis von effektiven Verkaufs- oder Realisierungszahlen zu erstellen. Die Verträge enthalten diesbezüglich bereits die Verpflichtung der Projektträger, bis zu zehn Jahre nach Projektabschluss Informationen zur Verfügung zu stellen.

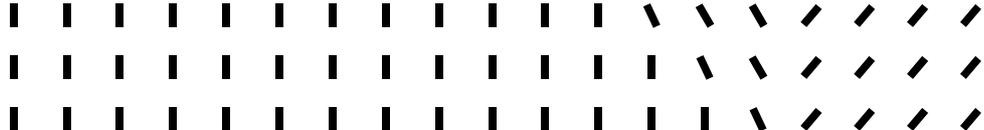
Empfehlung 13: Für eine periodische Einschätzung zur Wirkung der UTF und für Vergleiche zwischen Produkten und Dienstleistungen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien wird die Abschätzung des langfristigen Gesamtpotenzials pro Projekt empfohlen.

Empfehlung 14: Bei jedem geförderten Projekt sollte im Hinblick auf die Vertragserstellung geklärt werden, ob es sich erstens um ein Produkt oder eine Dienstleistung handelt, für die eine Ökobilanz erstellt werden kann, und ob sich zweitens das Produkt oder die Dienstleistung bei Projektende in einem Entwicklungsstadium befinden wird, in dem eine Ökobilanz Aussagen zur Umweltwirkung machen kann. Ist dies der Fall, soll im Vertrag als eines der Output-Ziele eine Ökobilanz durch eine Fachperson verlangt werden.



1. Ausgangslage, Evaluationsziele und Methodik

Die Evaluation soll der Weiterentwicklung von Konzept und Vollzug der Umwelttechnologieförderung dienen sowie der Berichterstattung zum Förderinstrument.



1.1 Ausgangslage

Seit rund 25 Jahren unterstützt die Umwelttechnologieförderung (UTF) Pilot- und Demonstrationsprojekte, die zur Entlastung der Umwelt ressourceneffiziente Anlagen, Verfahren, Produkte, Technologien und Dienstleistungen voranbringen (nachfolgend jeweils mit «Produkten und Dienstleistungen» zusammengefasst). Gefördert werden auch flankierende Massnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft. Für die Umsetzung der UTF ist das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Innovation, zuständig.

Die UTF will dazu beitragen, innovative Forschungsergebnisse im industriellen Alltag unter Betriebsbedingungen zu testen. Dazu fördert sie die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen in deren Pilot- und Demonstrationsphase. Ziel ist es, dass sich die Produkte und Dienstleistungen bewähren und den Markteintritt schaffen. Die damit erzielte Wertschöpfung sollte es den Projektträgern ermöglichen, die öffentlichen Förderbeiträge später zurückzuzahlen (Rückzahlungspflicht⁵).

Die UTF wurde 2002 letztmals im Auftrag des BAFU (damals noch Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [BUWAL]) evaluiert (Balthasar & Lehmann 2022). Seither wird im Rhythmus von fünf Jahren über die Wirkung der Förderung im Rahmen des «Bericht des Bundesrats über die Umwelttechnologieförderung» Bericht erstattet (zuletzt 2018). Bisher liest sich diese Berichterstattung zur UTF jedoch eher wie ein Tätigkeitsbericht. Deshalb ist es ein definiertes Ziel des BAFU, die Berichterstattung neu stärker auf die Wirkungen des Förderinstruments auszurichten. Dabei sollen Aussagen zu den Wirkungen einzelner Projekte gemacht werden können. Zusätzlich zum Bedürfnis, das Konzept und den Vollzug des Förderinstruments zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren, bildete dieses Berichterstattungsziel den Anlass für das BAFU, die UTF extern evaluieren zu lassen.

1.2 Evaluationsgegenstand: das Förderinstrument Umwelttechnologieförderung

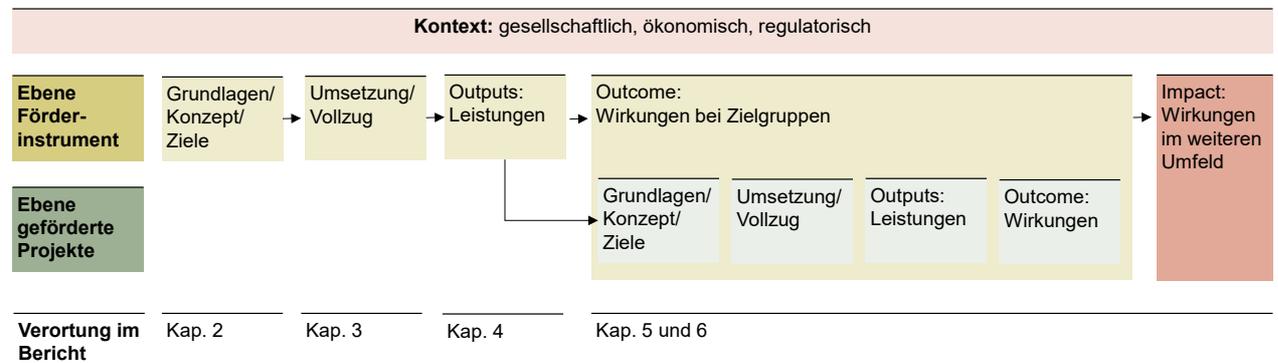
Gegenstand der Evaluation bildeten das Konzept und die Umsetzung der UTF sowie die in der aktuellen Berichtsperiode seit 2017 geförderten Projekte. Dabei wurden in erster Linie Pilot- und Demonstrationsprojekte betrachtet.

Die Evaluation erfolgte entlang eines zweistufigen Wirkungsmodells. Die erste Ebene betrifft das Förderinstrument UTF. Dazu wurden seine Grundlagen, seine Umsetzung und der Output untersucht. Der Outcome beziehungsweise die Wirkung des Förderinstruments hingegen setzt sich aus den Wirkungen der verschiedenen geförderten Projekte zusammen. Deshalb wurden auf der zweiten Ebene 25 Projekte näher betrachtet.

⁵ Von der Rückzahlungspflicht befreit sind Projekte, deren Resultate der Öffentlichkeit frei zur Verfügung stehen.

Das Wirkungsmodell ist nachfolgend abgebildet. Unterhalb des Modells finden sich die Kapitel, in denen die jeweiligen Aspekte dokumentiert und beurteilt werden. Die übergeordneten Evaluationsfragen werden in Kapitel 7 beantwortet, wo sich auch die Empfehlungen befinden.

D 1.1: Wirkungsmodell des Förderinstruments UTF



Quelle: Darstellung Interface.

1.3 Evaluationsziele und Fragestellungen

Die Evaluation umfasste summative und formative Aspekte:

- Einerseits wurde die bisherige Umsetzung der UTF analysiert mit einem Schwerpunkt auf den Wirkungen ausgewählter Projekte seit 2017 (summativer Teil der Evaluation).
- Andererseits wurden *Empfehlungen dazu formuliert*, wie Konzept und Vollzug optimiert werden können und wie die Wirkung der geförderten Projekte mit verhältnismässigem Aufwand besser ermittelt werden kann (formativer Teil der Evaluation).

Das Pflichtenheft umfasste diverse Evaluationsfragen, die nachfolgend den beiden Bereichen «Konzept, Vollzug und Output» und «Wirkungsmessung» zugeordnet werden. In der letzten Spalte findet sich jeweils die Nummer des Kapitels, in dem das Thema behandelt und die Frage beantwortet wird.

D 1.2: Evaluationsfragen zu Konzept, Vollzug und Output der UTF

1	<i>Fragen zu Konzept, Vollzug und Output der UTF</i>	<i>Kapitel-Nr.</i>
1.1	a) Ist das Konzept der UTF geeignet, um die erwarteten Wirkungen zu entfalten? b) Eignet sich das Instrument und werden die Ziele der UTF erreicht?	2 und 7
1.2	Welche Massnahmen zur Kommunikation des Instrumentes UTF bei den Zielgruppen werden eingesetzt?	4
1.3	Welche Elemente bei der Kommunikation/Bekanntmachung des Instrumentes UTF zur Erreichung der Zielgruppen haben sich besonders bewährt?	4
1.4	Welche finanziellen/personellen Ressourcen braucht es, um die UTF zu vollziehen?	3
1.5	Inwiefern sind Organisation und Genehmigungsverfahren zweckmässig?	3
1.6	Gibt es Potenzial zur Effizienzsteigerung mittels verstärkter Digitalisierung bestimmter Prozesse beziehungsweise einzelner Schritte?	3
1.7	Wie funktioniert die Beurteilung der Gesuche? Wie ist die Qualität der Beurteilung der Gesuche einzuschätzen?	3
1.8	Sind die verwendeten Kriterien zur Vergabe der Fördermittel zweckmässig?	3
1.9	Welche Rolle spielen Ausschlusskriterien?	3
1.10	Wer sind die Gesuchsteller?	4
1.11	Werden aus bestimmten Bereichen keine/kaum Gesuche eingereicht? Falls ja, weshalb?	4
1.12	Wie könnte der Umgang mit der Vertraulichkeit der durch die Gesuchsteller eingereichten Unterlagen (Gesuche, Anhänge, Schlussberichte) optimiert werden?	3
1.13	Wie kann die Begleitung der Projekte (durch UTF-Team und fachliche Experten/-innen) beurteilt werden?	3

D 1.3: Evaluationsfragen zu den Wirkungen der UTF

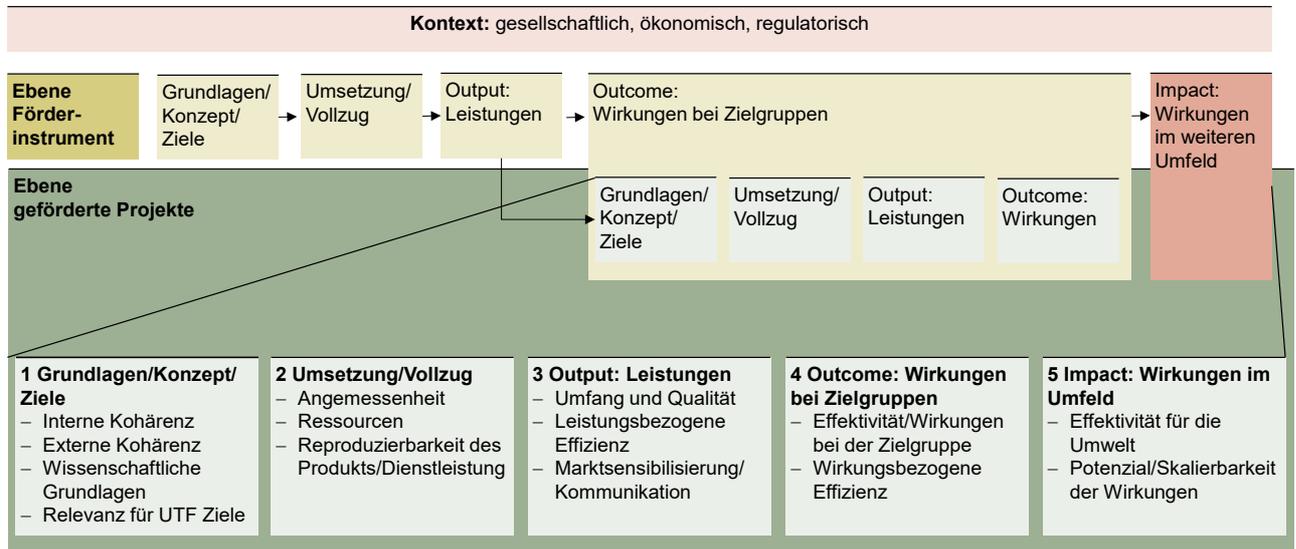
2	<i>Fragen zu den Wirkungen (Outcome, Impact)</i>	<i>Kapitel-Nr.</i>
2.1	a) Wie kann die Umweltwirkung einzelner über die UTF geförderter Projekte mit vertretbarem Aufwand evaluiert werden? b) Wie kann aufgrund der Umweltwirkung einzelner Projekte sinnvoll und mit vertretbarem Aufwand auf eine aggregierte Wirkung geschlossen werden? (Modul 2a)	7
2.2	Wie ist die Formulierung der Output-Ziele und Indikatoren zur Messung der Umweltwirkung für die Projekte zu beurteilen? Können sie einbezogen werden beziehungsweise wie müssten diese formuliert sein, damit sie mit vertretbarem Aufwand dafür verwendet werden könnten? (Modul 2a)	7
2.3	Inwiefern kann das von Reffnet.ch neu entwickelte Tool als vereinfachte Ökobilanzierung bei der Wirkungsanalyse für die Berichterstattung verwendet werden? (Modul 2a)	7
2.4	Wie ist die Umweltwirkung einzelner Projekte zu beurteilen? (Modul 2b)	5 und 6
2.5	Welche Cluster können sinnvollerweise gebildet werden und was sagen sie über die Umweltwirkung aus? (Modul 2b)	5
2.6	Inwiefern kann von verschiedenen Gruppen von Projekten (Clustern) auf eine aggregierte allgemeinere Umweltwirkung der UTF geschlossen werden? (Modul 2b)	5
2.7	Welches sind relevante Kontextfaktoren? (politisches, sozioökonomisches Umfeld) (Modul 2b)	5
2.8	Was beeinflusst die Umsetzung beziehungsweise den Erfolg eines UTF-Projektes auf dem Markt? (Modul 2b)	5
2.9	Wie werden zukünftige Wirkungspotenziale der Projekte eingeschätzt? (Modul 2b)	5

1.4 Vorgehen und Methode

Die nachfolgende Darstellung zeigt, welche Methoden wir für die Beantwortung welcher Fragestellung angewandt haben. Zur Analyse von Konzept, Vollzug und Output der UTF (Modul 1) analysierten wir Dokumente und Sekundärdaten (Projekteingabedaten). Zudem führten wir eine Online-Befragung bei den Projektträgern durch (vgl. Abschnitt 1.4.1). Weiter führten wir leitfadengestützte Interviews mit Personen, die in die Umsetzung der UTF involviert sind (vgl. Abschnitt 1.4.2) und mit Personen, die zwar zur Zielgruppe gehören, jedoch noch nie UTF-Fördergelder bezogen haben (vgl. Abschnitt 1.4.3). Zur besseren Einordnung machten wir zudem eine vergleichende Betrachtung der UTF und den

drei Förderprogrammen Aktionsplan Holz, Innovationsprojektförderung von Innosuisse und Pilot- und Demonstrationsprogramm des BFE (vgl. Abschnitt A 3 im Anhang).

D 1.4: Methoden im Überblick



Quelle: Darstellung Interface.

Im Modul 2a entwickelten wir das Konzept für die Wirkungsmessung. Dazu führten wir Interviews mit vier Verantwortlichen geförderter Projekte. Der Konzeptentwurf diskutierten wir anschliessend mit diesen Projektverantwortlichen in einem Workshop (vgl. Abschnitt 1.4.4).

Für die eigentliche Wirkungsmessung wählten wir 25 Projekte aus. Zu diesen Projekten analysierten wir Daten und Dokumente und führten je ein Interview mit dem/der Projektverantwortlichen (vgl. Abschnitt 1.4.5). Auf Basis der damit erhobenen Informationen ermittelten wir die Umweltwirkung der 25 Projekte mit unterschiedlichen Methoden (vgl. Abschnitt 1.4.6). Zehn dieser Projekte arbeiteten wir zudem als Fallstudien mit je einem Factsheet auf, in dem neben der Wirkung aufgezeigt wird, wie das jeweilige Projekt bezüglich Konzept, Umsetzung und Outputs aufgestellt war (vgl. Abschnitt A 1 im Anhang).

Schliesslich diskutierten und validierten wir die aggregierte Wirkungsermittlung und die zehn Fallstudien mit drei Experten/-innen (vgl. Abschnitt 1.4.7).

1.4.1 Online-Befragung von Projektträgern

Für die Datenerhebung zu Konzept, Vollzug und Output der UTF führten wir im Zeitraum Dezember 2021 bis Januar 2022 eine Online-Befragung durch. Insgesamt wurden die Projektträger von 85 Projekten⁶ angeschrieben. Pro Projekt kontaktierten wir je ein privates Unternehmen (sofern vorhanden) sowie eine Forschungsorganisation (sofern vorhanden). Von den insgesamt 149 kontaktierten Organisationen haben 47 geantwortet (Rücklauf: 32%). Die Antworten dieser Befragten bezogen sich auf 44 Projekte (Rücklauf: 52%).

⁶ Projekte, die im Rahmen von flankierenden Massnahmen unterstützt wurden, wie z.B. Reff-net.ch, wurden nicht angeschrieben.

1.4.2 Interviews mit Umsetzungsakteuren

Für die Datenerhebung zu Konzept und Vollzug der UTF führten wir des Weiteren insgesamt sechs leitfadengestützte Interviews mit Personen, die in die Umsetzung der UTF involviert sind. Die Gespräche fanden per Videocall im November und Dezember 2021 statt.

D 1.5: Interviewte Umsetzungsakteure (Vollzugsverantwortliche Seite BAFU)

Name	Funktion
Daniel Zürcher	Sektionschef der Sektion Innovation (BAFU); verantwortlich für die UTF; Vorsitzender KOKO UT*
Ursula Frei	Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Sektion Innovation (BAFU); verantwortlich für die administrative Abwicklung der UTF und Reffnet.ch (Netzwerk Ressourceneffizienz Schweiz)
Martin Schiess	Abteilungschef der Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien (LUCHEM; BAFU); Mitunterzeichnung der Verträge bei UTF Projekten, die durch die Abteilung LUCHEM fachlich begleitet werden.
Men Wirz	Verantwortlich für Pilot- und Demonstrationsprogramme beim Bundesamt für Energie (BFE); Mitglied der KOKO UT*
Nicolas Martin	Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Innosuisse (Bereich Umwelt und Energie); Mitglied der KOKO UT*
Michael Hügi	Stv. Sektionschef Sektion Siedlungsabfälle (BAFU); Schnittstelle zu UTF-Projekten, die fachlich zur Abteilung Abfall und Rohstoffe gehören; Mitglied der KOKO UT*

Quelle: Darstellung Interface.

Legende: * = Entscheidungsgremium der UTF; total 11 Personen aus Abteilungen des BAFU sowie des BFE und der Innosuisse als weitere Organisationen des Bundes, die Innovationen fördern.

1.4.3 Interviews mit Personen ohne UTF-Fördererfahrung

Um explizit die Aussensicht auf die UTF zu berücksichtigen, wurde mit zwölf Personen, die noch nie von UTF-Geldern profitiert haben, je ein Interview geführt. Es handelte sich um vier Projektverantwortliche, deren Gesuch abgelehnt wurde, und um acht Personen, die noch nie ein Projekt bei der UTF eingereicht haben, die aufgrund der Tätigkeit ihres Unternehmens jedoch potenziell zur Zielgruppe der UTF gehören (vgl. Abschnitt A 1 im Anhang). Die Gespräche fanden per Videocall im Januar und Februar 2022 statt.

1.4.4 Interviews und Workshop zur Konzeptentwicklung Wirkungsmessung

Das Evaluationsteam erarbeitete einen Ansatz zur Wirkungsmessung auf Ebene einzelner Projekte. Dazu wurden zuerst explorative Gespräche mit Projektverantwortlichen von vier UTF-geförderten Projekten geführt.⁷ Im Hinblick auf das Ziel der Evaluation, eine Wirkungsmessung zu insgesamt 25 Projekten durchzuführen, wurden je zwei Projekte mit direkter respektive indirekter Umweltwirkung ausgewählt. Das Konzept zur Wirkungsmessung wurde mit dem BAFU und den Projektverantwortlichen an einem Workshop diskutiert. Das Ziel des Workshops bestand darin, den vorgeschlagenen Ansatz zu validieren und die Umsetzbarkeit der Wirkungsmessung in der Praxis mit folgenden Fragen zu prüfen:

- Inwiefern kann das Wirkungsmodell (vgl. Darstellung D 1.1) mit den fünf Stufen (Konzept, Vollzug, Output, Outcome, Impact) sinnvoll auf die UTF-Projekte angewendet werden?
- Gibt es Ergänzungsbedarf bei den Evaluationskriterien der fünf Stufen des Wirkungsmodells?

⁷ Es handelte sich um folgende Projekte: Helventomill, Partektor 2, Recycling Seltene Erden, SismoRiv. Mehr Informationen dazu finden sich in der Darstellung D 5.4.

- Welche Methoden sind geeignet, um die Wirkung auf Ebene Impact (= effektive Umweltwirkung) zu messen? Ist die Ökobilanzierung für alle Projekte geeignet oder bedarf es alternativer Ansätze?

Der Workshop fand am 7. Dezember 2021 statt. Das Ergebnis des Workshops war ein Synthesepapier zur Wirkungsmessung. Die zentralen Elemente der Wirkungsmessung werden in Abschnitt 5.1 erläutert.

1.4.5 Analyse von 25 Projekten

Von den 135 Projekten, die in der Periode 2017-2021 eine Finanzhilfe bekommen haben, wurden mit dem Auftraggeber 25 Projekte für eine Wirkungsanalyse ausgewählt. Die Auswahl erfolgte kriterienbasiert, um ein möglichst breites Spektrum an Projekten abzudecken. Folgende Kriterien wurden berücksichtigt: Projektfortschritt, Vielfalt der thematischen Bereiche, Output(s) des Projektes (Technologien, Anlagen, Güter, Dienstleistungen), Sprachregion, Art der Beitragsempfänger (Forschung oder Unternehmen), Umfang der finanziellen Förderung, Rückzahlungsquote. Während der Arbeiten zu Modul 1 hat sich als zusätzliches Auswahlkriterium die Wirkungslogik (direkt, indirekt, Spezialfälle; vgl. auch Abschnitt 5.1.2) herauskristallisiert.

Pro Projekt erfolgte eine Dokumentenanalyse. Im Vordergrund stand dabei der Fördervertrag des BAFU mit den Projektträgern. Hinzu kamen allfällige Präsentationen, Zwischen- oder Schlussberichte und die Informationen, die auf <https://www.aramis.admin.ch/> zum Projekt verfügbar waren.

Die Projektverantwortlichen der gesuchstellenden Institutionen wurden um ein Interview gebeten. Die Gespräche fanden per Videocall im März und April 2022 statt. Sie dauerten zwischen 60 und 90 Minuten. Der Gesprächsleitfaden findet sich im Abschnitt A 7 im Anhang. Die Fragen bezogen sich auf Konzept und Vollzug der UTF, auf Output und Outcome des konkreten Projekts und auf die konkrete (Umwelt-)Wirkung des Projekts.

1.4.6 Wirkungsmessung

Die Gesprächspartner/-innen der 25 Projekte wurden um Angaben zum Material- und Energieinput und zur erzielten Umweltwirkung ihres Produkts oder der Technologie sowie um allfällige bereits vorhandene Wirkungsermittlungen gebeten. Auf dieser Basis und unter Einbezug von Fachliteratur und ergänzenden Informationen wurde für jedes der 25 Projekte eine Hochrechnung zur Umweltwirkung erstellt.

Die umfassendste Methode zur Bewertung von Umweltauswirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Technologien ist die Ökobilanzierung, auch Lebenszyklusanalyse (engl. Life Cycle Assessment, abgekürzt LCA) genannt. Daher wurde sie in diesem Projekt, wo immer möglich, zur Messung der Umweltwirkungen verwendet. Diese Methode berücksichtigt einerseits den gesamten Lebensweg eines Produkts oder einer Dienstleistung und andererseits wird eine Vielzahl von Auswirkungen auf Ökosysteme, die menschliche Gesundheit sowie den Ressourcenbedarf berücksichtigt. Zudem stellt die Ökobilanzierung Bewertungsmethoden zur Verfügung, die es erlauben, die unterschiedlichen Auswirkungen zu berechnen und, falls dies als Entscheidungsgrundlage notwendig ist, zu gewichten und zu einer Kennzahl wie z.B. UBP (Umweltbelastungspunkte) zu aggregieren.

Als Gewichtungsmethode wurde die Methode der ökologischen Knappheit verwendet. Aus Gründen der Relevanz wurden die Auswirkungen auf das Klima separat ausgewiesen. Zudem wurden die mit den Umweltauswirkungen verbundenen externen Kosten berechnet. Im Bereich der Naturgefahren und Gesundheitsrisiken, wo nicht die vom Menschen

verursachten Umweltschäden im Zentrum stehen, wurde die Bewertung auf die Vermeidung von Kosten bei Präventions- sowie Schutz- und Wiederherstellungsmassnahmen ausgerichtet.

Mehr zur Methodik der Wirkungsermittlung findet sich im Abschnitt 5.2 und im Abschnitt A 4 im Anhang.

1.4.7 Validierung mit Experten/-innen

Die aggregierten Ergebnisse zu den Wirkungen wurden mit zwei Experten und einer Expertin diskutiert und validiert. Dabei ging es um eine kritische Würdigung der Wirkungsanalyse und der damit einhergehenden Ergebnisse. Zudem wurde die Expertise der Experten/-innen genutzt, um die Ergebnisse der zehn Fallstudien zu validieren. Mit jedem Experten und der Expertin wurden drei bis vier Fallstudien besprochen. Die Validierungsgespräche fanden Mitte Mai 2022 statt und dauerten zwischen 90 und 120 Minuten.

D 1.6: Expertinnen und Experten

<i>Name</i>	<i>Funktion</i>
Dr. Christian Bauer	Forscher am Paul Scherrer Institut (PSI) mit Schwerpunkt Life Cycle Assessment und Nachhaltigkeitsbewertung (Bereich Energie und Verkehr). Mitglied des Redaktionsausschusses und Vertreter des PSI bei ecoinvent ⁸ .
Dr. Christine Roth	Ressortleiterin Umwelt bei SWISSMEM (Verband für KMU und Grossfirmen der Schweizer Tech-Industrie).
Prof. Dr. Hans Schnitzer	Emeritierter Professor der Technischen Universität Graz (Österreich) im Bereich Grundlagen der Verfahrenstechnik und Energietechnik. Breite Erfahrung im Bereich Nährstoffkreisläufe.

1.4.8 Begleitgruppe

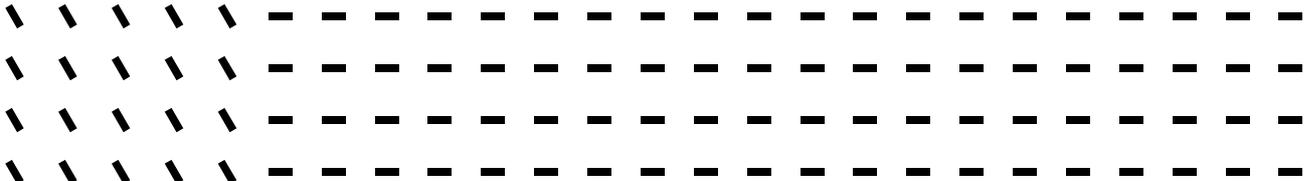
Zur breiteren Abstützung der Evaluation wurden die Evaluationsarbeiten von einer Begleitgruppe (BG) begleitet. Dieses vierköpfige Gremium hatte folgende Aufgaben:

- Unterstützung bei der Vermittlung von Kontakten
- Inhaltliche Unterstützung bei relevanten Meilensteinen
- Beratende Begleitung ohne Entscheidungsbefugnis

Die erste BG-Sitzung fand am 4. Februar 2022 zur Diskussion der vorläufigen Ergebnisse zu Modul 1 statt. Die zweite BG-Sitzung fand am 4. April 2022 statt. Dort wurden ergänzende Erkenntnisse zu Modul 1 und erste Eindrücke aus den 25 Interviews mit den 25 Projektverantwortlichen vorgestellt. Zudem wurde über die Fallstudien und die anzufragenden Experten/-innen für die Validierung diskutiert. Die dritte Sitzung fand am 15. Juni 2022 statt – an dieser wurde über die Empfehlungen und über den Schlussbericht diskutiert. Die Mitglieder der Begleitgruppe sind im Impressum dieses Berichts aufgeführt.

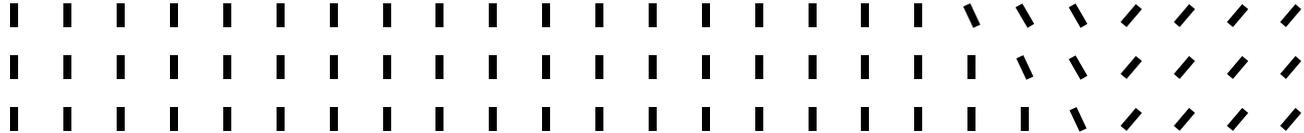
Im Anschluss an jede BG-Sitzung folgte eine Debriefing-Sitzung mit der Projektgruppe des Auftraggebers.

⁸ Weltweit führende Ökobilanz-Datenbank: <https://ecoinvent.org/>.



2. Ergebnisse zum Konzept der Umwelttechnologieförderung

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus der Evaluation zur Stufe 1 des Wirkungsmodells – zu Grundlagen, Konzeption und Zielen – erläutert.



2.1 Das Konzept kurz erläutert⁹

2.1.1 Ziele, Förderbereiche und Einbettung in die Schweizer Förderlandschaft

Mit dem Instrument der UTF verfolgt das BAFU erstens das Ziel, Pilot- und Demonstrationsprojekte zur Entlastung der Umwelt mittels marktfähigen Umwelttechnologien (Anlagen, Verfahren, Produkte, Technologien, Prozesse und Dienstleistungen) zu fördern. Zweitens sollen flankierende Massnahmen zur Stärkung der Ressourceneffizienz und der Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft gefördert werden. Die gesetzliche Grundlage bildet das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG; Art. 49 Abs. 3). Im Fokus der Evaluation steht die Förderung der Pilot- und Demonstrationsprojekte.

Das Förderkonzept der UTF sieht vor, Projekte zu fördern, die sich in den letzten Entwicklungsschritten vor der Marktreife befinden. Die finanzielle Unterstützung durch das BAFU soll dazu beitragen, dass Forschungsergebnisse in marktfähige Umwelttechnologien überführt werden, zum Beispiel in Form von Prototypen, Testprodukten oder technisch ausgereiften Pilot- und Demonstrationsanlagen. Im Gegensatz zu Innosuisse werden im Rahmen der UTF Pilotanlagen nicht nur bis zum Labor-Massstab, sondern bis zum industriellen Massstab gefördert. Damit ist die UTF-Förderung stärker auf den Zeitpunkt unmittelbar vor der Markteinführung ausgerichtet als die Innosuisse-Förderung.

Projekte werden in den Wirkungsbereichen «Abfall, Recycling & Rohstoffkreisläufe», «Biodiversität», «Boden & Altlasten», «Wasser», «Klima», «Lärmbekämpfung», «Luftreinhaltung», «Gefahrenprävention» und «Multidisziplinär» gefördert. Projekte mit Fokus auf Energietechnologien oder auf die Herstellung und Nutzung von Energie basierend auf erneuerbaren Energieträgern werden nicht durch die UTF abgedeckt, da diese im Kompetenzbereich der Förderinstrumente des BFE liegen.

Die UTF ist thematisch offen gestaltet. Interessierte können zu jeder Zeit ein Gesuch einreichen, solange sich das Projekt innerhalb des Themenbereichs der Umwelttechnologien befindet. Ausschreibungen mit Themenschwerpunkten wurden bisher keine vorgenommen.

Die UTF ist eines von mehreren Instrumenten des Bundes zur Innovationsförderung. Zu nennen sind insbesondere auch die Förderung von Innosuisse (Innovationsprojekte, Innovationscheck und Flagship Initiative) und das P+D-Programm des BFE, das ähnliche Projekte wie die UTF fördert, jedoch im Energiebereich. In Abschnitt A 3 im Anhang findet sich eine Darstellung mit einem Vergleich zwischen der UTF, dem P+D-Programm des

⁹ Die konzeptionellen Grundlagen sind dem Bericht an den Bundesrat in Erfüllung des Prüfauftrags zur Steigerung der Rückzahlungsquote von Bundesbeiträgen im Rahmen der Umwelttechnologieförderung entnommen.

BE, den Innovationsprojekten von Innosuisse und dem Förderprogramm Aktionsplan Holz.

2.1.2 Förderkonzept mit Rückzahlungspflicht

Im Falle einer kommerziellen Verwertung von Umwelttechnologien, die mit Finanzhilfen der UTF entwickelt wurden, sind gemäss Art. 49 Abs. 3 des USG die gewährten Bundesbeiträge zurückzuerstatten. Diese Rückzahlungspflicht bleibt während zehn Jahren nach Projektabschluss bestehen. Der Förderbeitrag ist prozentual zum Umsatz, der mit der entwickelten Technologie erwirtschaftet wurde, und maximal bis zur Höhe des BAFU-Beitrages zurückzuzahlen (Informationen zu den Rückzahlungsquoten finden sich im Abschnitt 4.3). Projekte, deren Resultate der Öffentlichkeit frei zur Verfügung stehen, können von der Rückzahlungspflicht befreit werden. Von der Rückzahlungspflicht ebenfalls ausgenommen sind flankierende Massnahmen.

Im Zeitraum von 2017 bis 2021 standen dem BAFU insgesamt rund 21 Mio. Franken für die Projektförderung im Rahmen der UTF zur Verfügung. Dies entspricht jährlich rund 4 Mio. beziehungsweise im Jahr 2021 5 Mio. Franken. Es gibt keine Vorgaben bezüglich der Höhe des pro Projekt ausbezahlten Finanzbeitrags. Zwischen 2017 und 2021 bewegten sich die zugesprochenen Beträge zwischen 15'000 Franken und 3 Mio. Franken. Mindestens 50 Prozent der förderungsberechtigten Gesamtprojektkosten müssen durch die Gestuchsteller getragen werden. Bei Machbarkeitsstudien unter 50'000 Franken kann das BAFU ausnahmsweise mehr als 50 Prozent der Kosten übernehmen.

2.2 Beurteilung des Konzepts

Nachfolgend beurteilen wir die einzelnen Aspekte des Konzepts der UTF anhand der Ergebnisse der Online-Befragung und der Interviews.

I Ziele, Förderbereiche und Einbettung in die Schweizer Förderlandschaft

Der Blick auf Darstellung D 2.1 zeigt, dass die UTF gemäss der online befragten Projektverantwortlichen eine Lücke im Bereich der Förderung von Innovationen zur Verminderung von Umweltbelastungen schliesst. 80 Prozent stimmen dieser Aussage voll und ganz, 20 Prozent stimmen ihr zumindest eher zu. Diese Einschätzung wird auch von den befragten Umsetzungsakteuren, den Projektverantwortlichen abgelehnter Projekte und von Personen aus Unternehmen mit potenziell förderungswürdigen Projekten vertreten.

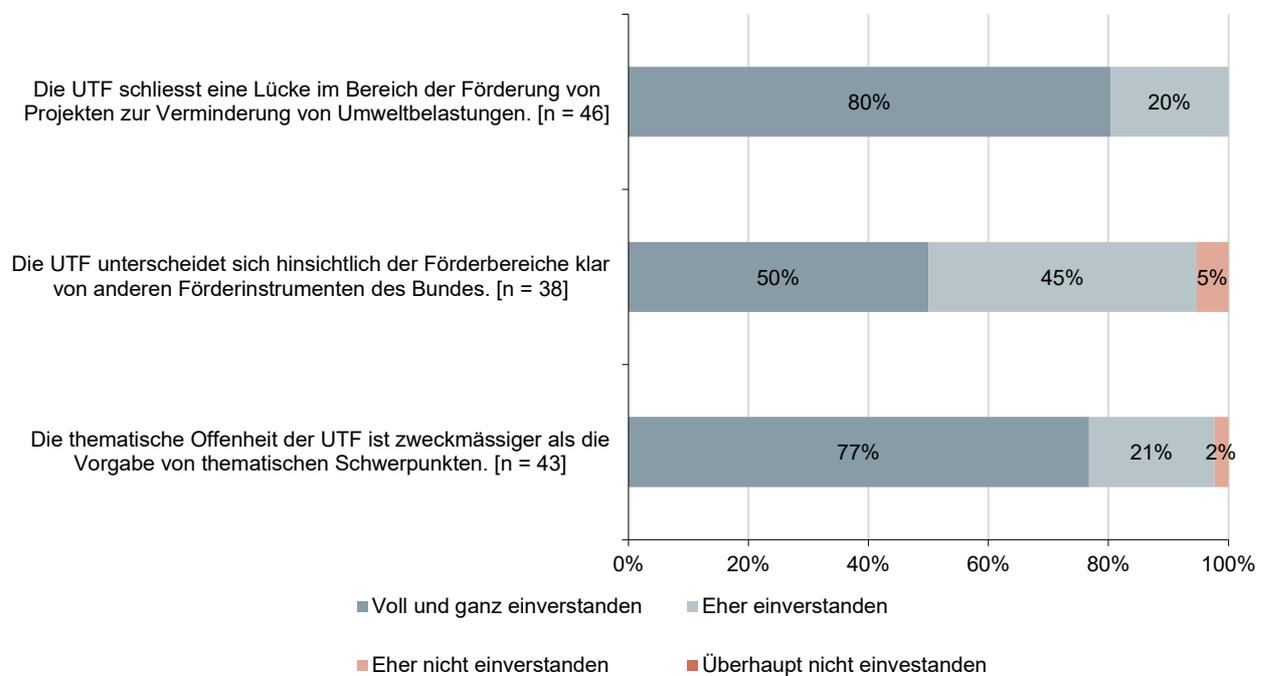
Die Aussage, dass sich die UTF von anderen Förderinstrumenten klar unterscheidet, befürwortet zwar in der Online-Befragung ebenfalls eine deutliche Mehrheit von rund 95 Prozent. Allerdings stimmen der Aussage rund 45 Prozent nur eher und nicht voll und ganz zu. In den Interviews zeigte sich, dass die UTF zum Teil als sehr ähnlich zur Projektförderung von Innosuisse wahrgenommen wird. Es war den Interviewpartnern/-innen nicht immer klar, dass die UTF – anders als die Innosuisse – den Fokus stark auf sich unmittelbar vor Markteintritt befindende Technologien legt (eine Darstellung dazu findet sich im Bundesratsbericht zur UTF 2012–2016: Schweizerischer Bundesrat 2018). Ein Unterschied zwischen der UTF und der Innosuisse ist, dass die UTF auch Projekte ohne Wissenschafts- oder Forschungspartner fördert. Dies ist den Interviewpartnern/-innen bekannt und von zentraler Bedeutung.

Die thematische Offenheit der UTF schliesslich wurde sowohl in der Online-Befragung als auch in den Interviews grossmehrheitlich positiv beurteilt. Aus Sicht der Personen aus Unternehmen mit potenziell förderungswürdigen Projekten und der grossen Mehrheit der 25 befragten Projektverantwortlichen geförderter Projekte hat die thematische Offenheit den Vorteil, dass das BAFU innovative Ideen nicht im Vornherein ausschliesst, sondern allen Innovationen im Umweltbereich offen gegenübersteht. Weitere Argumente gegen

thematische Ausschreibungen waren die Gefahr, dass die Auswahl von Schwerpunkten zu stark politisch motiviert sein könnte oder dass damit ein negatives Signal gesendet würde an Firmen, die sich mit anderen Themen befassen.

In den Interviews haben sich jedoch einzelne Personen für die Idee starkgemacht, die thematische Offenheit mit thematischen Schwerpunkten zu kombinieren. Damit könne das BAFU stärker Einfluss auf Themenbereiche nehmen, beispielsweise in Verbindung mit politisch festgelegten Schwerpunkten in der Umweltpolitik, ohne sich innovativen Ideen ausserhalb der Schwerpunkthemen zu verschliessen. Weitere genannte Vorteile einer thematischen Ausschreibung könnten sein, dass die Beurteilung und Auswahl wegen der besseren Vergleichbarkeit der Eingaben einfacher würden. Damit entstünde mehr Wettbewerb. Schliesslich könne sich eine thematische Ausschreibung auch positiv auf die Erreichung der Zielgruppe der UTF auswirken, weil diese über das Ausschreibungsthema auf die UTF stossen würde, sofern das Thema passe.

D 2.1: Ergebnisse der Online-Befragung zum Konzept der UTF



Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

2.2.1 Kriterien für die Finanzierung

In den Interviews wurden die Projektverantwortlichen geförderter Projekte, die Projektverantwortlichen abgelehnter Projekte sowie die Personen aus Unternehmen mit potenziell förderungswürdigen Projekten zu den Kriterien der Finanzierung befragt.

- Die *Eigenmittelanforderungen* (mindestens 50% der förderungsberechtigten Gesamtprojektkosten müssen durch die Gesuchsteller getragen werden) beurteilt eine deutliche Mehrheit der Befragten positiv. Sie seien notwendig, um Mitnahmeeffekte des Förderinstruments zu verhindern respektive zu minimieren. Die UTF bewegt sich mit ihren Eigenmittelanforderungen im Rahmen von anderen Förderprogrammen. Auch das Förderprogramm Aktionsplan Holz sowie die Innovationsprojektförderung von Innosuisse stellen diese Anforderung. Beim P+D-Programm des BFE werden maximal

40 Prozent (in Ausnahmefällen 60%) der nicht amortisierbaren Mehrkosten finanziert. In der Tendenz ist diese Eigenmittelanforderung mit Bezug zu den nicht amortisierbaren Mehrkosten im Vergleich zur UTF restriktiver. Dies verringert zwar das Risiko von Mitnahmeeffekten. Es zeigt sich aber, dass aus Sicht der Zielgruppen die Bemessungsgrundlage der nicht amortisierbaren Mehrkosten nicht so gut nachvollziehbar und komplex ist (Hammer et al. 2018).

- Die *Rückzahlungspflicht* ist im Vergleich zu anderen Innovationsförderprogrammen des Bundes eine Eigenheit der UTF. Sie ist jedoch aus Sicht von fast allen befragten Personen nachvollziehbar und unproblematisch. Die BAFU-Förderung wird in diesem Sinne als eine Anschubfinanzierung betrachtet, die es zurückzahlen gilt, wenn man auf dem Markt reüssiert. Auch für die Personen aus Unternehmen mit potenziell förderungswürdigen Projekten stellt die Rückzahlungspflicht kein Grund dar, von einer Gesucheingabe abzusehen. Ebenfalls sieht die Mehrheit der befragten 25 Projektverantwortlichen geförderter Projekte die Rückzahlungspflicht unproblematisch. Einerseits, weil gewisse Projektträger gar nicht betroffen sind, andererseits, weil die Rückzahlungspflicht aus ihrer Sicht legitim ist. Dennoch wurden auch kritische Effekte genannt:
- Die Rückzahlungspflicht kann eine Hürde sein bei der Suche nach Industriepartnern und Investoren – auf jeden Fall besteht dabei Erklärungsbedarf.
- Die Rückzahlungspflicht könnte zu Diskussionen führen, wenn mehrere Projektpartner involviert sind und nicht klar ist, wer was zurückzahlen muss.
- Es gibt Unsicherheiten bei den Modalitäten und dem administrativen Aufwand, falls es zu einer Rückzahlung kommt.
- Es gibt die Befürchtung, dass die zu tätigenden Rückzahlungen auf die Angebotspreise (bspw. der Dienstleistung) geschlagen werden müssen, was das Angebot verteuern und den Markterfolg gefährden könnte.
- Die *Höhe der Geldbeträge der UTF* wurde von der Mehrheit der Interviewpartner/-innen als angemessen beurteilt. Vereinzelt wurde auf die Innosuisse-Projektförderung sowie das P+D-Programm beim BFE verwiesen, die über grössere Fördertöpfe verfügen und die daher für Projekte mit grösseren Volumen interessanter sind. Aus Sicht der Personen aus Unternehmen mit potenziell förderungswürdigen Projekten bewegt sich die vom BAFU im Rahmen der UTF gewährte finanzielle Unterstützung jedoch in einem Bereich, der das Förderinstrument für sie attraktiv macht.

2.3 Fazit zum Konzept der Umwelttechnologieförderung

In diesem Abschnitt beantworten wir die Evaluationsfrage zum Konzept.

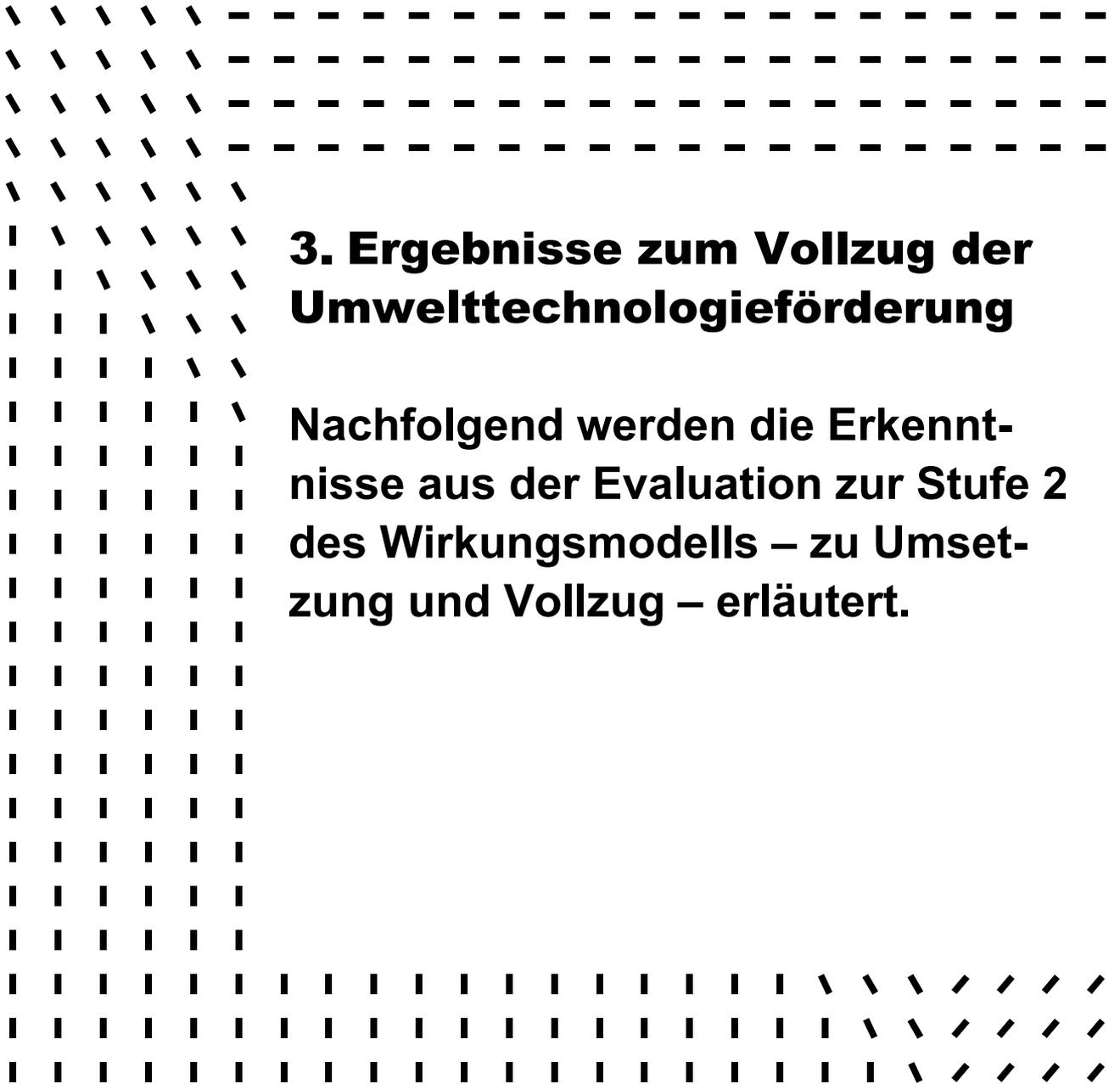
I Evaluationsfrage 1.1: a) Ist das Konzept der UTF geeignet, um die erwarteten Wirkungen zu entfalten?

Die UTF schliesst mit ihrem Fokus auf innovative Technologien zur Entlastung der Umwelt eine Lücke, die von anderen Förderprogrammen, wie der Projektförderung von Innosuisse und dem P+D-Programm des BFE, in dieser Weise nicht abgedeckt werden. Zum Teil gibt es auf Seiten der Zielgruppen gewisse Unklarheiten darüber, worin sich die UTF von der Innosuisse-Förderung unterscheidet. Über alle Erhebungen hinweg gesehen lässt sich aber klar festhalten, dass die Befragten der UTF im Vergleich mit anderen Förderprogrammen einen klaren Mehrwert attestieren: Das Programm fokussiere auf Themen, die in anderen Förderprogrammen weniger oder gar nicht im Fokus stehen. Weiter würden auch Unternehmen ohne Forschungspartner Fördergelder erhalten.

Es gibt keine Anzeichen dazu, dass einzelne Aspekte des Förderkonzepts einen negativen Effekt auf die Wirkung haben. Die Anforderungen an die Eigenmittel und die Rückzahlungspflicht sind aus Sicht der Zielgruppen nachvollziehbar und stellen – wie auch die Höhe der finanziellen Beträge – keinen Grund dar, im Voraus von einer Gesucheingabe

abzusehen. Schliesslich wirkt sich die thematische Offenheit des Förderinstruments positiv in dem Sinne aus, dass innovative Projekte nicht von Vornherein aufgrund thematischer Einschränkungen keine Aussicht auf Förderung haben.

Grundsätzlich bewährt sich das Konzept der UTF. Unsere Empfehlung in Abschnitt 6.2.1 macht einen Vorschlag, wie das Konzept allenfalls leicht optimiert werden könnte.



3. Ergebnisse zum Vollzug der Umwelttechnologieförderung

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus der Evaluation zur Stufe 2 des Wirkungsmodells – zu Umsetzung und Vollzug – erläutert.

3.1 Der Vollzug kurz erläutert

3.1.1 Organisation und Ressourcen des Vollzugs

Für den Vollzug der UTF ist das BAFU, Sektion Innovation, zuständig. Die Sektion kann insgesamt rund 170 Stellenprozente, verteilt auf drei Personen, für den Vollzug bereitstellen. Hinzu kommen die Aufwände bei den Fachabteilungen, die für eine Ersteinschätzung bei eingereichten Gesuchen sowie für die fachliche Begleitung der geförderten Projekte und für die Begutachtung des Schlussberichtes beigezogen werden.

Der Vollzugsprozess lässt sich bis zum Projektabschluss in die drei Phasen Gesucheingabe, Gesuchbeurteilung und Projektbegleitung inklusive Abschluss unterteilen, auf die wir nachfolgend einzeln eingehen.

3.1.2 Gesucheingabe

Die Gesucheingabe erfolgt mittels eines PDF-Formulars, worin unter anderem die Eckdaten des Projekts (u.a. Projekttitle, Hauptgesuchsteller und Projektpartner, Umweltbereich, Projektlaufzeit, Projektkosten), die Ziele, der Projektplan sowie die Projektorganisation und -finanzierung des Vorhabens dargelegt werden müssen. Ebenfalls müssen Angaben zu den Kriterien Umweltnutzen, Innovation, wirtschaftliche und technische Machbarkeit inklusive Marktchancen, Wertschöpfung in der Schweiz sowie zu allfälligen Beiträgen zur sozialen oder wirtschaftlichen Nachhaltigkeit gemacht werden. Die Gesuche können in einer der drei Landessprachen (Deutsch, Französisch, Italienisch) oder in Englisch eingegeben werden.

Das Formular für die Gesucheingabe ist auf der Website des BAFU zugänglich.¹⁰ Dort wird unter Angabe einer Telefonnummer und einer E-Mail-Adresse empfohlen, vor Eingabe des offiziellen Gesuchs Kontakt mit der Sektion Innovation des BAFU aufzunehmen. Das Ziel dieses vorgängigen Kontaktangebots ist, falsche Vorstellungen und Enttäuschungen auf Seiten der Gesuchsteller sowie Formfehler bei der Gesucheingabe zu vermeiden. Ebenfalls bietet die Sektion Innovation an, dass man ihr vorgängig zur Eingabe des offiziellen Gesuchs eine kurze Projektskizze zustellt. Anhand dieser Projektskizze gibt die Sektion eine erste Rückmeldung zur Förderungswürdigkeit des Projekts.

3.1.3 Gesuchbeurteilung

Der Prozess der Beurteilung der Gesuche richtet sich nach den finanziellen Beteiligungen des BAFU. Bei einer finanziellen Beteiligung des BAFU von bis zu 50'000 Franken entscheidet die Sektion Innovation in Absprache mit der Fachabteilung, die thematisch betroffen ist. Bei Gesuchen für eine Beteiligung ab 50'000 Franken führt die Sektion Innovation eine formelle Prüfung durch und holt bei der jeweiligen Fachabteilung des BAFU eine Ersteinschätzung ein. Anschliessend wird das Gesuch der Expertenkommission der

¹⁰ Vgl. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/bildung/innovation/gesuch.html>, Zugriff am 03.06.2022.

Umwelttechnologieförderung (KOKO UT) zur Begutachtung vorgelegt. Die KOKO UT trifft sich in der Regel zweimal pro Jahr, um über die Gewährung von Finanzmitteln zu beraten und um eine Empfehlung für die Projektauswahl (im Sinne eines Vorentscheids) auszusprechen. Diese Empfehlung basiert auf dem schriftlichen Gesuch, der schriftlichen Einschätzung der Fachabteilung zuhanden der KOKO UT sowie auf einer mündlichen Präsentation der Gesuchsteller vor den Mitgliedern der KOKO UT mit anschliessender Fragerunde und Diskussion. Die Bewertung erfolgt entlang der folgenden Kriterien:¹¹

- *Umweltpotenzial (dreifach gewichtet)*: Das Kriterium Umweltpotenzial bezieht sich auf den Einfluss der zu entwickelnden Innovation auf ein bestimmtes Umweltproblem. Die verschiedenen Umweltbereiche werden gleich gewichtet. Globale Wirkungen und positive Wirkungen in verschiedenen Umweltbereichen werden höher benotet als Wirkungen auf lokale Probleme respektive generell tiefe Wirkungsbeiträge. Bei negativen Auswirkungen auf andere Umweltbereiche oder wenn keine Verbesserung der Umweltsituation erwartet wird, wird das Projekt abgelehnt.
- *Innovationspotenzial (zweifach gewichtet)*: Das Innovationspotenzial bewertet die Einmaligkeit des zu entwickelnden Produkts oder der zu entwickelnden Dienstleistung.
- *Marktpotenzial (einfach gewichtet)*: Das Marktpotenzial bewertet die Marktnähe der zu entwickelnden Innovation bei Projektende und die Wahrscheinlichkeit von Rückzahlungen.
- *Wertschöpfung in der Schweiz (einfach gewichtet)*: Die Wertschöpfung in der Schweiz bewertet, ob die Projektbeteiligten während der Produktion und Vermarktung die Arbeiten in der Schweiz verrichten und damit entsprechend Arbeitsplätze schaffen oder ob dies im Ausland geschieht.
- *Weitere Aspekte der Nachhaltigkeit (einfach gewichtet)*: Hier wird bewertet, ob die im Projekt zu entwickelnde Innovation einen Beitrag leistet zur Verbesserung sozialer Aspekte in der Gesellschaft (z.B. Beispiel Verbesserung der Gesundheit, Erhöhung der Sicherheit) oder eine volkswirtschaftliche Dimension gefördert wird (z.B. Verminderung von Unterhalts- oder Investitionskosten bei der Öffentlichen Hand).
- *Teampotenzial (einfach gewichtet)*: Das Teampotenzial bewertet, ob die im Projekt vereinigten Projektpartner geeignet sind, die angestrebte Innovation einerseits zu entwickeln (insbesondere wissenschaftliche Qualität) und andererseits kommerziell umzusetzen.

Unterzeichnet werden die Verträge gemäss Weisung des BAFU jeweils von zwei Personen, je nach Förderbeitrag:

- Bei Förderbeiträgen bis zu 99'999 Franken durch die Abteilungsleitung der Abteilung Ökonomie und Innovation sowie der Abteilungsleitung derjenigen Abteilung, die das Projekt fachlich begleitet.
- Bei Förderbeiträgen zwischen 99'999 und 230'000 Franken durch die Abteilungsleitung derjenigen Abteilung, die das Projekt fachlich begleitet und des/der zuständigen Vizedirektors/-in des BAFU.
- Bei Förderbeiträgen über 230'000 Franken durch die Abteilungsleitung derjenigen Abteilung, die das Projekt fachlich begleitet und der Direktorin des BAFU.

Die thematisch betroffenen Fachabteilungen haben theoretisch ein Vetorecht gegenüber dem Vorentscheid der KOKO UT. In der Regel wird jedoch der Empfehlung der KOKO UT gefolgt. Der Vertrag legt die Beitragshöhe, das allgemeine Ziel, die erwarteten

¹¹ Vgl. Beschreibung der Kriterien in Bewertungsformular der KOKO UT.

Ergebnisse und den damit verbundenen Zahlungsplan fest. Daneben regelt er Rechte und Pflichten der Vertragspartner inklusive der Modalitäten für die Rückzahlungen.

3.1.4 Projektbegleitung

Die Projektträger müssen während der Projektlaufzeit Zwischenberichte sowie Zwischenabrechnungen vorlegen. Bei Projektabschluss ist ein Schlussbericht vorzulegen, der die Projektergebnisse beschreibt und mit den vertraglich festgelegten Ergebnissen vergleicht. Zudem ist die Schlussabrechnung zu machen.

Administrativ werden die Projekte durch die Sektion Innovation begleitet. Die fachliche Begleitung (Rückmeldung zum Schlussbericht, Ansprechpersonen für fachliche Fragen) richtet sich nach dem Thema des geförderten Projekts und wird durch die Fachabteilungen des BAFU wahrgenommen. Eine Begleitgruppe je Projekt (z.B. auch unter Einbezug weiterer BAFU-Fachpersonen und externen Experten/-innen) ist nicht vorgesehen, wird aber bei Bedarf initiiert.

3.2 Beurteilung des Vollzugs

Nachfolgend beurteilen wir die Organisation und die Ressourcen sowie einzelne Phasen des Vollzugs der UTF anhand der Ergebnisse der Online-Befragung und der Interviews.

3.2.1 Organisation und Ressourcen des Vollzugs

In den Interviews mit den Umsetzungsakteuren wurde die Organisation des Vollzugs unterschiedlich beurteilt. Insgesamt habe es sich bewährt, die UTF zentralisiert innerhalb der Sektion Innovation zu vollziehen. Aufgrund der Vielfalt der Themen sei jedoch der Einbezug der Fachabteilungen richtig und wichtig. Genau hier zeigen sich allerdings auch die Herausforderungen: Es entsteht eine Querschnittsstruktur bei der Umsetzung. Der Vollzug der UTF ist abhängig von den Ressourcen, die andere Fachabteilungen aufbringen können. Generell zeigt sich ein gewisser Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Integration der UTF in die Linienorganisation des BAFU. Die Rollenteilung zwischen den Fachabteilungen und der Sektion Innovation und die damit einhergehende Verantwortung könnte geschärft werden. Damit würde aus Sicht der UTF-Verantwortlichen (Sektion Innovation) der Einbezug der Fachabteilungen abgesichert und aus Sicht der Fachabteilungen mehr Planungssicherheit beim personellen Aufwand geschaffen.

Die verfügbaren personellen Ressourcen (rund 170 Stellenprozent) innerhalb der Sektion Innovation werden von den Interviewten als knapp ausreichend, aber nicht krisenresistent bezeichnet. Längere Arbeitsausfälle könnten nur schwer aufgefangen werden. Der personelle Aufwand ausserhalb der Sektion, unter anderem für die fachliche Begleitung, sei schwer einzuschätzen und stark davon abhängig, wie viele Projekte in welchen Themenbereichen gefördert werden.

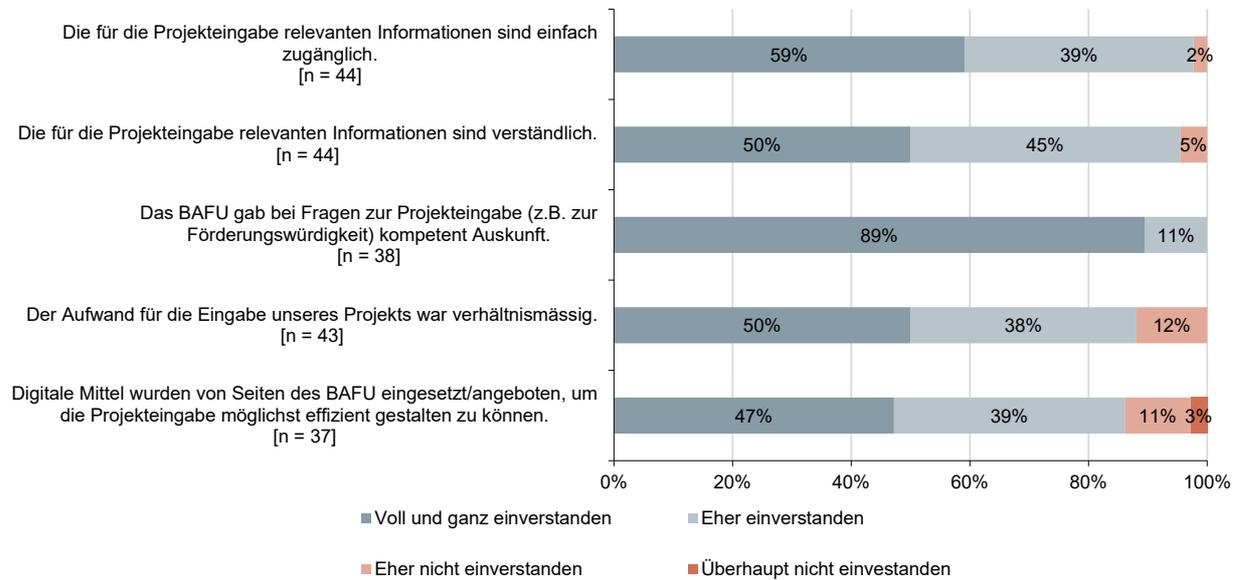
3.2.2 Gesucheingabe

Darstellung D 3.1 zeigt, wie die in der Online-Befragung befragten Personen verschiedene Aspekte der Gesucheingabe beurteilen. Insgesamt zeigt sich über alle Aspekte hinweg ein positives Bild. Alle Befragten, die auf die entsprechende Frage geantwortet haben, beurteilen die Auskunft des BAFU vor der eigentlichen Projekteingabe (durch telefonischen Austausch, Rückmeldung auf Projektskizze) positiv.

Für 50 respektive 60 Prozent der Befragten sind die Informationen für die Projekteingabe verständlich respektive einfach zugänglich. Weitere 45 respektive 39 Prozent beurteilen diese Aspekte zumindest in der Tendenz positiv. Am ehesten wird Kritik geübt an der wenig fortgeschrittenen Digitalisierung der Gesucheingabe (14% sind der Ansicht, dass

das BAFU digitale Mittel stärker einsetzen könnte für eine Effizienzsteigerung der Gesucheingabe) sowie am Aufwand für die Gesucheingabe (12% geben an, dass dieser [eher] nicht verhältnismässig sei). Diese kritischen Stimmen sind jedoch deutlich in der Minderheit: Der grosse Teil der Befragten ist mit der Gesucheingabe sehr oder eher zufrieden.

D 3.1: Ergebnisse der Online-Befragung zur Gesucheingabe



Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

In den Interviews mit den 25 Projektverantwortlichen geförderter Projekte bestätigt sich die positive Beurteilung zur Gesucheingabe. Auf die Nachfrage, ob eine Online-Plattform für die Gesucheingabe gewünscht wird, antwortete eine deutliche Mehrheit mit «nein». Im Gegenteil: Die Mehrheit dieser Projektverantwortlichen begrüsst es, dass mit dem Formular eine unkomplizierte, pragmatische Möglichkeit für die Gesucheingabe besteht. Mehrere Personen merkten an, dass sie ein Word-Format gegenüber dem heutigen PDF bevorzugen würden. Ein solches würde den Austausch zwischen den Projektpartnern dank Änderungs-Nachverfolgung erleichtern.

Eine Weiterentwicklung hin zu einer stärker formalisierten Gesucheingabe über digitale Wege, wie zum Beispiel mittels einer Plattform wie bei Innosuisse, wird von der Mehrheit der Befragten nicht gewünscht. Der direkte Austausch vor der offiziellen Projekteingabe wird als besonders wertvoll beurteilt. Es wird befürchtet, dass dieser mit einer Digitalisierung wegfallen könnte. Eine Minderheit sieht einen Mehrwert darin, eine Digitalisierung beim Reporting (Zwischen- und Schlussberichte) vorzunehmen.

Aus den 25 Interviews wird deutlich, dass die UTF im Vergleich mit anderen Förderinstrumenten als Förderinstrument mit geringerem administrativem Aufwand gesehen wird. Auch im Verhältnis zu den Fördergeldern wird der Aufwand für die Gesucheinreichung und der Berichterstattungsaufwand als angemessen beurteilt.

3.2.3 Gesuchbeurteilung

Darstellung D 3.2 zeigt, wie die online befragten Personen verschiedene Aspekte des Beurteilungsprozesses beurteilen. Im Vergleich zur Phase der Gesucheingabe wird die Phase

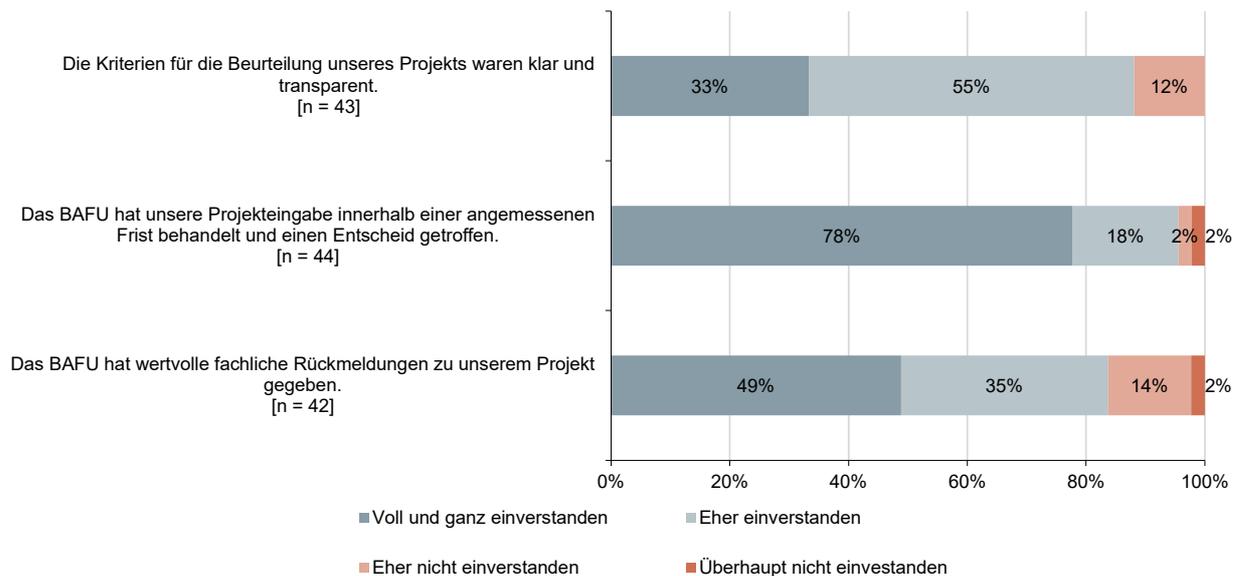
des Beurteilungsprozesses leicht kritischer eingeschätzt. Allerdings äussert sich auch hier die Mehrheit der Befragten positiv.

Am positivsten wurde die Frist beurteilt, innerhalb der das BAFU die Gesucheingabe behandelt und einen Entscheid trifft. Nur 4 Prozent äussern sich hierzu kritisch.

Zwar stimmte auch eine deutliche Mehrheit von 84 Prozent der Befragten eher oder voll und ganz der Aussage zu, dass das BAFU wertvolle fachliche Rückmeldungen zum Projekt gegeben habe. Der Umstand, dass dieser Aussage weniger als die Hälfte voll und ganz zustimmt und 16 Prozent die Aussage sogar ablehnen, deutet zumindest in Ansätzen auf ein gewisses Verbesserungspotenzial hin. In den Interviews zeigte sich, dass sich dieses Verbesserungspotenzial eher auf die Phase der Projektbegleitung und weniger auf die Phase des Beurteilungsprozesses beziehen dürfte (vgl. nächster Abschnitt).

Schliesslich stimmten in der Online-Befragung 88 Prozent der Aussage zu, dass die Kriterien für die Beurteilung klar und transparent sind. Allerdings haben dieser Aussage «nur» 33 Prozent voll und ganz zugestimmt. Diese Aussensicht ist zum Teil identisch mit der Sicht der Umsetzungsakteure. Gefragt nach der Zweckmässigkeit der Beurteilungskriterien, sehen befragte Mitglieder der KOKO UT ein gewisses Verbesserungspotenzial hinsichtlich des gemeinsamen Verständnisses der Kriterien. Als mögliche Hilfestellung wurde eine Wegleitung genannt. Zudem könnte die Übereinstimmung der Beurteilungskriterien mit den im Gesuchformular eingeforderten Informationen verbessert werden. Die Beurteilungskriterien könnten aus Sicht der KOKO UT noch expliziter an den relevanten Stellen im Gesuchformular genannt werden.

D 3.2: Ergebnisse der Online-Befragung zum Beurteilungsprozess



Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

3.2.4 Projektbegleitung

Darstellung D 3.3 zeigt, wie die online befragten Personen verschiedene Aspekte der Projektbegleitung beurteilen.

Insgesamt werden alle Aspekte in der Mehrheit positiv beurteilt. Die Erreichbarkeit der Personen des BAFU wird als gut eingeschätzt (100% Zustimmung), auf Rückfragen geben BAFU-Mitarbeitende kompetent Auskunft (95% Zustimmung), die Abrechnung wird als unkompliziert wahrgenommen (98% Zustimmung), digitale Mittel werden auch während der Projektabwicklung in ausreichendem Masse eingesetzt (94% Zustimmung) und der Aufwand für die Berichterstattung wird als verhältnismässig eingeschätzt (93% Zustimmung).

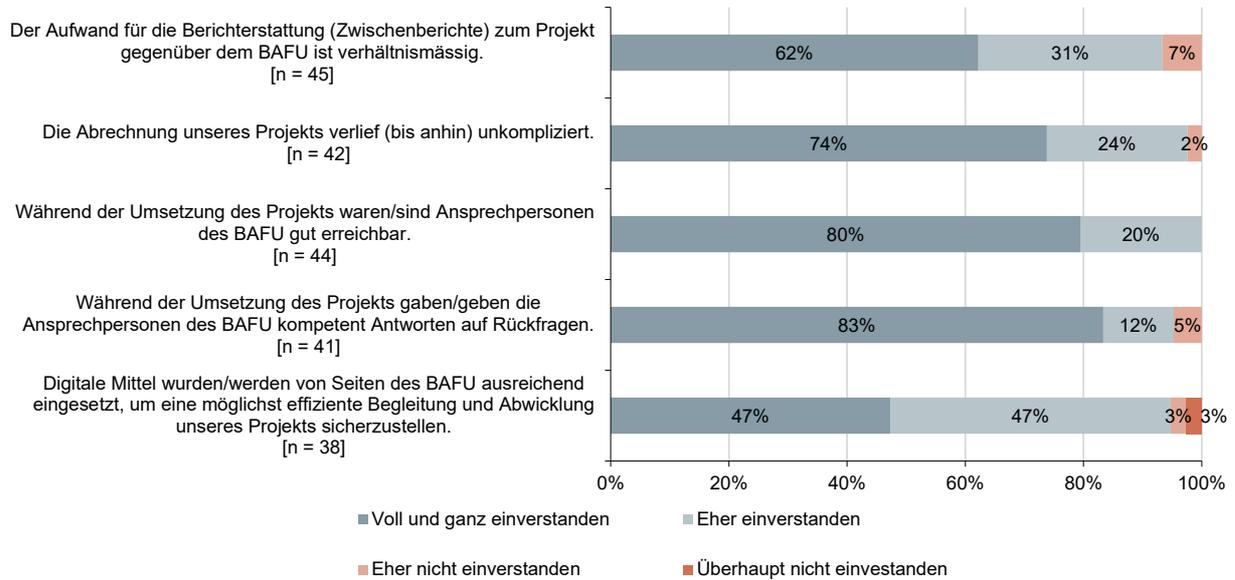
In den Interviews verdeutlicht sich dieses Bild. Es wird jedoch auf einen Punkt hingewiesen, der aus Sicht mehrerer Verantwortlichen geförderter Projekte verbessert werden könnte. So gaben mehrere Interviewpersonen an, dass sie sich im Projektverlauf etwas ausführlichere und durchaus auch kritischere Rückmeldungen (primär auf fachlicher Ebene) des BAFU gewünscht hätten.

Die Interviewergebnisse deuten darauf hin, dass nicht bei allen Projekten eine fachliche oder inhaltliche Unterstützung gegeben ist, beziehungsweise dass diese sehr unterschiedlich ausfällt. Aus Sicht der Projektverantwortlichen hängt dies davon ab, ob zu einem Thema bereits Fachwissen im BAFU vorliegt oder ob es sich eher um neue Themen handelt, die noch von keiner Fachabteilung effektiv abgedeckt werden. Positiv hervorgehoben wurde diesbezüglich, dass die Sektion Innovation in solchen Fällen teilweise Kontakte zu externen Fachpersonen vermitteln konnte.

Bei einem Teil der Befragten beschränkte sich der Austausch mit dem BAFU auf die Zwischen- und Schlussberichte und hätte deren Aussage zufolge intensiver sein können. Weiter wurde die Idee eines organisierten Austauschs mit anderen Projektverantwortlichen ins

Spiel gebracht. In der Online-Befragung wurde das Bedürfnis nach einem solchen Austausch erfragt (nicht dargestellt). Rund die Hälfte wünscht sich einen solchen Austausch (23% voll und ganz und 28% eher), was darauf hindeutet, dass ein solches Angebot zumindest bei einem Teil der Projektverantwortlichen auf positive Resonanz stossen würde.

D 3.3: Ergebnisse der Online-Befragung zur Projektbegleitung

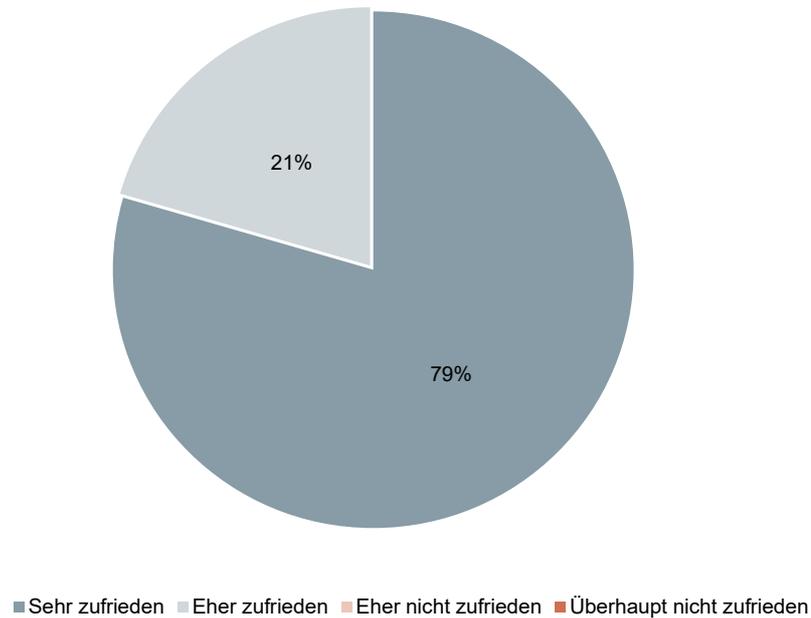


Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

3.3 Beurteilung der Gesucheingabe und der Beurteilungs- und Projektbegleitungsprozesse

Insgesamt wird der Vollzug der UTF sowohl von der Innensicht (Interviews mit Umsetzungsakteuren) als auch der Aussensicht (Online-Befragung von und Interviews mit Projektverantwortlichen) mehrheitlich positiv beurteilt. Für Letztere zeigt sich dies, wenn man die Antworten in der Online-Befragung auf die Frage nach der Gesamtzufriedenheit mit dem Vollzug betrachtet (vgl. Darstellung D 3.4): Rund 80 Prozent sind sehr, 20 Prozent eher zufrieden.

D 3.4: Ergebnisse der Online-Befragung zur Gesamtzufriedenheit, n = 44



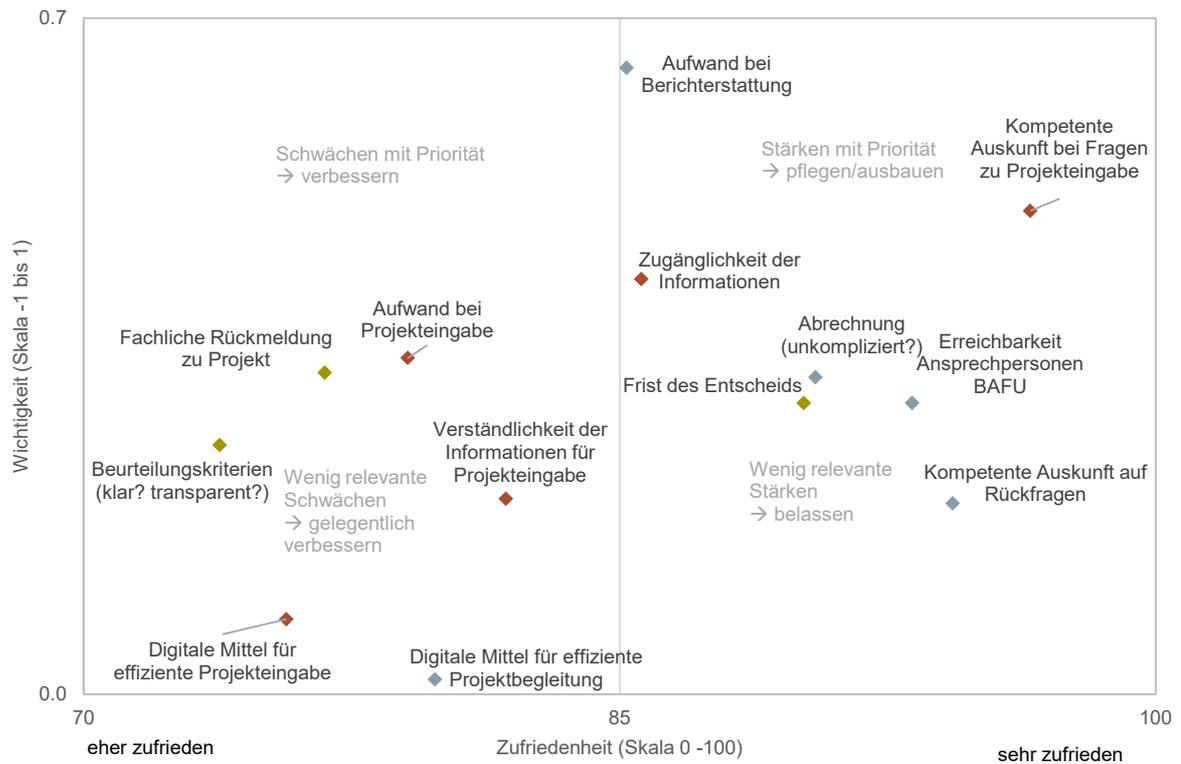
Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

Legende: Frage: Wenn Sie die Gesucheingabe, den Beurteilungsprozess und die Projektbegleitung durch das BAFU insgesamt betrachten: Wie zufrieden sind Sie mit dem Förderprogramm UTF?

Darstellung D 3.5 stellt die Zufriedenheit der online befragten Projektverantwortlichen anhand eines sogenannten Aktionsportfolios dar. Das Aktionsportfolio zeigt auf der x-Achse, wie die verschiedenen Aspekte des Vollzugs der UTF von online befragten Projektverantwortlichen beurteilt wurden. Ein Wert von 100 zeigt eine maximale Zufriedenheit mit dem jeweiligen Aspekt an, ein Wert von 0 eine maximale Unzufriedenheit. Alle Werte über 50 bedeuten, dass der jeweilige Aspekt im Durchschnitt von einer Mehrheit positiv beurteilt wird. Die y-Achse zeigt zusätzlich, wie wichtig der einzelne Aspekt für eine hohe Gesamtzufriedenheit mit der UTF ist.¹² Ein Wert von 1 bedeutet, dass die Gesamtzufriedenheit und die Einzelbeurteilung des jeweiligen Aspekts perfekt miteinander korrelieren (in diesem Fall hätte der Aspekt demnach die grösstmögliche Relevanz für die Gesamtzufriedenheit). Ein Wert von Null bedeutet, dass die Gesamtzufriedenheit und die Beurteilung eines Aspekts in keiner Weise miteinander zusammenhängen, der Aspekt also für die Gesamtbeurteilung von UTF irrelevant ist.

¹² Der y-Wert resultiert aus einer Korrelationsanalyse. Für jeden einzelnen Aspekt wird eine Korrelationsanalyse mit der Gesamtzufriedenheit durchgeführt. Ein Korrelationswert von 1 bedeutet eine perfekte positive Korrelation. Ein Wert von 0 bedeutet kein Zusammenhang. Ein Wert von -1 würde eine perfekte negative Korrelation bedeuten (negative Korrelationen kamen keine vor).

D 3.5: Aktionsportfolio zum Vollzug der UTF



Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

Legende: rot = Phase der Projekteingabe; gelb = Phase der Projektauswahl; blau = Phase der Projektbegleitung.

Aus dem Aktionsportfolio lässt sich erstens ablesen, dass alle Aspekte des Vollzugs in der Mehrheit positiv beurteilt werden (Skalenwert > 70). Zwar lässt sich der Methodik des Aktionsportfolios folgend ein Mittelwert der Zufriedenheit über alle Aspekte hinweg ziehen. Am ehesten liessen sich demnach die Aspekte mit einer Zufriedenheit auf der x-Achse von weniger als 85 als Schwächen bezeichnen. Die geringere Zufriedenheit ist jedoch in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Befragten nicht voll und ganz, sondern nur in Teilen mit den jeweiligen Aspekten zufrieden sind, insgesamt aber dennoch ein positives Fazit ziehen.

Bezieht man die Wichtigkeit auf der y-Achse mit ein, zeigt sich, dass die fachlichen Rückmeldungen zum Projekt sowie der Aufwand bei der Projekteingabe die höchste Relevanz mit gleichzeitig vergleichsweise geringer Zufriedenheit aufweisen. Der Aufwand wird allerdings nicht als grösser beurteilt als bei anderen Förderprogrammen. Insofern dürfte es sich um einen Punkt handeln, der bei Förderprogrammen per se in der Tendenz negativer beurteilt wird als andere Aspekte. Hinsichtlich der fachlichen Begleitung der Projekte wiederum zeigen die Interviews mit den Projektverantwortlichen, dass diese teilweise umfassender und auch kritischer hätten sein können. Hier offenbart sich der grösste Handlungsbedarf, um den Vollzug der UTF in Zukunft zu optimieren.

3.4 Fazit zum Vollzug der Umwelttechnologieförderung

In diesem Abschnitt beantworten wir die Evaluationsfragen zum Vollzug.

I Evaluationsfrage 1.4: Welche finanziellen/personellen Ressourcen braucht es, um die UTF zu vollziehen?

Die aktuellen rund 170 Stellenprozente reichen gemäss den Aussagen in den Interviews zwar knapp aus. Gehäufte oder längere Ausfälle von Mitarbeitenden können mit diesen Pensen aber kaum aufgefangen werden. Insofern müsste die Ressourcensituation hinsichtlich des Vollzugs verbessert werden, wenn man sie resilienter machen möchte.

I Evaluationsfrage 1.5: Inwiefern sind Organisation und Genehmigungsverfahren zweckmässig?

Die Organisation kann in den Grundzügen als zweckmässig beurteilt werden. Der bei der Sektion Innovation zentralisierte Vollzug hat sich bewährt. Als schwierig erweist sich in manchen Fällen die Schnittstelle mit den Fachabteilungen, die für fachliche Einschätzungen beigezogen werden. Eine klarere Definition der Rollen und der Verantwortung bei der fachlichen Begleitung scheint angezeigt.

Auch das Genehmigungsverfahren ist insgesamt zweckmässig. Positiv wird von Seiten der Zielgruppen die Möglichkeit hervorgehoben, mittels telefonischer Vorgespräche und Projektskizzen erste Einschätzungen zur Förderwürdigkeit beim BAFU einzuholen. Ebenfalls wird die Möglichkeit einer mündlichen Präsentation bei der KOKO UT von praktisch allen Projektverantwortlichen als wichtig und wertvoll erachtet. Verbesserungspotenzial lässt sich hinsichtlich der Beurteilungskriterien verorten. Diese könnten konsistenter und sichtbarer ins Gesuchformular eingepflegt werden.

I Evaluationsfrage 1.6: Gibt es Potenzial zur Effizienzsteigerung mittels verstärkter Digitalisierung bestimmter Prozesse beziehungsweise einzelner Schritte?

Sowohl der Prozess und das Formular für die Gesucheingabe als auch die Berichterstattung und finanzielle Abwicklung während des Projekts werden von der Mehrheit der befragten Projektverantwortlichen positiv beurteilt. Einer stärkeren Digitalisierung, beispielsweise in Form einer Plattform, über die der gesamte Gesuchs- und Projektbegleitungsprozess abgewickelt wird, stehen die meisten Befragten eher kritisch gegenüber. Eine der Stärken der UTF, so die Argumentation in den Interviews, sei der niederschwellige Zugang zum Instrument über ein einfaches Formular und die wenig formalisierten Berichterstattungsprozesse.

I Evaluationsfrage 1.7: Wie funktioniert die Beurteilung der Gesuche? Wie ist die Qualität der Beurteilung der Gesuche einzuschätzen?

Die Gesuche werden je nach Höhe der beantragten Förderbeiträge unterschiedlich intensiv geprüft. Bei Förderbeiträgen ab 50'000 Franken beurteilt auch die KOKO UT die Gesuche (vgl. Abschnitt 3.1.3).

Das Verfahren mit einer Präsentation der Gesuchsteller vor der KOKO UT kann als Stärke des Beurteilungsprozesses betrachtet werden. Es erlaubt, Fragen zum Gesuch zu vertiefen, und bildet für die Mitglieder der KOKO UT eine zusätzliche Grundlage für einen gut fundierten Entscheid. Ebenfalls positiv zu beurteilen ist die kurze Frist, innerhalb der das BAFU die Gesucheingabe behandelt und einen Entscheid trifft.

I Evaluationsfragen 1.8: Sind die verwendeten Kriterien zur Vergabe der Fördermittel zweckmässig?

Die KOKO UT wendet bei der Beurteilung ein Beurteilungsraster mit sechs Beurteilungskriterien an. Die Kriterien sind aus Sicht des Evaluationsteams zweckmässig. Allerdings

zeigte sich, dass nicht alle Mitglieder der KOKO UT dasselbe Verständnis der Kriterien haben. Zudem sei die Zuordnung der im Gesuchformular geforderten Angaben zu den Beurteilungskriterien aus Sicht einiger Mitglieder der KOKO UT nicht immer eindeutig.

I Evaluationsfrage 1.9 Welche Rolle spielen Ausschlusskriterien?

Das BAFU empfiehlt auf der Website, dass die Gesuchsteller vor dem Einreichen eines offiziellen Gesuchs in einem telefonischen Vorgespräch mit einer Person der Sektion Innovation die Förderungswürdigkeit einer Projektidee abklären. Ebenfalls bietet das BAFU die Option an, eine Projektskizze einzureichen, worauf das BAFU ein erstes Feedback gibt. Diese beiden Angebote ermöglichen es dem BAFU, potenzielle Gesuchsteller, deren Projekte den Eignungskriterien nicht entsprechen, von einer offiziellen Eingabe abzuraten. Das Verfahren kann in diesem Sinne als effizient bezeichnet werden, als dass Projekte, die keine Chancen auf eine Förderung haben, früh im Prozess identifiziert werden.

I Evaluationsfrage 1.12: Wie könnte der Umgang mit der Vertraulichkeit der durch die Gesuchsteller eingereichten Unterlagen (Gesuche, Anhänge, Schlussberichte) optimiert werden?

Die UTF fördert innovative Projekte, die vor der Marktreife stehen. Dadurch ist das Thema Datensicherheit und Vertraulichkeit relevant für den Vollzug. Im Rahmen der 25 Interviews mit Projektverantwortlichen zur Wirkungsanalyse wurde dies angesprochen. Bei der Mehrheit der Projekte liegen vertrauliche oder heikle Daten vor und Geheimhaltung ist ein wichtiges Anliegen für die Projektverantwortlichen. Der Umgang des BAFU mit diesen Informationen wird als professionell beurteilt. Die Erfahrungen der Projektverantwortlichen sind positiv. Aus dieser Aussenperspektive ergibt sich daher keinen Handlungsbedarf. Gleichzeitig gilt es zu beachten, dass BAFU-intern der Zugang zu den Dokumenten beschränkt respektive das Risiko für mögliche Verletzungen der Geheimhaltungspflicht minimiert werden muss. Der Aspekt der BAFU-internen Datenschutzvorkehrungen wurde im Rahmen der Evaluation nicht untersucht.

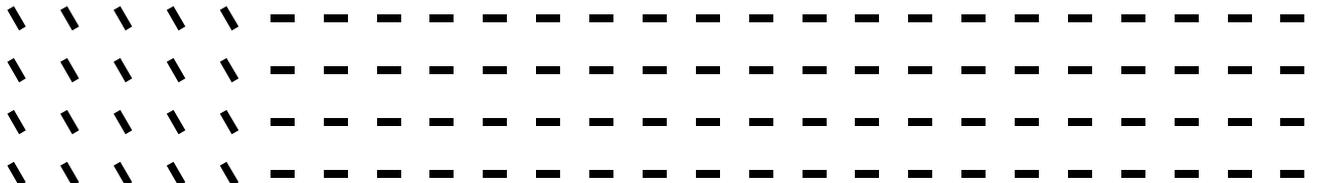
I Evaluationsfrage 1.13 Wie kann die Begleitung der Projekte (durch UTF-Team und fachliche Experten/-innen) beurteilt werden?

Bei der Projektbegleitung zeigen sich bezüglich Vollzug der UTF die grössten Verbesserungspotenziale. Die fachliche Begleitung der Projekte dürfte aus Sicht einiger befragter Projektverantwortlichen intensiver und auch kritischer sein.

Gewisse Personen würden auch einen Mehrwert in einem organisierten Austausch mit anderen Projektverantwortlichen sehen. Aus Sicht des Evaluationsteam könnte sich dies positiv auf die Wirkungsziele der UTF auswirken. Viele Projektträger sind mit ähnlichen Umsetzungsherausforderungen konfrontiert. Dazu zählt die Sicherung von Risikokapital, die Identifizierung und Ansprache von Zielgruppen, aber auch der Umgang mit Konkurrenz und mit etablierten Akteuren auf dem Markt (vgl. dazu auch Abschnitt 5.4). Somit ist zu erwarten, dass die Qualität der Ergebnisse (Produkte, Dienstleistungen, Markteintritt) steigt, wenn der Austausch zu diesen Themen und gegenseitiges Lernen ermöglicht wird. Zudem bestünde für die Teilnehmenden am Austausch die Möglichkeit, weitere Projektpartner zu finden oder Kooperationen einzugehen.

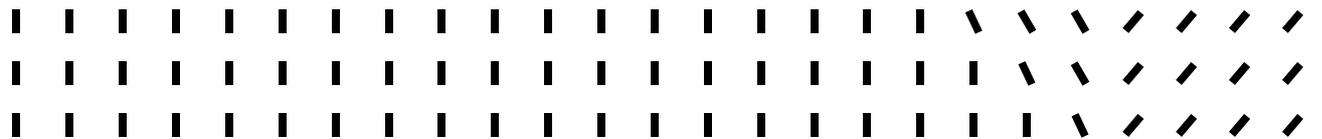
Die administrative Projektbegleitung wird praktisch von allen Projektverantwortlichen positiv gesehen.

Der Vollzug der UTF ist gut aufgestellt und bewährt sich. Unsere Empfehlungen in Abschnitt 6.2.2 zeigen auf, wie der Vollzug punktuell verbessert werden kann.



4. Ergebnisse zum Output der Umwelttechnologieförderung

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus der Evaluation zur Stufe 3 des Wirkungsmodells – zum Output und damit den Leistungen der UTF – erläutert.



Als Output der Umwelttechnologieförderung sind in erster Linie die vom Förderprogramm geförderten Projekte zu betrachten. Wir liefern in diesem Kapitel einen Überblick über die Anzahl und die Wirkungsbereiche der seit 2017 bis Ende 2021 geförderten Projekte (vgl. Abschnitt 4.1), zeigen auf, wer die Projektträger sind (vgl. Abschnitt 4.2) und gehen darauf ein, inwiefern das verfügbare Budget der UTF durch diese Projekte ausgeschöpft wurde und wie hoch die Rückzahlungen durch die Projekte sind (vgl. Abschnitt 4.3). Bei den Zahlen muss beachtet werden, dass innerhalb der betrachteten Berichtsperiode die Anzahl der genehmigten Projekte nicht mit derjenigen der geförderten Projekte übereinstimmt. Gefördert heisst hier, dass Finanzhilfen während der Berichtsperiode 2017-2021 an das Projekt ausbezahlt wurden. Ein Teil der geförderten Projekte wurde allerdings bereits vor der Berichtsperiode genehmigt. Umgekehrt hat ein Teil der in dieser Periode genehmigten Projekte bis Ende 2021 noch keine Fördergelder erhalten, weil die Laufzeit der Verträge erst 2022 begonnen hat.

4.1 Die geförderten Projekte im Überblick

In der Berichtsperiode wurden 135 Projekte mit Finanzhilfen gefördert. 42 dieser geförderten Projekte waren Kleinprojekte; das heisst, sie wurden von der UTF mit einem Betrag von maximal 50'000 Franken unterstützt. 93 der geförderten Projekte waren Grossprojekte, die je eine Unterstützung von mehr als 50'000 Franken erhielten.

Schaut man die in der Berichtsperiode neu behandelten Gesuche an, dann wurden 94 Gesuche für eine Finanzhilfe über 50'000 in der KOKO UT behandelt und davon wurden 16 abgelehnt. Das ist rund jedes sechste Gesuch. Diese Ablehnungsquote von 17 Prozent ist nicht sehr hoch, sie hängt aber damit zusammen, dass vielen Gesuchstellenden bereits in der Vorphase einer Gesucheingabe – zum Beispiel im Rahmen eines telefonischen Erstkontakts oder nach Besprechung einer Projektskizze – signalisiert wurde, dass die Chancen auf eine Unterstützung durch die UTF gering sind. Vier der in einer ersten Runde an der KOKO UT abgelehnten Gesuche wurden nach einer Überarbeitung in einer nächsten Sitzung angenommen. Zahlen zur Anzahl Projektträger, die mit dem BAFU Kontakt aufgenommen, später aber kein Gesuch eingereicht haben, liegen nicht vor. Zudem wurden 57 neue Kleinprojekte mit einer Finanzhilfe kleiner als 50'000 CHF in der Berichtsperiode genehmigt.

Die Projekte verteilen sich auf unterschiedliche Umweltbereiche, wobei bei den genehmigten Projekten der Umweltbereich «Abfall, Recycling & Rohstoffe» mit 42 Prozent mit Abstand den grössten Anteil ausmacht (vgl. Darstellung D 4.1). Weitere Umweltbereiche mit einem grösseren Anteil sind «Luftreinhaltung» (14 %), «Wasser» (14%) sowie «Multidisziplinär» (13 %). Von den verschiedenen relevanten Umweltbereichen wurden zwar in jedem Umweltbereich mindestens zwei Projekte gefördert. Allerdings fällt die Verteilung der Projekte auf die thematischen Bereiche sehr ungleich aus.

In den Interviews zeigt sich, dass sich die Umsetzungsakteure dieser Unterschiede bewusst sind und bestmöglich darauf hinwirken möchten, dass es eine gleichmässige Verteilung gibt. Es gibt jedoch diverse Gründe dafür, dass in gewissen Bereichen weniger Gesuche eingereicht werden als in anderen. So sind etwa in den Bereichen «Boden & Altlasten» und «Biodiversität» technische Innovationen generell schwieriger zu realisieren. Bei der Biodiversität geht es zum Beispiel eher um Schutzmassnahmen als um technische Lösungen. Im Bereich «Klima» wiederum sind nicht zuletzt energiebezogene Fragen wichtig, die in der Regel durch das Pilot- und Demonstrationsprogramm des BFE abgedeckt werden. Das erklärt die geringe Anzahl Projekte bei der UTF.

Die Anzahl eingereicherter Gesuche verhält sich über alle Wirkungsbereiche hinweg proportional zur Anzahl genehmigter Gesuche. Es fällt einzig auf, dass Projekte mit multidisziplinärem Charakter häufiger abgelehnt werden als solche aus anderen Bereichen: Seit 2017 wurden 7 von insgesamt 20 eingereichten Gesuchen mit multidisziplinärem Charakter abgelehnt, was einer Ablehnungsquote von 35 Prozent entspricht.

Zusätzlich zu diesen thematischen Projekten fördert die UTF auch Projekte zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit respektive der Ressourceneffizienz (sog. Flankierende Massnahmen). In der Berichtsperiode wurden 37 Projekte dieser Kategorie mit Finanzhilfen gefördert. Die flankierenden Massnahmen stehen aber nicht im Fokus dieser Evaluation.

D 4.1: Übersicht über Anzahl angenommene und abgelehnte Gesuche für Projekte nach Wirkungsbereich seit 2017

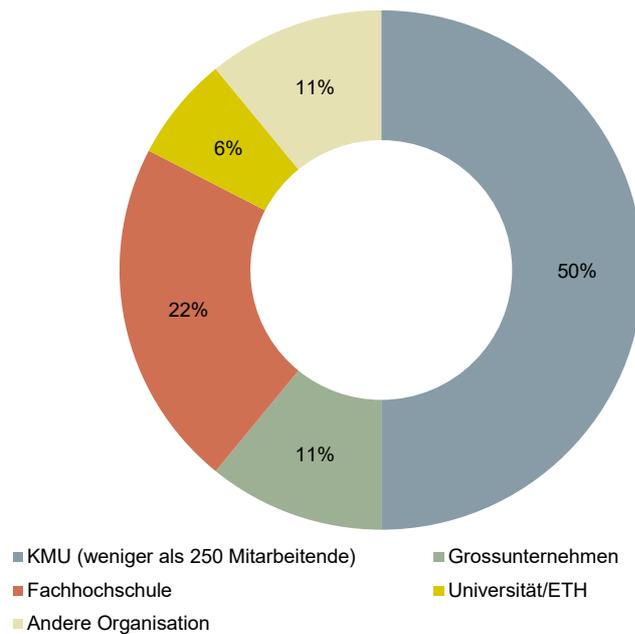
Wirkungsbereich	Kleinprojekte		Grossprojekte		Alle Projekte	
	Gesuch angenommen	Gesuch abgelehnt	Gesuch angenommen	Gesuch abgelehnt	Gesuch angenommen	Gesuch abgelehnt
Pilot- und Demonstrationsprojekte						
Abfall, Recycling & Rohstoffe	15	k.A.	29	6	44	6
Biodiversität	1	k.A.	3	–	4	–
Gefahrenprävention	2	k.A.	4	–	6	–
Boden & Altlasten	1	k.A.	1	–	2	–
Klima	–	k.A.	3	–	3	2
Lärmbekämpfung	–	k.A.	3	–	3	–
Luftreinhaltung	3	k.A.	12	–	15	–
Wasser	5	k.A.	10	1	15	1
Multidisziplinär	7	k.A.	6	7	13	7
Total	34	k.A.	71	16	105	16
Flankierende Massnahmen						
Förderung der Wettbewerbsfähigkeit	12	–	5	–	17	–
Förderung der Ressourceneffizienz	11	–	2	–	13	–
Total	23	–	7	–	30	–

Quelle: Darstellung Interface, basierend auf Daten des BAFU, Sektion Innovation.

4.2 Projektträger

Projektträger können gemäss den Vorgaben des BAFU sowohl Forschungsorganisationen als auch private Unternehmen sein. In der Online-Befragung (vgl. Darstellung D 4.2) zeigt sich, dass rund 50 Prozent der Projektträger angeben, ein KMU zu sein. 11 Prozent sind Grossunternehmen. Fachhochschulen machen 22 Prozent und Universitäten/ETH machen 6 Prozent aus.

D 4.2: Organisationsform der Projektträger vom BAFU geförderter Projekte seit 2017 nach Anzahl Projekte



Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

4.3 Budgetausschöpfung und Rückzahlungsquote

Im Rahmen der UTF können pro Jahr rund 4 Mio. beziehungsweise 5 Mio. (2021) Franken für die Projektförderung ausgegeben werden. Für den Betrachtungszeitraum 2017 bis 2022 wurde dieses Budget immer zu fast 100 Prozent ausgeschöpft.

Gemäss Umweltschutzgesetz (SR 814.01) Art. 49 Abs. 3 müssen die Finanzhilfen der Umwelttechnologieförderung bei einer kommerziellen Verwertung der Ergebnisse zurückerstattet werden. Die Verpflichtung zur Rückerstattung gilt zehn Jahre ab Abschluss des Projekts. Projekte, deren Resultate der Öffentlichkeit frei zur Verfügung stehen, können von der Rückzahlungspflicht befreit werden. Von der Rückzahlungspflicht ebenfalls ausgenommen sind flankierende Massnahmen. Für die rückzahlungspflichtigen Projekte werden Prozentsätze festgelegt pro Ertrags- beziehungsweise Umsatzart (differenziert nach Verkauf von Produkten, Engineeringleistungen, Einnahmen durch Lizenzabgabe an Dritte usw.) und in Abhängigkeit zur Höhe des BAFU-Beitrags. Diese sind kumuliert bis maximal zur Höhe des erhaltenen Förderbetrags zu entrichten.

Für den Zeitraum 2017 bis 2022 liegt aktuell noch keine Auswertung der Rückzahlungsquoten vor. Diese Projekte sind zum Teil noch gar nicht abgeschlossen respektive die zehn Jahre sind bei allen Projekten noch nicht abgelaufen. Jedoch wurde im Bericht an den Bundesrat zur Erfüllung des Prüfauftrags zur Steigerung der Rückzahlungsquote von Bundesbeiträgen im Rahmen der Umwelttechnologieförderung (2018) eine Analyse aller

rückzahlungspflichtigen Projekte vorgenommen, die im Zeitraum von 1997 bis 2016 gefördert und bis März 2018 abgeschlossen wurden. Die Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In den Jahren 1997 bis 2016 wurden 179 rückzahlungspflichtige Pilot- und Demonstrationsprojekte gefördert. Die Fördersumme dieser Projekte betrug insgesamt 36,6 Mio. Franken.
- 29 dieser 179 Projekte haben Stand März 2018 eine Rückzahlung getätigt. Dies entspricht rund 16 Prozent der rückzahlungspflichtigen Projekte.
- Die Summe der Rückzahlungen belief sich im März 2018 auf rund eine Million Franken. Dies entspricht rund 3 Prozent der Fördersumme aller rückzahlungspflichtigen Projekte.
- Die Rückzahlungen werden seit 2019 wieder vollumfänglich für die Umwelttechnologieförderung verwendet.

Die Zahlen zeigen, dass der Anteil der Projekte, die aufgrund ihres Markterfolgs rückzahlungspflichtig werden, gering ist. Aus demselben Grund wird nur ein Bruchteil der Fördersumme rückerstattet.

Aktuell sind die Verantwortlichen im BAFU daran, die Zahlen Stand Ende 2021 auszuwerten. Diese Analysen werden im Sommer 2022 vorliegen und in den neuen Bericht des Bundesrats zur UTF für die Jahre 2017-2021 integriert.

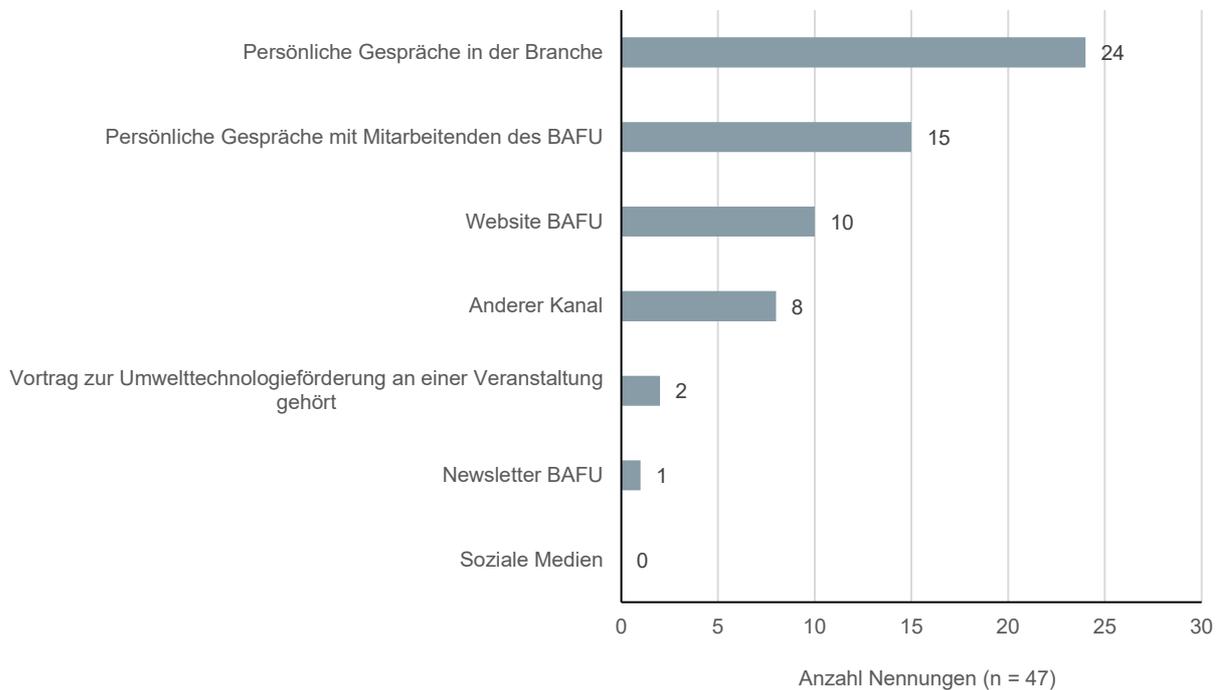
4.4 Kommunikationsmassnahmen

Auch die Massnahmen, die das BAFU umsetzt, um die Verantwortlichen potenziell förderungswürdiger Projekte über das Instrument UTF zu informieren, sind eine Programmleistung und gehören zum Output. Gemäss den Verantwortlichen in der Sektion Innovation wurde das Förderbudget immer voll ausgeschöpft – ohne besondere Kommunikationsanstrengungen. Deshalb gibt es auch kein Kommunikationskonzept. Die Kommunikation erfolgt über folgende Kanäle:

- Webseite des BAFU zur UTF (<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/bildung/innovation/umwelttechnologiefoerderung.html>)
- Bericht des Bundesrats zur Umwelttechnologieförderung 2012–2016 von 2018
- Punktuell mit Artikeln zu einzelnen Projekten über das Magazin «die Umwelt» des BAFU, das viermal jährlich erscheint und von Privatpersonen, Institutionen usw. kostenlos abonniert werden kann. Das letzte Magazin mit dem Schwerpunktthema UTF erschien 2016.
- Präsentation der UTF an nationalen Konferenzen (bspw. Swiss Green Economy Symposium, Climate Summit, Sustainability 2030) und bei Verbandstreffen (bspw. Schweizerischer Verband für Umwelttechnik [SVUT] oder SWISSMEM). Dabei wird meistens auch der Bericht zur UTF 2012–2016 abgegeben.
- Vor 2017 war die UTF auch noch mit einem Stand an Cleantech-Messen in der Schweiz durch Mitarbeitende der Sektion Innovation vertreten.

Gemäss der online befragten Projektverantwortlichen haben die meisten Personen, die bei der UTF ein Fördergesuch eingereicht haben, über persönliche Gespräche – entweder in der Branche oder mit Mitarbeitenden des BAFU – von der UTF erfahren. Aus den 25 Interviews mit Projektverantwortlichen geht hervor, dass viele die UTF durch frühere Projekte kennen (Vorprojekte oder Projekte zu anderen Themen). Ein weiterer Teil hat über andere Förderinstrumente (u.a. Innosuisse, BFE, SNF) von der UTF erfahren. Schliesslich gibt es Projekte, die über den direkten Kontakt (Anfrage, Vernetzung) zu UTF-Mitarbeitenden entstanden sind.

D 4.3: Kanäle, über welche die Projektträger von der UTF erfahren haben (Mehrfachantworten möglich)



Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Online-Befragung November/Dezember 2021.

Nur eine der acht Personen aus Unternehmen, die zur Zielgruppe der UTF gehören, jedoch noch nie ein Gesuch eingereicht haben, hat vor der Interviewanfrage je von der UTF gehört. Das bedeutet, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Unternehmen im Umweltbereich das Förderinstrument UTF kennen. Mit den aktuell genutzten Kommunikationskanälen werden somit nicht alle potenziellen Gesuchsteller erreicht. Aus Sicht dieser Personen wäre eine breitere Bekanntmachung der UTF durch regionale Wirtschaftsverbände oder auch generell in der Start-up-Szene (hier ist v.a. die Innosuisse bekannt) zielführend.

4.5 Fazit zum Output der Umwelttechnologieförderung

In diesem Abschnitt beantworten wir die Evaluationsfragen zum Output der UTF.

I Evaluationsfrage 1.2 Welche Massnahmen zur Kommunikation des Instrumentes UTF bei den Zielgruppen werden eingesetzt?

Das Förderinstrument UTF wird durch das BAFU in erster Linie über die Website und über Auftritte an Verbandstreffen der Zielgruppen und nationalen Konferenzen bekannt gemacht. Dabei wird bewusst auch das persönliche Gespräch mit Personen gesucht, bei denen potenziell förderungswürdige Projekte vorliegen könnten, um auf die UTF aufmerksam zu machen.

I Evaluationsfrage 1.3 Welche Elemente bei der Kommunikation/Bekanntmachung des Instrumentes UTF zur Erreichung der Zielgruppen haben sich besonders bewährt?

Als häufigste Kanäle, über welche die Zielgruppen von der UTF erfahren haben, sind folgende zu nennen:

- Persönliche Gespräche in der Branche
- Persönliche Gespräche mit Mitarbeitenden des BAFU (primär Sektion Innovation)
- Website des BAFU

Die Interviews mit Personen aus Unternehmen mit potenziell förderungswürdigen Projekten, die aber noch nie ein Gesuch eingereicht haben, zeigten, dass die meisten die UTF vor der Interviewanfrage nicht gekannt haben. Dies ist erstaunlich, weil es sich dabei um Unternehmen handelt, die aufgrund ihrer Aktivitäten eigentlich zur Zielgruppe der UTF gehören. Geeignete Kommunikationskanäle zur Information über die UTF wären aus deren Sicht die regionalen Wirtschaftsverbände, die Start-up-Szene, aber auch Informationen auf den Websites von anderen Förderinstrumenten. Letzteres ist allerdings zum Teil bereits implementiert. Ziel müsste es sein, gerade auch neue Akteure über die Fördermöglichkeiten der UTF zu informieren.

I Evaluationsfrage 1.10 Wer sind die Gesuchsteller?

Sowohl Forschungsorganisationen als auch private Unternehmen können bei der UTF ein Gesuch für eine finanzielle Unterstützung einreichen. Für den Zeitraum 2017 bis heute zeigt sich, dass 61 Prozent der Projektträger aus der Privatwirtschaft und 28 Prozent aus Fachhochschulen oder Universitäten/ETH kommen.

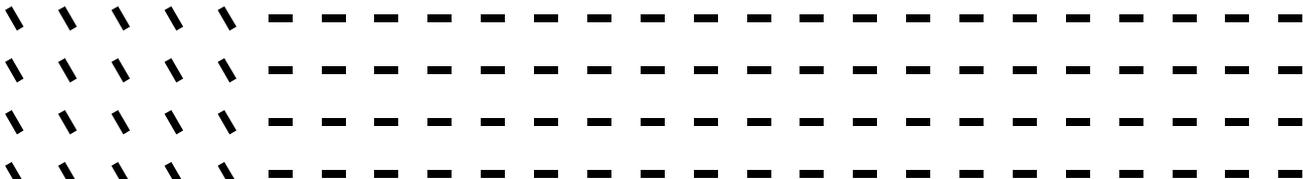
I Evaluationsfrage 1.11 Werden aus bestimmten Bereichen keine/kaum Gesuche eingereicht? Falls ja, weshalb?

In allen relevanten Umweltbereichen wurden seit 2017 mindestens zwei Projekte von der UTF gefördert. Gemäss den Interviews mit den Umsetzungsakteuren ist es das Ziel, mehr Projekte in den Wirkungsbereichen «Boden & Altlasten», «Biodiversität» und «Klima» zu fördern. In diesen werden aktuell – im Vergleich zu den anderen thematischen Bereichen – wenig Projekte unterstützt. Das BAFU sieht sich hier unterschiedlichen Faktoren ausgesetzt, die die Anzahl Gesuche tief halten. So sind technische Innovationen in den Bereichen Boden und Biodiversität per se schwieriger zu entwickeln. Im Bereich Klima geht es oft um energiebezogene Fragen und damit um Projekte, die über das BFE gefördert werden.

Eine verstärkte und spezifisch auf die thematischen Wirkungsbereiche mit wenigen Projekten ausgerichtete Kommunikation könnte dazu führen, dass auch in den bisher nur knapp abgedeckten Wirkungsbereichen mehr Gesuche eingegeben werden.

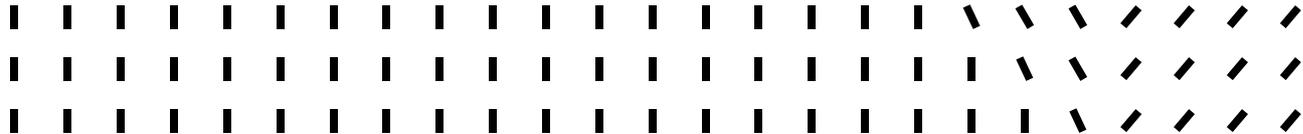
Mit verstärkter Kommunikation dürften in allen Wirkungsbereichen mehr Fördergesuche eingegeben werden. Das BAFU könnte so die wirkungsvollsten und innovativsten Projekte zur Förderung auswählen. Wenn deshalb bei – wahrscheinlich – gleichbleibender Gesamtfördersumme die Ablehnungsquote von rund 17 Prozent etwas erhöht würde, würde das die Glaubwürdigkeit und Relevanz der UTF als Instrument eher noch stärken – obwohl es damit etwas mehr enttäuschte Gesuchsteller geben würde.

Die Analyse der Programm-Outputs zeigt, dass die UTF gut aufgestellt ist. Unsere Empfehlungen in Abschnitt 6.2.3 zeigen auf, wie der Output verbessert werden kann.



5. Ergebnisse zum Outcome der Umwelttechnologieförderung

Der Outcome der UTF setzt sich zusammen aus der Summe der Wirkungen der einzelnen Projekte. Nachfolgend werden 25 Projekte und ihre Wirkung dargestellt.



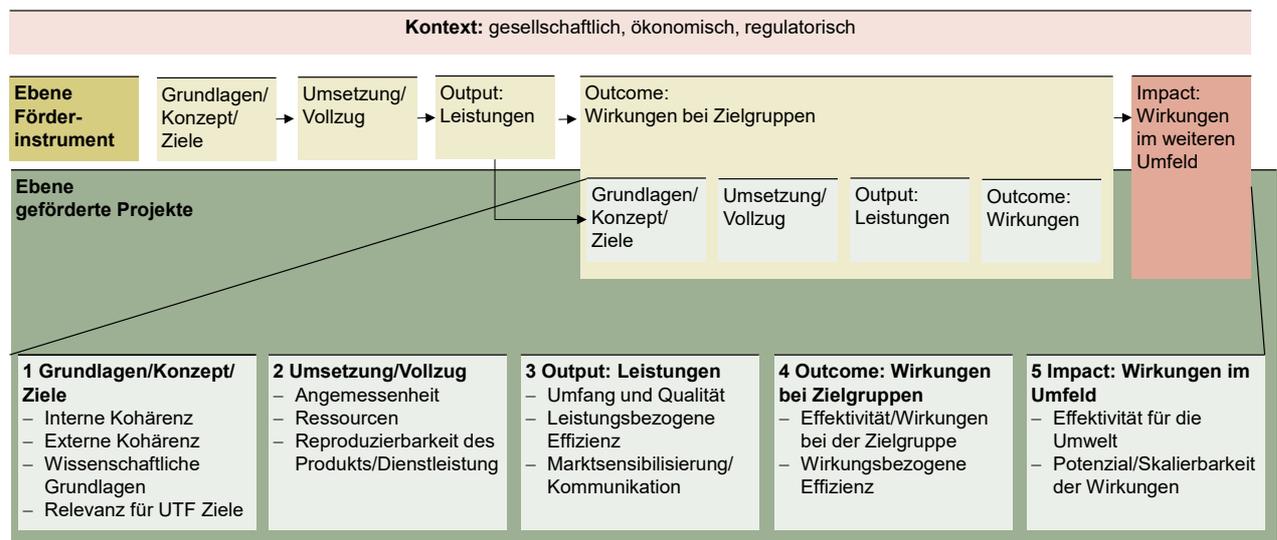
5.1 Konzept zur Wirkungsmessung

Das folgende Wirkungsmodell zeigt im unteren, grün hinterlegten Bereich, wie die Projekte für die vorliegende Evaluation ex post beurteilt werden. Das Wirkungsmodell wurde in einem Workshop zur Konzeptentwicklung «Wirkungsmessung» (vgl. Abschnitt 1.4.4) diskutiert und ergänzt.

Die Stufen 1 «Grundlagen/Konzept/Ziele», 2 «Umsetzung/Vollzug», 3 «Output: Leistungen» und 4 «Outcome: Wirkungen bei den Zielgruppen» werden in erster Linie qualitativ beurteilt. Die Evaluationskriterien (mit Spiegelstrichen aufgeführt) können ex post mittels Dokumentenanalyse und Interviews beurteilt werden. Es liegen damit kaum Restriktionen hinsichtlich Datenverfügbarkeit vor.

Für die Stufe 5 «Impact: Wirkungen Umwelt», bei der es um die (Umwelt-)Wirkungen im weiteren Umfeld geht, ist je nach Projekttyp methodisch unterschiedlich vorzugehen. In den nachfolgenden Abschnitten wird näher auf die Evaluationskriterien und die Methoden eingegangen.

D 5.1: Wirkungsmodell UTF mit Fokus auf geförderte Projekte



Quelle: Darstellung Interface.

5.1.1 Stufen 1 bis 4 des Wirkungsmodells: Konzept, Vollzug, Output, Outcome

Nachfolgend werden pro Stufe die Evaluationskriterien kurz erläutert. Methodisch bilden Dokumentenanalysen und Interviews die Beurteilungsbasis.

I Grundlagen/Konzept/Ziele

- Interne Kohärenz: Sind die konzeptionellen Grundlagen des Projekts klar, verständlich und kohärent? Gibt es eine Definition des zu lösenden (Umwelt-)Problems, der Zielgruppe(n) und der Ziele? Sind die Ziele SMART¹³ definiert?
- Externe Kohärenz: Sind die Projektziele kongruent mit den Zielen der UTF? Gibt es Schnittstellen zu anderen geförderten Projekten und werden diese angemessen berücksichtigt?
- Wissenschaftliche Grundlagen: Basieren die Projektannahmen auf empirischen Grundlagen oder auf einer schlüssigen, wissenschaftlich abgestützten Argumentation?
- Relevanz: Leistet das Projekt einen relevanten Beitrag zu den Zielen der UTF?

I Umsetzung/Vollzug

- Angemessenheit: Erscheint die Verteilung der Aufgaben auf die verschiedenen Projektpartner der Zielsetzung angemessen?
- Ressourcen: Stehen/standen ausreichend Ressourcen (insb. finanziell, personell und bzgl. der Fachexpertise) zur Verfügung, um die Ziele zu erreichen?
- Reproduzierbarkeit des Produkts/der Dienstleistungen: Inwieweit ist/war die Projektorganisation darauf angelegt, dass das Produkt/die Dienstleistung auch über das von der UTF geförderte Pilotprojekt hinaus reproduziert werden kann.

I Output: Leistungen

- Umfang und Qualität: Entsprechen/entsprachen die Leistungen/Produkte dem geplanten Umfang und der erwarteten Qualität?
- Leistungsbezogene Effizienz: Wie ist das Verhältnis von Ressourceneinsatz zum Projekt-Output (Leistungen/Produkte) einzuschätzen?
- Marketing/Kommunikation: In welchem Umfang werden/wurden Massnahmen zur Kommunikation gegenüber der Zielgruppe unternommen?

I Outcome: Wirkungen bei Zielgruppen

- Effektivität/Wirkungen bei den Zielgruppen: Kann eine Wirkung (z.B. Verhaltensänderung) bei der/-n Zielgruppe/-n erreicht werden? Gibt es unbeabsichtigte Wirkungen oder Verhaltensänderungen?
- Wirkungsbezogene Effizienz: Wie ist das Verhältnis von Ressourceneinsatz und effektiv erzielten Wirkung des Projekts bei den Zielgruppen einzuschätzen?

5.1.2 Stufe 5 des Wirkungsmodells: Impact

Bei der letzten Stufe des Wirkungsmodells geht es um die Wirkungen im weiteren Umfeld. Diese werden mit folgenden Evaluationskriterien beurteilt:

- Effektivität für die Umwelt: Inwieweit konnte die Umweltbelastung (z.B. Emissionen, Umweltschadstoffen, Ressourcenverbrauch) durch das Projekt reduziert werden?
- Potenzial/Skalierbarkeit der Wirkungen: Wie ist das Wirkungspotenzial über das Projekt hinaus zu beurteilen?

Bezüglich der Ermittlung des Impacts müssen – so bestätigte die Diskussion am Workshop – je nach Projekttyp unterschiedliche Methoden angewandt werden. Dabei können die Projekte in drei verschiedene Kategorien eingeteilt werden:

¹³ SMART steht für specific, measurable, achievable, reasonable, time-bound, oder auf Deutsch: spezifisch, messbar, erreichbar, angemessen, terminiert.

- Projekte mit *direkter* Umweltwirkung: Dabei handelt es sich um Projekte, die ein Produkt oder eine Dienstleistung bereitstellen – beispielsweise durch Recycling oder Nutzung von Biomasse – und damit etwas ersetzen können, dessen Bereitstellung mit hohen Umweltauswirkungen verbunden ist. Ebenfalls gehören in diese Kategorie Technologien zur Reduktion von Emissionen. Der Nutzen dieser Projekte kann abhängig vom Stand der Entwicklung und der Marktreife mit einer Ökobilanzierung ermittelt werden. Es gibt eine klare Baseline, die definiert, was die Umweltwirkungen ohne das Projekt wären. Mit dieser Baseline können die Wirkungen der Produkte oder Dienstleistungen des Projekts verglichen werden.

Für die Projekte mit indirekter Umweltwirkung ist zu differenzieren:

- Projekte mit *indirekter* Wirkung: Dabei handelt es sich um Projekte, die einen Handlungsspielraum zur Optimierung ermöglichen: Zum Beispiel Messgeräte oder Vorgehen und Organisationsformen, durch deren Anwendung sich ein Nutzen für die Umwelt ergibt, indem beispielsweise Defekte frühzeitig erkannt werden können. Die Ermittlung des Nutzens mit einer Ökobilanzierung ist mit grösseren Unsicherheiten behaftet, da weitergehende Annahmen getroffen werden müssen als bei der direkten Wirkung. Eine Baseline ist im Ansatz erkennbar und damit ist eine Analyse zumindest in Anlehnung an eine Ökobilanzierung möglich.
- «Spezialfälle»: Dabei handelt es sich um Projekte mit indirekter Wirkung, die eine nicht durch den Menschen verursachte Umweltwirkungen adressieren. Darunter fallen beispielsweise Messmethoden im Bereich der Naturgefahren und im Gesundheitsschutz. Es werden Risiken reduziert und dank der Prävention und Schutz können indirekt damit verbundene Umweltauswirkungen adressiert werden. Hier ist eine Beurteilung vor allem auf der Ebene der Kostenfolgen und Risiken möglich. Ob es möglich ist, den indirekten Nutzen dieser Projekte mit einer Ökobilanzierung zu ermitteln, muss von Fall zu Fall geklärt werden. Allenfalls muss, insbesondere bei Produkten oder Dienstleistungen, die noch relativ weit von der Marktreife entfernt sind, auch auf qualitative Einschätzungen abgestützt werden.

5.1.3 Ex-ante-Beurteilung

Die vorgängigen Ausführungen skizzieren, wie das Wirkungsmodell dazu dient, eine nachträgliche ex-post-Beurteilung der Projekte zu strukturieren. Die Diskussion am Workshop zeigte jedoch, dass das Wirkungsmodell grundsätzlich auch dazu dienen kann, eine ex-ante-Selbstevaluation der Projektträger zu unterstützen. Die Selbstevaluation erfolgt idealerweise bereits ex-ante (im Voraus), um allfällige Projektdefizite (z.B. in der Organisation) frühzeitig zu antizipieren.

Weil ein Wirkungsmodell weniger verbreitet und die Begrifflichkeiten ausserhalb der Evaluationsfachwelt wenig bekannt sind, würde es sich anbieten, das Wirkungsmodell in eine SWOT-Analyse¹⁴ zu überführen. Die ersten vier Stufen des Wirkungsmodells und die jeweiligen Evaluationskriterien bieten die Grundlage für eine *Stärken-Schwäche-Analyse*, beispielsweise mit Fragen wie: Ist das Konzept des Projekts wissenschaftlich fundiert? Sind die notwendigen Kompetenzen mit den beteiligten Akteuren abgedeckt? Werden die Zielgruppen erreicht? Wichtig ist eine Ergänzung dieser Stärken-Schwächen-Analyse mit einer *Analyse der Chancen und Risiken* unter Berücksichtigung der externen Rahmenbedingungen.

¹⁴ SWOT = strengths, weaknesses, opportunities, threats, oder auf Deutsch: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken.

5.2 Methode der Wirkungsmessung: Ökobilanzierung

Für die Quantifizierung der Auswirkungen der Projekte auf die Umwelt beziehungsweise des Nutzens für die Umwelt wurde die Methode der Ökobilanzierung verwendet. Die Ökobilanzierung ist eine Methode, um die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf die Umwelt zu erfassen, zu beurteilen und daraus Optimierungspotentiale abzuleiten. Sie ist international anerkannt als diejenige Methode, die die umfassenden Anforderungen an eine ökologische Beurteilung am besten erfüllt. Ökobilanzen werden in der Industrie, der Forschung und der öffentlichen Hand für die unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt.

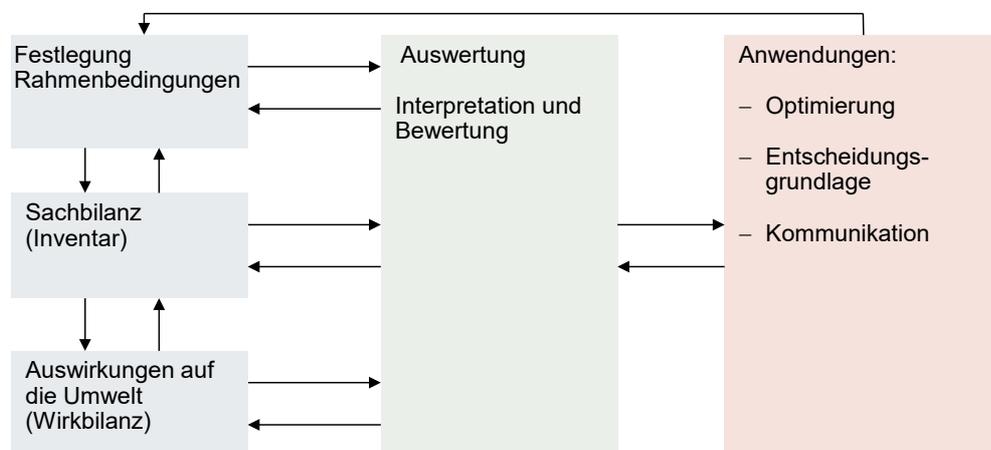
Vorgehen bei der Ökobilanzierung

Die Anforderungen an eine Ökobilanz und das Vorgehen bei deren Erstellung sind in der Norm ISO 14'040/44 (ISO 2006; ISO/TC 2006) definiert. Gemäss dieser Norm umfasst eine Ökobilanz die folgenden Schritte:

- Festlegen der Zielsetzungen und Systemgrenzen (Rahmenbedingungen)
- Erfassen der relevanten Stoff- und Energieströme sowie des Ressourcenbedarfs (Sachbilanz)
- Bestimmen der Auswirkungen auf die Umwelt (Wirkungsbilanz)
- Interpretation der Umweltauswirkungen aufgrund der Zielsetzungen (Bewertung)
- Erarbeiten von Optimierungsmassnahmen

Wie sich zeigt, ist dies kein linearer Ablauf, sondern ein interaktiver Erkenntnis- und Optimierungsprozess, der nachfolgend dargestellt ist.

D 5.2: Schritte einer Ökobilanzierung nach ISO 14'040/44



Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf der Norm ISO 14'040/44.

Um die Umweltauswirkungen der verschiedenen Projekte vergleichen zu können, wurde als Vergleichsbasis der Einsatz der Technologie pro Jahr gewählt und dazu die Ergebnisse der Umweltauswirkung pro Bezugseinheit – in der Ökobilanzierung funktionelle Einheit genannt – auf den Einsatz während eines Jahres hochgerechnet und verglichen¹⁵. Dabei

¹⁵ Verwendete Bezugseinheiten sind zum Beispiel die Nutzenergie MJ für Emissionen von Feuerungen oder Tonnagen Güter für hergestellte Produkte und behandelte Altmaterialien. Die Hochrechnung pro Jahr erfolgt über den Bedarf Nutzwärme, der mit der Feuerung gedeckt wird, oder die Kapazität der jährlichen Tonnage Produktion von Gütern oder Abfallbehandlung einer Anlage.

wurden die Berechnungen für das aktuelle Jahr wie auch für ein Jahr in der Zukunft, konkret in fünf Jahren, durchgeführt. Die Systemgrenzen ergeben sich für die jeweiligen Projekte aus der spezifischen Zielsetzung, dazu sind von Fall zu Fall Aufwand und Ertrag für den Nutzen zu bestimmen. Konkret: Die Aufwände für die Herstellung der benötigten Materialien, Energien und anderer Dienstleistungen, wie beispielsweise Transporte oder Entsorgung, werden dem erzielten Output des Projektes beziehungsweise dessen Nutzen durch Ersatz von fossilen Energieträgern, Rückgewinnung von Materialien oder Reduktion von Emissionen gegenübergestellt.

Eine wesentliche Schwierigkeit bestand in der Erfassung der notwendigen Daten (Sachbilanz). Dies ist typisch für Ökobilanzen, die sich mit Innovationen befassen, die noch in Entwicklung sind. Zudem ist die Art der Projekte sehr unterschiedlich. Daher wurden sie – wie in Abschnitt 5.1.2 – ausgeführt in drei Kategorien eingeteilt:

- Projekte mit direkter Wirkung
- Projekte mit indirekter Wirkung
- Spezialfälle

Die Prognosen für den Effekt in fünf Jahren beruhen auf dem aktuellen Stand der Planung und auf Annahmen zum Einsatz der Produkte oder Technologie. Das Ergebnis ist mit entsprechenden Unsicherheiten verbunden. Konkrete Angaben zur Planung und Skalierung innerhalb von fünf Jahren liegen nur ab einer bestimmten Technologiereife vor. Bei einer geringeren Technologiereife kann nur eine langfristige Einschätzung des Potenzials mit einem semiquantitativen Ansatz gemacht werden. Da sich die Angaben auf die Zukunft beziehen, können die für die Prognosen verwendeten Angaben und Annahmen nur beschränkt belegt werden, zum Beispiel dann, wenn bereits Verträge mit Partnern für die Umsetzung vorliegen. Die verwendeten Angaben und Annahmen wurden nach dem besten Wissen, unter Berücksichtigung des Forschungsstandes, getroffen und werden entsprechend transparent dargelegt, ohne Anspruch auf vollständige Korrektheit

Nachdem die Daten zusammengestellt sind, werden diese mit Hintergrunddaten aus Ökobilanzdatenbanken verknüpft. Dazu haben wir soweit möglich die Datenbank der Bundesämter UVEK 2022 (KBOB et al. 2022) verwendet und durch Daten aus ecoinvent und eigenen Projekten ergänzt. Anschliessend haben wir die verschiedenen Auswirkungen, beispielsweise auf die menschliche Gesundheit, das Ökosystem, das Klima oder Ressourcenverbrauch, berechnet. Für die Aggregation zu einer Kennzahl wurden die folgenden beiden Gewichtungsmethoden verwendet:

- die Methode der Ökologischen Knappheit und
- die Methode der externen Kosten.

Die Methode der *Ökologischen Knappheit* (MöK) ermöglicht eine umfassende Beurteilung der verschiedenen Umweltauswirkungen und stellt die Resultate in der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP) dar. Diese Methode wurde erstmals 1990 im Auftrag des BAFU, damals BUWAL, entwickelt und wird regelmässig aktualisiert und erweitert. Die neuste Version wurde 2021 publiziert (Frischknecht et al. 2021). Die Gewichtung der verschiedenen Umweltauswirkungen basiert auf der aktuellen Umweltsituation und den umweltbezogenen politischen Zielsetzungen der Schweiz. Da sie zu den umfassendsten und aktuellsten Methoden gehört, geniesst sie auch international eine hohe Anerkennung.

Der Ansatz der *externen Kosten* (Monetarisierung von Umweltbelastungen) bietet die folgenden zwei relevanten Qualitäten: Erstens versieht er wirtschaftliche Aktivitäten, die

Kosten auf die Umwelt und die Gesellschaft abwälzen, mit einem Preis, der diese zusätzlichen (externen) Kosten berücksichtigt. Diese Information zu kennen ist im Interesse der öffentlichen Hand, die für viele dieser externen Kosten anstelle der Verursacher aufkommen muss. Zweitens misst er die Umweltauswirkungen im ökonomischen Kontext, also mit Schweizer Franken, mit denen auch die Investitionen der UTF (also die Fördergelder) ausgewiesen werden. Damit kann beispielsweise die Frage beantwortet werden, ob sich aufgrund des monetarisierten Nutzens die UTF-Investitionen lohnen. Die hier verwendete Methode der externen Kosten basiert auf einem Ansatz, der in Europa auf der Basis der Gewichtungsmethode ReCiPe (vgl. Goedkoop et al. 2013) aus der Ökobilanzierung entwickelt wurde und im Projekt «Nachhaltige öffentliche Beschaffung durch die Betrachtung von Lebenszykluskosten und Umweltbelastungen» auf die Schweiz angepasst wurde. Bei dieser Methode werden sowohl die Schäden an der menschlichen Gesundheit und am Ökosystem sowie der Ressourcenverbrauch berücksichtigt (vgl. auch Abschnitt A 4.2 im Anhang).

5.3 25 Projekte im Fokus

Insgesamt wurde für 25 Projekte eine Analyse durchgeführt. Die ausgewählten Projekte repräsentieren die Wirkungsbereiche ausgewogen. 13 Projekte gehören zur Kategorie der Projekte mit direkter Wirkung, 9 Projekte zur Kategorie der Projekte mit indirekter Wirkung und 3 Projekte sind Spezialfälle. Es folgen zwei Darstellungen, in denen alle 25 Projekte – unterteilt nach den Kategorien direkte und indirekte Wirkung – vorgestellt werden. Aufgelistet werden die Technologie-Reife, das Entwicklungsstadium und Informationen zum Wirkungsbereich/Ziel/ökologischen Nutzen. Fett hervorgehoben sind dabei diejenigen Projekte, die vertieft analysiert wurden und als Fallstudien mit Factsheet im Abschnitt A 1 im Anhang beschrieben sind.

Die folgende Darstellung umfasst die analysierten Projekte mit direkter Wirkung.

D 5.3: Analyalisierte Projekte mit direkter Wirkung, n = 13

Projekt	Technologie Reife	Entwicklungsstadium	Umweltbereich: Ziel / Ökologischer Nutzen
CO₂ Climeworks	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Klima: Gewinnung von CO ₂ aus der Luft. Ersatz synthetisches CO ₂ für die Getränkeindustrie, neuer Fokus Negative Emissionen (Senkenleistung).
Daphne	Marktreif	5	Luftreinhaltung: Hohe Reduktion von SO _x und NO _x bei grossen Schiffsmotoren durch Filtersystem, auch wenn diese Schweröle mit sehr schlechter Qualität verbrennen.
Dünger aus Urin	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Abfälle/Ressourcen, Gewässerschutz: Aufbereitung Urin zu Dünger anstelle der Abwasserbehandlung mit einer Belastung Stickstoff und Phosphor von Gewässer, Reduktion des Kunstdüngerbedarfes. Potenzial Gülle aus der Landwirtschaft zu behandeln.
Fireforce	Pilot-/Demoanlage	4	Luftreinhaltung, erneuerbare Energie: Holzfeuerungen bis 500kW mit sehr geringen Emissionen dank innovativer Verbrennungstechnologie, welche ohne zusätzliche Filter auskommt. Ersatz fossiler Heizungen und alter Holzheizungen.
Heisswasser statt Glyphosat	Testfahrzeug, Prototyp	4	Gewässer- und Bodenschutz: Ersatz von Glyphosat durch Heisswasser beim Pflanzenschutz im Gleisbereich, indirekte Wirkung Veränderung Management Pflanzenschutz.
Helventomill	Pilot-/Demoanlage	4	Abfall/Ressourcen, Klima: Nutzung organischer Abfälle zur kombinierten Produktion von Mehlwurm- und Soldatenfliegenlarven (z.Z. adaptiert auf eine reine Mehlwurmzucht) als Basis für Nahrungsbestandteile in der menschlichen Ernährung und der Tierfütterung
HighRAP Asphalt	Marktreif	5	Abfälle/Ressourcen: Bestimmung der optimalen Qualitätsanforderungen an den Recycling Asphalt und den Recyclingprozess, um den Recyclinganteil in neuen Strassenbelägen zu erhöhen
INKoh Innovative Kohle aus Grüngut	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Abfälle/Ressourcen, Klima: Pyrolyse von Grüngut anstelle einer Entsorgung und verschiedene Nutzungen der Pflanzenkohle, u.a. als C-Senke.
Viren- und Nanopartikel-filter NanoCleanAir	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Luftreinhaltung, Energie: Reduktion Virenbelastung durch Filtrierung Luft statt Masken und Stoss Lüften, Energieverlust kleiner als beim Lüften, Potenzial zusätzlicher Effekt auf andere Probleme wie Pollenallergie.
P-Rückgewinn aus Klärschlamm	Evaluation Verfahren, Laborprototyp	3	Abfälle/Ressourcen: Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm mit Hilfe mikrobieller Elektrolysezellen. Projekt wird nicht weiterverfolgt.
Recarb	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Abfälle/Ressourcen, Klima: Karbonatisierung von Recycling-Betongranulat (=RC-Kies). Dies ermöglicht eine Speicherung von CO ₂ und gleichzeitig eine höhere Beimischung von Recyclinggranulat im Frischbeton.
Recycling REE	Laborprototyp	3	Abfälle/Ressourcen: Aufbereitung von Leuchtstoffröhren und Rückgewinnung von seltenen Erden (REE Rare Earth Elements), Ersatz Primärmaterial.
XyloClean	Laborprototyp	3	Luftreinhaltung: Filter für Nachbehandlung Abluft Holzöfen Reduktion PM Emissionen, PAK und CO (Stückholz Ofen <150kW). Für Neuanlagen und Nachrüstung von bestehenden Anlagen ohne Abluftbehandlung.

Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022.
 Legende: Fett hervorgehobene Projekte wurden vertieft analysiert und sind in Abschnitt A 1 im Anhang als Fallstudien im Detail beschrieben.

Die folgende Darstellung umfasst die analysierten Projekte mit indirekter Wirkung und die Spezialfälle.

D 5.4: Analysierte Projekte mit indirekter Wirkung und Spezialfälle, n = 12

	Projekt	Technologie Reife	Entwicklungsstadium	Umweltbereich: Ziel / Ökologischer Nutzen
Indirekte Wirkung	CoPyKu	Entwicklung Testverfahren und Qualitätsrichtlinie für Zulassung Markt	4	Ressourcen/Abfälle, Klima: Erarbeiten von Grundlagen für die Co-Pyrolyse von Biomassen, die mit Kunststoffen verunreinigt sind. Qualitätsanforderungen für die dabei produzierte Pflanzenkohle; Ziel ist eine Richtlinie, die Einhaltung der bestehenden Vorgaben wie ChemRRV ermöglicht.
	Détection fuite de gaz	Demo Geräte, marktreif	5	Luftreinhaltung Messtechnik, Klima: Messen von Gas Emissionen, Leckagen auf dem Leitungssystem der Betriebe, zum Beispiel Erdgas Versorgung und Emissionen Methan.
	Partektor - Feldmessgerät zur Partikelanzahlmessung	Pilot-/Demo, marktreif	5	Luftreinhaltung Messtechnik: Messen von Partikelemissionen zur Detektion von defekten Partikelfiltern von Baumaschinen und anderen Fahrzeugen.
	Ökohof	Entwicklung Prototyp Verfahren / Software	4	Abfälle/Ressourceneffizienz: Entwicklung Messverfahren und Software Tool zur Optimierung Sammellogistik, Reduktion Fahrten Sammlung.
	P-Recycling aus Klärschlamm ARA Thun	Evaluation Verfahren, Laborprototyp	3	Abfälle/Ressourcen: Evaluation von Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm.
	Plair	Messmethode, Pilot-/ Demoanlage, marktreif	5	Luftreinhaltung Messtechnik: Messen der Belastung Pollen und Luftschadstoffe.
	Proxipel	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Nutzung biogene Ressourcen: Mobile Produktion von Holzpellets aus Schwachholz und Holzresten, welche sonst nicht genutzt würden. Nutzen Ersatz fossile Brennstoffe.
	Räuchern mit ionisiertem Rauch	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Luftreinhaltung, Ressourceneffizienz: Verfahren für eine effizientere Nutzung von Rauch im Fleischräucher-Prozess. Eine geringere Dauer des Räucherprozesses ermöglicht eine Reduktion Prozessenergie, Holzverbrauch und Luft Emissionen.
Restgitterzerkleinerer	Pilot-/Demoanlage, marktreif	5	Abfälle/Recycling: Konzept für eine sortenreine Sammlung Metalllegierung/Optimierung Sammellogistik.	
Spezialfälle	Clean-City-Management	Demo Software, marktreif	5	Messtechnik und Ressourceneffizienz: Automatisierte Detektion von Verunreinigung öffentlicher Plätze und Strassen in Städten als Basis für effizientere Stadtreinigung.
	Felssturzmonitoring	Entwicklung Messmethode, Prototyp	3	Gefahrenprävention Messtechnik: Messen Bewegungen im Untergrund, mögliche Indikatoren für die Gefahrenprävention Risiken Felsstürze.
	Sismoriv	Entwicklung Messmethode	2	Gefahrenprävention Messtechnik: Messen von Geschiebe in Flüssen zur Erkennung von Naturrisiken und zur Optimierung des Geschiebemanagements bei Kraftwerken.

Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022.

Legende: Fett hervorgehobene Projekte wurden vertieft analysiert und sind in Abschnitt A 1 im Anhang als Fallstudien im Detail beschrieben.

Für die Analyse der 25 Projekte führten wir mit den Projektverantwortlichen Interviews durch und analysierten Dokumente und Daten. Für die Beurteilung des Potenzials und für eine Prognose der Wirkung in fünf Jahren ist das Projektentwicklungsstadium bedeutsam.

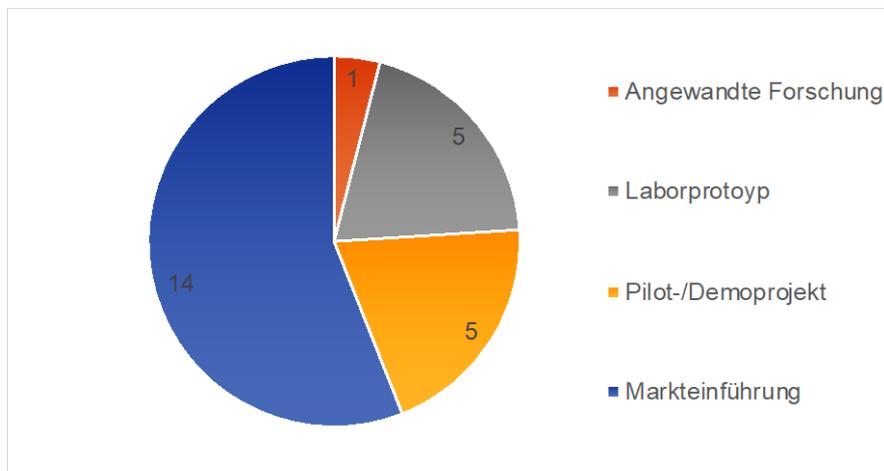
Die Projekte wurden ausgehend vom ihrem Entwicklungsstadium zum Zeitpunkt der Interviews in die folgenden Kategorien¹⁶ eingeteilt:

- 1. Grundlagenforschung → kein Projekt in diesem Stadium
- 2. Angewandte Forschung → Potenzial
- 3. Labor-Prototyp → Potenzial
- 4. Pilot-/Demonstrationsprojekt → Potenzial/Bilanz in fünf Jahren
- 5. Markteinführung → Potenzial/Bilanz in fünf Jahren
- 6. Marktdiffusion → kein Projekt in diesem Stadium

Das Entwicklungsstadium jedes Projekts ist in den Darstellungen D 5.3 (Projekte mit direkter Wirkung) und D 5.4 (Projekte mit indirekter Wirkung und Spezialfälle) ersichtlich. Eine Kurzzeitprognose zur Wirkung der Projekte im aktuellen und im fünften Jahr ab heute mit einer Ökobilanz ist meist erst ab Entwicklungsstadium 4 möglich. Ab diesem Stadium liegen bereits Angaben zur Marktdiffusion und der geplanten Skalierung in diesem Zeitraum vor. Bei einem tieferen Entwicklungsstadium kann nur das langfristige Potenzial mit einer Einschätzung zur Wirksamkeit auf der Technologie-Ebene und einer Einschätzung zur Skalierbarkeit der Anwendung semiquantitativ beurteilt werden. Geförderte Projekte, die sich in den Entwicklungsstadien 2 und 3 befinden, sind von der Marktdiffusion noch weit entfernt. Möglicherweise benötigen diese Projekte eine weitere Phase der UTF-Förderung, um sich in Richtung Marktdiffusion zu entwickeln.

Die folgende Darstellung zeigt die Entwicklungsstadien der 25 analysierten Projekte (Beurteilung zum Zeitpunkt der Interviews).

D 5.5: Entwicklungsstadium der Produkte und Dienstleistungen der 25 analysierten Projekte



Quelle: Darstellung Carbotech.

5.4 Beurteilung Konzept/Zielsetzung, Vollzug und Output der Projekte

Nachfolgend werden die qualitativen Evaluationskriterien der 25 Projekte beurteilt. Methodisch bilden Dokumentenanalysen und Interviews die Beurteilungsbasis. In den Abschnitten 5.5 und 5.6 folgt die quantitative Wirkungsanalyse.

5.4.1 Grundlagen/Konzept/Zielsetzung

Alle 25 vertieft untersuchten Projekte beschreiben im Vertrag unter «Ausgangslage» eine *Problemdefinition*. Die Informationstiefe und der Referenzrahmen (Schweiz, global) sind

¹⁶ Entwicklungsstadium auf der Innovationskette gemäss UTF-Bericht 2012–2017, Seite 8.

sehr divers. Ebenfalls sind bei allen Projekten *Ziele* definiert und vertraglich zu erreichende Ergebnisse mit Meilensteinen festgehalten. Es handelt sich um Output-Ziele auf der Ebene der Projekte. Im engen Sinn der Evaluationsterminologie sind die Projektziele somit nicht wirkungsorientiert, was ihren Beitrag zur Lösung der jeweiligen Umweltprobleme betrifft. Gleichzeitig sind technische Zwischenziele notwendig, um am Ende der Wirkungskette eine Umweltwirkung zu erzielen. Die formulierten Projektziele erfüllen die SMART-Kriterien grossmehrheitlich:

- Sie sind konkret und *spezifisch* formuliert.
- Sie sind *messbar* über die Erreichung der Meilensteine.
- Inwieweit sie als *erreichbar* und *angemessen* bezeichnet werden können, lässt sich von aussen schwer beurteilen. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich die Projektträger grundsätzlich erreichbare und angemessene Ziele setzen.
- *Terminiert* sind die Meilensteine innerhalb der Projektlaufzeit in den Verträgen in der Regel nicht. Die Terminierung erfolgt über die definierte Projektlaufzeit. Bei sechs der 25 untersuchten Projekte gab oder gibt es jedoch Verzögerungen.

Zu den *Zielgruppen* der jeweiligen Produkte oder Dienstleistungen (Käufer/-innen, Anwender/-innen, Nutzer/-innen usw.) finden sich nur in wenigen Fällen explizite Informationen in den Grundlagendokumenten. Die Gespräche zeigen jedoch, dass in den meisten Projekten implizit eine Vorstellung davon vorhanden ist, wer die Zielgruppen sind. Eine weitere Erkenntnis ist, dass sich bei einigen Projekten die Zielgruppe im Verlauf des Projektes verändert hat. Gründe dafür sind, dass zu Beginn noch wenig Wissen über die Zielgruppe und ihre Bedürfnisse vorlag oder dass neue und potenziell kommerziell interessantere Zielgruppen im Laufe oder nach Abschluss des Projektes identifiziert wurden. Aus Sicht der Wirkungsmessung ist es kritisch zu beurteilen, dass die Projekt-Grundlagen bei einer Mehrheit der Projekte keine klare Definition der Zielgruppen enthalten. Die Bedürfnisse der Zielgruppe zu kennen und sie zu erreichen, ist zentrale Voraussetzung für eine Wirkungsentfaltung.

Die *empirische Evidenz* der untersuchten Projekte hängt stark von ihrem Entwicklungsstand ab. Ähnlich wie beim thematischen Fokus ist auch hier die Heterogenität zwischen den Projekten gross. Für die Mehrheit der 25 untersuchten Projekte wurde auf Labor-Stufe oder via Vorstudien bereits die empirische Basis geschaffen, die nun in einer industriellen Pilot- oder Demonstrationsanlage umgesetzt wird. Die Mehrheit dieser Projekte wurde bereits in einem früheren Stadium durch andere Geldgeber (durch das BAFU, über andere Förderinstrumente der Schweiz, aber auch auf EU-Ebene) finanziell unterstützt. Rund ein Viertel ist eher explorativ ausgerichtet und hat im Entwicklungsstadium 2 «Angewandte Forschung» oder 3 «Labor-Prototyp» ein Proof of Concept zum Ziel. Solche Projekte sind darauf angelegt zu beweisen, dass etwas funktioniert, und wollen damit empirische Evidenz schaffen. Gleichzeitig sind auch hier gewisse Aspekte der eingesetzten Technologien bereits erprobt.

Die grosse Mehrheit der Projekte stellt im Rahmen der Problemdefinition einen *direkten Bezug* zu einem oder mehreren *Umweltproblemen* her. Bei einigen der untersuchten Projekte ist der Bezug zur Umweltproblematik jedoch nicht klar beschrieben. Es handelt sich dabei eher um Produktideen, Optimierungsziele (technische oder ökonomische Aspekte) oder auch um Projekte mit Fokus auf die Gesundheit des Menschen, beispielsweise in Zusammenhang mit der Luftqualität. Informationen zur Bewirtschaftung von *Schnittstellen* zu anderen geförderten Projekten liegen wenig vor. Durch die grosse Heterogenität von Themen, Technologien und Zielen ist bei den untersuchten 25 Projekten wenig inhaltliche Überschneidung sichtbar.

5.4.2 Vollzug und Output

Rund die Hälfte der 25 untersuchten Projekte wird gemeinsam durch Wissenschaft und Industrie umgesetzt. Weitere fünf Projekte haben keinen Industriepartner und acht Projekte sind reine Industriepartnerschaften. Schliesslich gibt es auch Projektorganisationen zwischen Wissenschaft, Privatwirtschaft und öffentlicher Hand. Insbesondere rein wissenschaftlich organisierte Projektträger geben an, dass es eine Herausforderung war, Industriepartner zu finden. Dies wiederum hat einen starken Einfluss darauf, inwieweit das Produkt oder die entwickelte Technologie reproduzierbar ist. Dennoch ist es in den meisten Fällen gelungen, im Projektverlauf eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit einem Industriepartner aufzubauen. Etwas leichter hatten es jene Firmen (Start-ups), die im Rahmen eines Spinn-offs (z.B. ETH, Empa) entstanden, da sie auf bestehende Partnerschaften zurückgreifen können.

Der grossen Mehrheit der Projektträger standen gemäss eigenen Angaben genügend *personelle und finanzielle Ressourcen* für die Umsetzung zur Verfügung. Ein zusätzlicher Vorteil für Start-ups (Industrie) bei der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft ist, dass die Personalkosten geringer ausfallen, beispielsweise weil Doktoranden/-innen eingesetzt werden können.¹⁷ Dadurch musste weniger Eigenkapital eingesetzt werden. Für Projekte, die von privatwirtschaftlichen Trägern (Start-ups, Industrie) umgesetzt wurden, war die Förderung der UTF zusätzlich positiv für die Gewinnung weiterer Investoren. Als *Herausforderungen bei der Umsetzung* wurden folgende Punkte genannt (Anzahl Nennungen in Klammer):

- Koordination, wenn mehrere Partner beteiligt sind, was langwierige Schlaufen bedingt usw. (6)
- Die Finanzierung war für die Entwicklung der Technologie vorhanden, jedoch weniger für die Kommerzialisierung und die Kommunikation gegenüber möglicher Zielgruppen. (6)
- Es ist sehr schwierig, geeignetes Fachpersonal zu rekrutieren, Fachwissen musste zum Teil selbst aufgebaut werden. (6)
- Die Corona-Pandemie führte zu Lieferverzögerungen und zu fehlenden Anwendungsmöglichkeiten. (4)
- Geeignete Lieferanten zu finden und die Abgängigkeiten von sehr spezifischen Materialien. (3)
- Weiteres: Zertifizierungsprozesse, Datenverfügbarkeit, technische Verluste/Schäden.

Der *Output* der Projekte an sich ist in seiner Form sehr unterschiedlich und reicht von Tests und Machbarkeitsstudien, Bau und Betrieb von Pilotanlagen und mobilen Anlagen zu zertifizierten Produkten oder Patenten. Grossmehrheitlich wurden bei den 25 Projekten die Output-Ziele (Meilensteine) erreicht und der Zeitplan konnte eingehalten werden. Auch die Qualität des Outputs wird von den Verantwortlichen geförderter Projekte positiv bewertet und die Zufriedenheit ist hoch.

Neben dem Output im Sinne der Meilensteine wurden bei der Mehrheit der Projekte *Massnahmen zur Marktsensibilisierung oder Kommunikation* der Erkenntnisse ergriffen. Es ist davon auszugehen, dass sich dies positiv auf die Erreichung der Zielgruppen auswirkt und somit auch auf die erfolgreiche Umsetzung am Markt. Meistgenannte Massnahmen sind die Teilnahme an Konferenzen und das Nutzen oder der Aufbau von Netzwerken. Mediale Präsenz, aber auch Veröffentlichung der Resultate auf Websites oder Artikel in

¹⁷ Zumindest gilt dies für die direkten Personalkosten, die Betreuung der Dissertierenden werden bei Evaluationen oft zu wenig berücksichtigt.

Fachzeitschriften, wurden elfmal genannt. Bei fünf Projekten wurden keine oder nur minimale Massnahmen ergriffen. Dies, weil es sich um vertrauliche Ergebnisse handelt, weil für Kommunikation die Ressourcen fehlten oder weil es aus Sicht der Projektverantwortlichen noch zu früh ist, um an eine Zielgruppe heranzutreten.

5.4.3 Outcome

Die Erreichung der Zielgruppen bei den 25 Projekten fällt sehr unterschiedlich aus. Mehr als ein Drittel konnte die Zielgruppen gut erreichen, was vor allem bedeutet, dass die relevanten Zielgruppen über das Produkt oder die Dienstleistung informiert wurden. Bei vielen dieser Projekte hat sich im Projektverlauf zudem gezeigt, dass es zusätzliche potenziell relevante Zielgruppen oder Multiplikatoren gibt, die noch besser erreicht werden sollten. Bei verschiedenen Projekten wurde die Zielgruppe in Form des Industriepartners direkt ins Projekt einbezogen. Das wirkte sich positiv auf die Zielerreichung aus.

Bei rund einem Drittel ist noch keine Zielgruppen-Erreichung vorhanden. Teilweise ist es noch zu früh für eine Zielgruppen-Ansprache, weil das Produkt noch zu weit von der Marktdiffusion entfernt ist. Teilweise ist die Zielgruppen-Erreichung auch deshalb noch ungenügend, weil die finanziellen Mittel zur Kommerzialisierung fehlen oder noch unklar ist, welches die primäre Zielgruppe sein soll. Bei einigen Projekten kann noch keine Aussage zur Zielgruppen-Erreichung gemacht werden, da die Projekte noch nicht abgeschlossen sind und diese Schritte erst noch geplant sind. Einschätzungen dazu, wie gut oder mit welchem Aufwand die Zielgruppe künftig erreicht werden kann, konnte die Mehrheit der Projektverantwortlichen (noch) nicht machen.

Eine Aussage dazu, ob bei den Zielgruppen auch effektiv eine Verhaltensänderung erreicht wurde oder in absehbarer Zeit erreicht wird (Anwendung des Produkts, Kauf der Dienstleistung usw.), ist aufgrund der Erhebung und weil sich die Produkte oft noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, nicht möglich. Eine Abschätzung, beispielsweise zu zukünftigen Verkäufen, wird in die Wirkungsberechnung (Kurzzeitprognose für das aktuelle und das fünfte Jahr ab heute) integriert (vgl. Abschnitt 5.5).

5.5 Wirkungsanalyse nach Gruppen (Impact)

Eine Einführung und Erklärungen zur Methode der Ökobilanzierung und den gewählten Indikatoren für die Darstellung der Ergebnisse mit Umweltbelastungspunkten und externen Kosten finden sich in Abschnitt 5.2. Die Darstellung der getroffenen Annahmen pro Projekt und der Wirkungsbeiträgen pro Projekt sowie nicht anonymisierte Darstellungsversionen sind zum Schutz der Geschäftsgeheimnisinteressen der Projektträger nicht im Schlussbericht enthalten.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die aggregierten Ergebnisse der analysierten 25 Projekte, gruppiert nach den beschriebenen Entwicklungsstadien (vgl. Abschnitt 5.3) und der Art der Wirkung (direkt, indirekt, Spezialfälle).

5.5.1 Kurzzeitprognose der Wirkungen für Projekte mit direkter und indirekter Wirkung, Entwicklungsstadien 4 und 5¹⁸

Eine Einschätzung der Wirkung des ökologischen Nutzens der Projekte im aktuellen und im fünften Jahr ab heute wurde mit der Methode der Ökobilanzierung für die 19 Projekte, die sich in den Entwicklungsstadien 4 und 5 befinden (vgl. Abschnitt 5.3), bestimmt.

¹⁸ Keines der berücksichtigten Projekte befindet sich im Entwicklungsstadium 6.

Die Hochrechnung der erzielten Einsparungen erfolgte in drei Schritten:

1. Einsparung pro funktionelle Einheit, Reduktion der Umweltbelastung mit dem Einsatz der Technologie im Vergleich zur Referenz ohne den Einsatz: zum Beispiel Analyse der Umweltauswirkungen einer Feuerung pro Heizleistung. Reduktion der Umweltauswirkungen im Vergleich zur Referenz ohne den Einsatz der Technologie.
2. Hochrechnung der Einsparung für das aktuelle Jahr, geplante Jahresleistung der Technologie: zum Beispiel jährliche Produktion Nutzwärme einer Feuerung und Hochrechnung der dabei erzielten Einsparung mit dem Einsatz der Technologie im Vergleich zur Referenz.
3. Hochrechnung der Einsparung für das fünfte Jahr, Ausbau der Jahresleistung mit der geplanten Skalierung und dem zunehmenden Einsatz der Technologie: zum Beispiel Hochrechnung für die bis in fünf Jahren geplante Anzahl Feuerungsanlagen und damit realisierte Einsparung.

Die folgenden Darstellungen zeigen über die Summe aller Projekte den erwarteten ökologischen Nutzen im aktuellen und im 5. Jahr¹⁹. Für die Berechnungen wurden Aussagen der Projektverantwortlichen zu den geplanten Schritten der Umsetzung berücksichtigt und ihre Angaben, mit wie vielen jährlich verkauften Produkten, installierten Anlagen u.ä. sie im aktuellen Jahr und bis in fünf Jahren rechnen und mit welchen Hindernissen zu rechnen ist. Darstellung D 5.6 zeigt das Ergebnis der erzielten Reduktion für die Gesamtumweltbelastung, berechnet mit der Methode der Umweltbelastungspunkte. Darstellung D 5.7 und D 5.8 zeigen das Ergebnis für die CO₂-Emissionen und für die externen Kosten.

Für das fünfte Jahr wird auf Basis der getroffenen Annahmen eine Reduktion der Umweltbelastung in der Grössenordnung von 480 Mrd. UBP erwartet. Dies entspricht etwa 0,2 Prozent der jährlichen Gesamtumweltbelastung der Schweiz und entspricht der Umweltbelastung von:

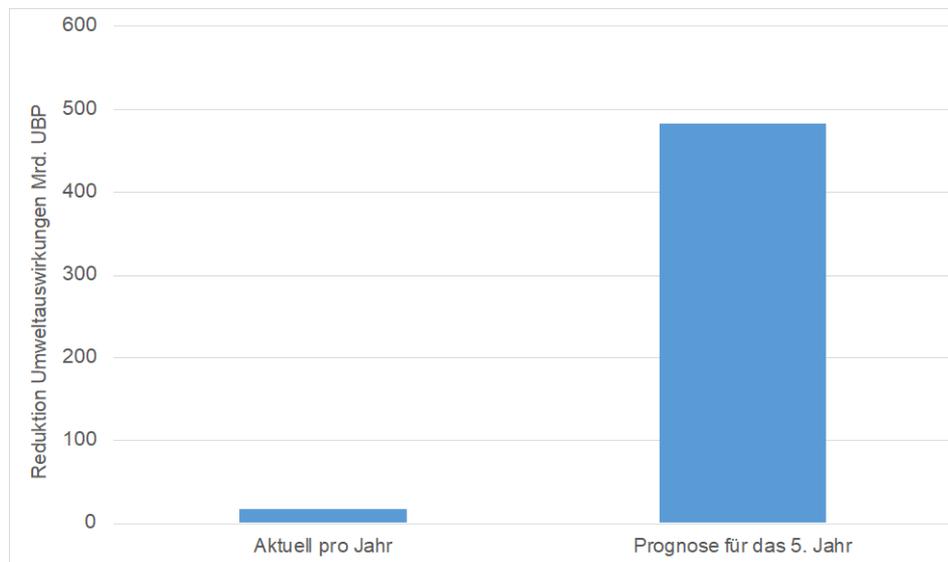
- 1'000 Mio. Autokilometern oder
- 18'000 Personen in der Schweiz mit einem Durchschnittskonsum oder²⁰
- 4'300 t Rindfleischproduktion

Etwa die Hälfte dieser Reduktion wird im Ausland erzielt, beispielsweise mit dem Einsatz von Filtern für Schiffe auf Hochsee oder mit der Planung und Optimierung von Anlagen im Ausland (z.B. Anlagen für die Entnahme von atmosphärischem CO₂, Einsatz von Messinstrumenten zur Methan-Leckage-Detektion).

Kumuliert über die Zeit von heute bis im fünften Jahr könnte wahrscheinlich das 2- bis 3-fache der berechneten Wirkung für das 5. Jahr erwartet werden. Bei einem Teil der Projekte kann ein kontinuierlicher Zuwachs und Ausbau der Kapazitäten erwartet werden, bei anderen Projekten ein sprunghafter Anstieg und bei wieder anderen Projekten ein exponentielles Wachstum. Die kumulierte Wirkung von heute bis in fünf Jahren wurde jedoch nicht berechnet.

¹⁹ Auf die Darstellung der Wirkungsbeiträge pro Projekt wird zum Schutz der Geschäftsgeheimnisse der Projektträger verzichtet.

²⁰ Ein Mittelwert von 20 Mio. UBP pro Kopf und Jahr wurde mit einer Studie im Jahr 2011 für die Konsumperspektive Schweiz ermittelt, dabei wurde die ältere Version 2006 der Umweltbelastungspunkte verwendet. Mit der neuen Version Umweltbelastungspunkte 2021 und den erfolgten Anpassungen fällt die Bilanz höher aus. Es wird an dieser Stelle aufgrund der methodischen Anpassungen mit 26.3 Mio. UBP pro Kopf gerechnet.

D 5.6: Wirkungsbilanz ökologischer Nutzen, Prognose Reduktion Umweltbelastung pro Jahr (Projekte Entwicklungsstadien 4 und 5), n = 19


Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022. UBP2021 = Umweltbelastungspunkte berechnet mit der Methode der ökologischen Knappheit Version 2021 (Frischknecht et al. 2021).

Die Darstellung zeigt die Summe der reduzierten UBP über alle Projekte. Die Beiträge der einzelnen Projekte unterscheiden sich jedoch deutlich. Einerseits wird im betrachteten Zeitraum von sehr unterschiedlichen Mengen an implementierten Produkten oder verkauften Dienstleistungen ausgegangen, andererseits wird mit einem Produkt unterschiedlich viel Umweltbelastung reduziert. Es wurden jeweils ausgehend von den Angaben der Projektverantwortlichen Szenarien zur Umsetzung definiert und für die Hochrechnung der Einsparung im aktuellen Jahr und im fünften Jahr nach Abschluss des Projektes verwendet. Für die 19 Projekte nahe der Marktdiffusion in den Entwicklungsstadien 4 und 5 ergibt sich folgendes Bild:

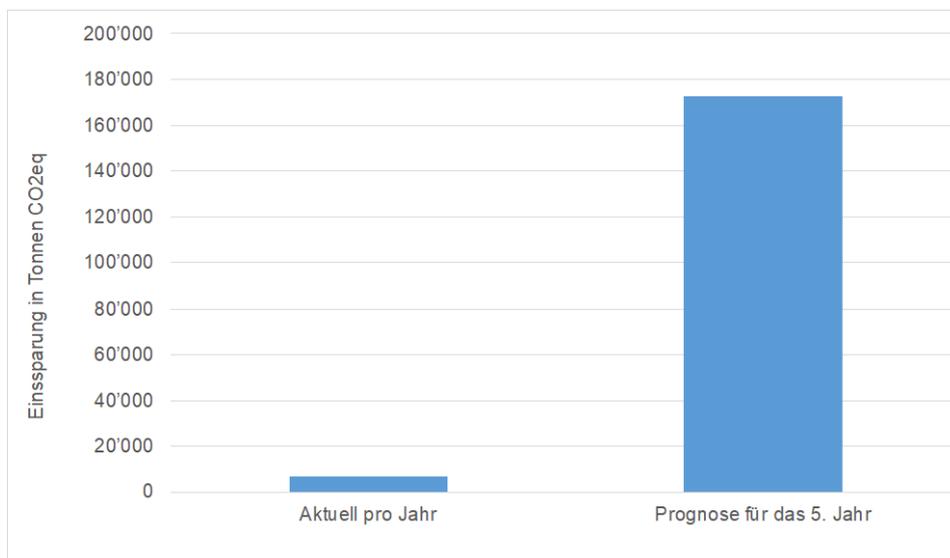
- 14 Projekte erzielen in fünf Jahren eine Reduktion der Umweltbelastung von insgesamt 480 Mrd. UBP pro Jahr.
- Von drei Projekten wird sich die Wirkung erst nach Ablauf der fünf Jahre entfalten. Dies betrifft vor allem Projekte mit indirekter Wirkung durch neue Messmethoden und Spezialfälle.
- Zwei Projekte können mangels Datengrundlagen nicht quantifiziert werden.

Je näher ein Projekt an einer Marktdiffusion ist, desto geringer ist das Risiko des Scheiterns und umso höher die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Skalierung. Deshalb wurde die berechnete Wirkung noch mit einem Wert für die Wahrscheinlichkeit der Umsetzung zwischen 0 und 100 Prozent multipliziert. Der Prozentsatz ist abhängig vom Entwicklungsstadium, den beschriebenen Hindernissen und von der aktuellen Planung. Nur bei bereits verbindlich geplanten Anlagen oder Produkten wurde die Wirkung mit 100 Prozent angerechnet.

Die folgenden Darstellungen zeigen das Ergebnis für die weiteren Indikatoren: Externe Kosten in CHF und Klima-Bilanz in Tonnen CO₂-eq. Die Ausprägung der einzelnen Beiträge zum Endergebnis unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung der verschiedenen Umweltauswirkungen. Die CO₂-Bilanz beschränkt sich auf den Aspekt des Klimawandels und blendet damit sämtliche weiteren Wirkungen, wie die Reduktion von

Schadstoffeinträgen in Böden, Gewässer und Luft sowie Ressourcenverbrauch und Aspekte der Landnutzung, aus. Mit den auf den Aspekt Klimaschutz ausgerichteten Projekten wird mit der geplanten Skalierung eine Einsparung von 170'000 t CO₂ im fünften Jahr erwartet (In- und Ausland). Dies entspricht etwa der Grössenordnung von 0,4 Prozent der Treibhausgasemissionen der Schweiz.

D 5.7: Wirkungsbilanz ökologischer Nutzen, Prognose Reduktion CO₂-Emissionen pro Jahr (Projekte Entwicklungsstadien 4 und 5), n = 19

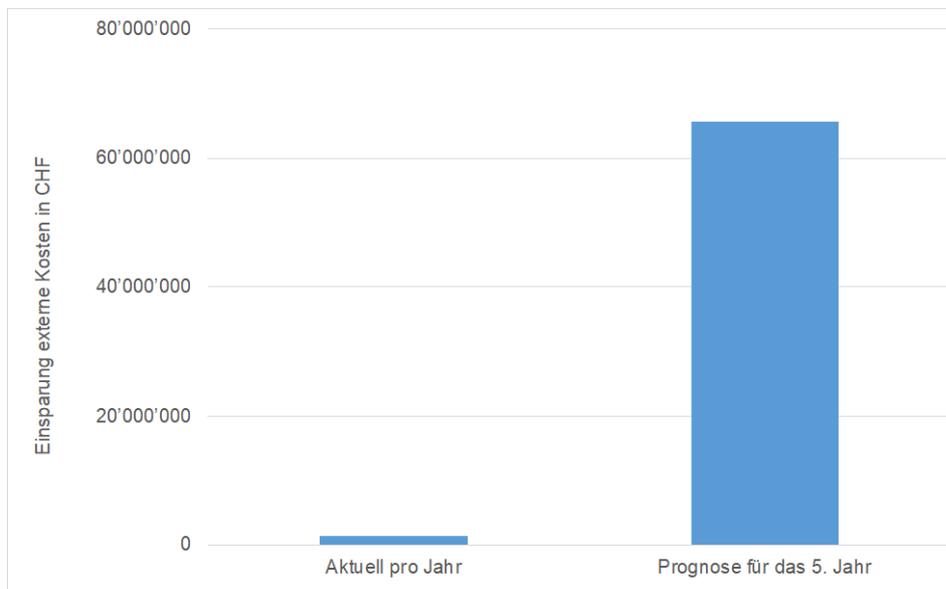


Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022.

In Franken ausgedrückt liegt die Reduktion der externen Kosten, die von der Allgemeinheit getragen werden, im 5. Jahr²¹ im Bereich von 66 Mio. Franken pro Jahr (vgl. Ausführungen zu den Berechnungen externer Kosten in Abschnitt A 4.2 im Anhang). Positive Veränderungen ergeben sich auf verschiedenen Ebenen: Zum Beispiel durch eine geringere Belastung mit Luftschadstoffen, was die Folgekosten für die Gesundheit reduziert, durch geringeren Ressourcenverbrauch und dadurch reduzierte Aufwände für deren Bereitstellung sowie geringeren Schäden an Ökosystemen durch einen weniger hohen Landbedarf, geringere Klimaemissionen und weniger unerwünschte Einträge von Nährstoffen in natürliche Ökosysteme.

²¹ Auch hier betrifft dies nur das 5. Jahr und *nicht* die kumulierte Wirkung der Jahre 1 bis 5.

D 5.8: Wirkungsbilanz ökologischer Nutzen, Prognose Reduktion externe Kosten pro Jahr (Projekte Entwicklungsstadien 4 und 5), n = 19



Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022.

Die Auswertungen zeigen, dass die *aktuelle²² Wirkung* des ökologischen Nutzens der 19 Projekte in den Entwicklungsstadien 4 und 5 mit einer Momentaufnahme zum Zeitpunkt des Projektabschlusses ohne eine Betrachtung der weiteren Schritte zur Skalierung sowohl bezüglich der Reduktion der UBP als auch betreffend CO₂-Emissionen und externer Kosten kaum messbar ist. Die Wirkung entwickelt sich mit den weiteren Schritten Richtung Markteintritt und -diffusion.

Die Prognosen zum potenziellen Nutzen *für das fünfte Jahr* zeigen den Effekt der geplanten Skalierung und ein positives Ergebnis für alle drei untersuchten Indikatoren. Der Beitrag der einzelnen Projekte im fünften Jahr unterscheidet sich stark. Das hat insbesondere damit zu tun, wie weit im betrachteten Zeitraum bereits Anlagen im Grossmassstab realisierbar sind oder ob bis dahin bereits eine namhafte Anzahl Produkte verkauft werden können. Zudem hängt es selbstverständlich auch davon ab, wie gross die Umweltwirkung pro verkaufte Einheit ist.

Es ist grundsätzlich anzunehmen, dass die Wirkung der Projekte mit zunehmender Marktdiffusion und Entwicklungsreife der Projekte steigt. Eine Berechnung über einen Horizont von fünf Jahren hinaus kann jedoch nur unter weiteren Annahmen und unter Zuhilfenahme von Szenarien vorgenommen werden. Damit steigt auch die Unsicherheit der Wirkungsbilanz. Eine Prognose mit der Ökobilanzierung über einen Horizont von fünf Jahren hinaus ist aus Sicht der befragten Experten-/innen und des Evaluationsteams nicht zielführend.

5.5.2 Gesamtpotenzial des ökologischen Nutzens, langfristige Perspektive für alle Projekte mit direkter und indirekter Wirkung

Das Ergebnis der Kurzzeitprognose ist stark geprägt vom Projektentwicklungsstadium und der damit kurzfristig ausschöpfbaren Reduktion der Umweltbelastung. Diese ist höher bei geringerer Entfernung zur Marktdiffusion. Nachfolgend wird deshalb eine semiquantitative Einschätzung zum langfristigen Potenzial des ökologischen Nutzens der Projekte

²² Momentaufnahme zum Zeitpunkt des Projektabschlusses.

unabhängig vom Zeitfaktor gemacht. Dies erfolgt über eine Gesamtbewertung des möglichen Beitrags zur Reduktion der Umweltbelastungen oder von Kostenfolgen von Umwelt Risiken.

Die folgende Darstellung zeigt die Einschätzung des Potenzials nach Projektabschluss mit einer Beurteilung des Wirkeffekts pro Einheit und der Skalierbarkeit. Basis für die Einschätzung bilden die Ergebnisse aus den Interviews zu Fragen der Skalierbarkeit und die Analysen der konkreten Wirkung pro Einheit mit der Methode der Ökobilanzierung. Ausschlaggebend für die Skalierbarkeit sind je nach Projekt:

- Stückzahl Neuanlagen/Bestand (z.B. Anzahl Fahrzeuge, Feuerungen, Betriebe mit Anlagen) in Abhängigkeit von der Marktsituation
- Verfügbarkeit benötigter Rohstoffe (Biomasse, nutzbare Abfälle, CO₂ für Karbonatisierung usw.)
- Möglicher Marktanteil einer Technologie (z.B. Dünger aus Urin: Einsatz beschränkt auf Neubauten oder bei grösseren/umfassenden Sanierungen bestehender Gebäude)
- Mögliche Hemmnisse (z.B. fehlende gesetzliche Vorgaben oder noch ausstehende notwendige Schritte für die Zulassung auf dem Markt)

Aus der Kombination Wirkeffekt und Skalierbarkeit eines Projektes ergibt sich das Fazit zum Gesamtwirkungspotenzial einer Reduktion der Umweltauswirkungen oder bei den Spezialfällen der Umweltrisiken, angegeben mit der Skala 1 bis 4 (1 = geringes Potenzial, 2 = mittleres Potenzial, 3 = grosses Potenzial, 4 = sehr grosses Potenzial). Die Einschätzung der verschiedenen Aspekte und die Kombination zu einem Fazit erfolgte durch die Ökobilanz-Experten/-innen im Evaluationsteam und basieren auf den im Rahmen der Interviews mit den Projektverantwortlichen erhaltenen Angaben, den Ergebnissen der Wirkungsbilanz und eigenen Recherchen.

D 5.9: Einschätzung zum Gesamtwirkungspotenzial: Art und Umfang des Effekts pro Bezugseinheit, Skalierbarkeit, Fazit zum Gesamtpotenzial

	Projekt	Entwicklungsstadium	Umweltbereich	Effekt, Einsparung pro Bezugseinheit	Skalierbarkeit	Fazit
Direkte Wirkung	XyloClean	3	Luftqualität	Hoch, Reduktion der PM Emissionen im Betrieb	Klein bis gross (Zahl Feuerungen), Voraussetzung ist eine Regulierungen	1-4
	Fireforce	4	Luftqualität, erneuerbare Energie	Hoch, Reduktion PM Emissionen und Ausbau erneuerbare Energie	Klein bis Mittel, offene Fragen für die Anwendung in Grossanlagen. Beschränkt verfügbare Biomasse.	1-4
	Recycling REE	3	Ressourcen	Fehlt, Umweltauswirkung Verfahren Aufwand grösser als Nutzen	Gross, eingesetztes Volumen seltener Erden	-
	Recarb	5	Ressourcen/Klima	Hoch, Speicherung CO2 und Reduktion Zement	Gross, Volumen Betonrecycling mit Potential für CO2 Speicherung	4
	Daphne	5	Luftqualität	Mittel, Reduktion SOx und NOx Emissionen im Betrieb (auf See weniger gravierend)	Gross, Anzahl Schiffe und gefahrene Kilometer global	3-4
	HighRAP Asphalt	5	Ressourcen	Gross, Ersatz Neumaterial	Mittel, zusätzlich nutzbare Fraktionen Ausbausphal	3
	P-Rückgewinn aus Klärschlamm	3	Ressourcen	Klein, eingestellt		-
	Viren und Nanopartikelfilter NanoCleanAir	5	Luftqualität	Hoch, Elimination Viren / nicht bestimmt übrige Umwelt, offene Fragen Einsatz	Klein bis gross	1-4
	INKoh Innovative Kohle aus Grüngut	5	Ressourcen/Klima	Hoch, Effekt Nutzung Abfallfraktion, Speicherung C	Mittel, beschränkt verfügbare Biomasse	3
	Helventomill	4	Ressourcen/Klima	Hoch, Nutzung Abfälle als Ressourcen, Ersatz CO2-intensiver Nahrungsmittel mit Mehlwurmwucht	Mittel, beschränkt verfügbare Biomasse	3
	Dünger aus Urin	5	Wasserqualität/ Ressourcen	Gross, Reduktion Einträge Gewässer N/P, Ersatz Kunstdünger	Klein bis gross, Umrüstung Infrastruktur Urin für Dünger, Potenzial Übertragbarkeit auf Gülle Landwirtschaft	2-4
	CO2 Climeworks	5	Klima	Gross, Senkenleistung CO2	Mittel bis gross, Nutzen abhängig von Verfügbarkeit erneuerbare Energie und passende geologische Standorte, offene Fragen Skalierbarkeit	3-4
Heisswasser statt Glyphosat	4	Bodenqualität/ Wasserqualität	Klein, Aufwand Verfahren vergleichbar wie Glyphosat -> aber Erkenntnisse Optimierung Pflanzenschutz	Mittel, beschränkte Möglichkeiten Anwendungen Gleisbereich	2	
Indirekte Wirkung	CoPyKu	4	Ressourcen/Klima	Hoch, Nutzung Abfallfraktion, Senkenleistung CO2	Mittel, beschränkt verfügbare Biomasse	3
	Ökohof	4	Ressourcen/Klima	Nicht bestimmt, nicht auswertbar	Mittel, beschränkt auf Standorte mit Recyclinghöfen	0-2
	Restgitterzerkleinerer	5	Ressourcen/Klima	Nicht bestimmt, fehlende Daten, mögliche Reduktion Legierungsmetalle	Mittel, abhängig von Abnehmern mit gezieltem Einsatz sortenreiner Fraktionen	1-3
	Proxipel	5	Ressourcen/Klima	Gross, Ausbau erneuerbarer Energie	Mittel, beschränkt verfügbare Biomasse	3
	Räuchern ionisierter Rauch	5	Luftqualität/ Ressourcen	Mittel, PM Emissionen / Ressourcen	Klein bis mittel, beschränkt Zahl Anlagen und Einsatz, Qualitätsanforderungen	1-2
	P-Recycling aus Klärschlamm ARA Thun	3	Ressourcen	Mittel, Nutzen Rückgewinn Phosphor	Klein bis gross, abhängig von Einsatz und Rahmenbedingungen	1-4
	Partektor - Feldmessgerät zur Partikelanzahlmessung	5	Luftqualität	Mittel, PM Emissionen Früherkennung defekter Geräte	Gross, Annahme Voraussetzung dazu gesetzlicher Rahmen	3
	Detection fuite de gaz	5	Klima	Gross, Reduktion Methanemissionen	Gross, Industrie und Gasversorger global	4
Plair	5	Luftqualität	Unbekannt, Einsatz und Nutzen offen	Klein bis gross, abhängig von Einsatz und Rahmenbedingungen	1-4	

Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022. Legende: 1 = geringes Potenzial (hellblau), 2 = mittleres Potenzial (hellgrün), 3 = grosses Potenzial (grün), 4 = sehr grosses Potenzial (dunkelgrün). Fett hervorgehobene Projekte werden in Abschnitt A 1 im Anhang als Fallstudien im Detail beschrieben.

Projekte mit einem grossen Gesamtpotenzial können sowohl in der Gruppe mit direkter als auch in der Gruppe mit indirekter Wirkung identifiziert werden. In beiden Gruppen gibt es Einzelfälle von Projekten, die den erwarteten Beitrag zum Umweltschutz nicht

leisten oder nur durch weitere Optimierung leisten könnten. Diese Projekte sind durch hellblaue Färbung der letzten Spalte hervorgehoben. Das Risiko, die Zielsetzung betreffend Impact schliesslich nicht zu erreichen und keinen ökologischen Nutzen zu generieren, ist bei Projekten im Entwicklungsstadium 2 «Angewandte Forschung» und 3 «Labor-Prototyp» höher als bei Projekten, die näher an der Marktdiffusion stehen. Bei den Projekten mit einer indirekten Wirkung, wo der konkrete Einsatz der Technologie noch nicht klar identifizierbar ist, ist das Fazit zum Potenzial (letzte Spalte) deshalb mit grossen Unsicherheiten behaftet. Dies insbesondere dann, wenn die Messmethode und Verfahren noch in der Entwicklung sind und für ihren konkreten Einsatz noch keine spezifischen Angaben gemacht werden.

5.5.3 Ergebnisse Spezialfälle

Das Wirkungspotenzial der Spezialprojekte kann nur beschränkt mit einer Ökobilanz erfasst werden. Bei den im Rahmen dieser Evaluation genauer untersuchten Spezialfällen steht die Vermeidung von Risiken von Naturgefahren und von Gesundheitsrisiken im Fokus. Meist ergibt sich indirekt ein zusätzlicher ökologischer Nutzen durch einen geringeren Aufwand zur Wiederherstellung und zum Schutz der Infrastruktur. Dies ist der Fall bei den Projekten zur Entwicklung einer Messmethodik von Geschiebe wie «Sismoriv» und bei Früherkennungssystemen wie dem «Felssturzmonitoring». Eine Bewertung des Potenzials einer Früherkennung und Vermeidung von Schäden kann hier in erster Linie auf der Ebene der Kosten für Prävention und Wiederherstellung in Franken beurteilt werden. Illustriert wird dies durch das Fallbeispiel des Projekts «Sismoriv» in Abschnitt A 1.12 im Anhang.

D 5.10: Einschätzung zum Gesamtwirkungspotenzial Spezialfälle: Art und Umfang des Effekts pro Bezugseinheit, Skalierbarkeit, Fazit zum Gesamtpotenzial

	Projekt	Entwicklungsstadium	Umweltbereich	Effekt, Einsparung pro Bezugseinheit	Skalierbarkeit	Fazit
Spezialfälle	Sismoriv	2	Umweltrisiken	Unbekannt, Einsatz und Nutzen offen	Offen	1-4
	Felssturzmonitoring	3	Umweltrisiken	Unbekannt, Einsatz und Nutzen offen	Offen	1-4
	Clean-City-Management	5	Ressourcen/Klima	Mittel, Effizienzsteigerung der Stadtreinigung, Energie/Wasser	Mittel, Einsatz in grösseren Städten	2

Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022. Legende: 11 = geringes Potenzial (hellblau), 2 = mittleres Potenzial (hellgrün), 3 = grosses Potenzial (grün), 4 = sehr grosses Potenzial (dunkelgrün).

Die berechneten Potenziale ergeben eine grosse Bandbreite: Vor allem bei den ersten beiden Spezialfällen, die sich in einem tiefen Entwicklungsstadium befinden, kann wegen des noch nicht klar definierten Einsatzgebietes (Zielgruppe) keine Aussage zur Gesamtbewertung gemacht werden.

5.6 Wirkung im Verhältnis zum Förderaufwand

Summiert ergibt sich aus der Analyse der 25 Projekte die nachfolgende Bilanz zwischen den Investitionen durch die UTF in Form der gesprochenen Fördergelder²³ und dem berechneten ökologischen Nutzen aus der Prognose der Wirkung im 5. Jahr nach Abschluss der Projekte:

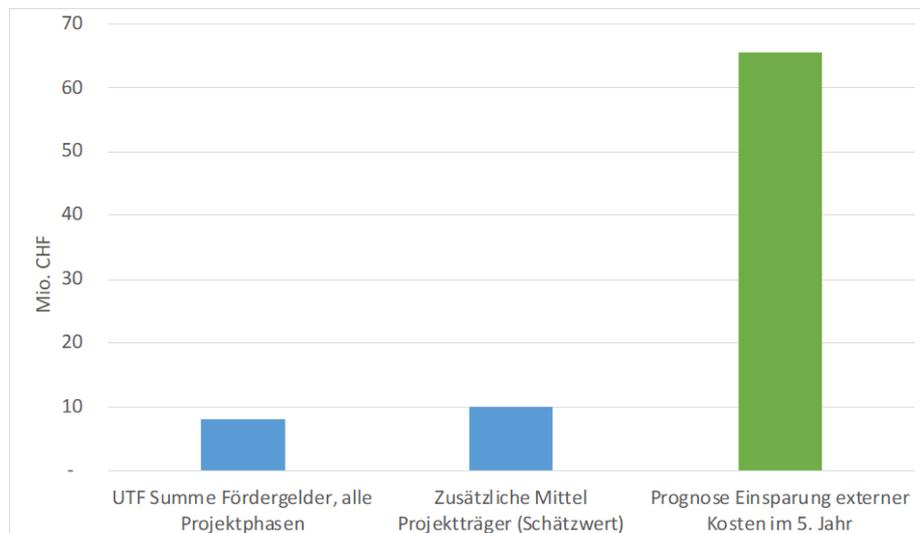
²³ Die 25 Projekte wurden mit total 8,1 Mio. Franken durch die UTF unterstützt.

- Reduktion im 5. Jahr: 59'000 UBP pro Franken UTF-Förderbeitrag
- Reduktion im 5. Jahr: 8 Franken externe Kosten pro Franken UTF-Förderbeitrag

Der Nutzen wird pro Franken UTF-Förderbeitrag berechnet. Eine andere Vergleichsgrösse könnte das Gesamtprojektbudget (UTF-Fördergelder plus Investitionen durch die Projektträger und Dritte) sein. Das geplante Gesamtbudget wäre zwar in den Vertragsdokumenten aufgeführt und würde aufgrund der Eigenmittelvorgaben mindestens das Doppelte des Förderbetrags umfassen. Die Interviews zeigten jedoch, dass oft im Projektverlauf noch mehr Eigenmittel oder Eigenleistungen in die Projekte investiert wurden als ursprünglich vorgesehen. Weil dazu keine Zahlen vorliegen, wird der Nutzen nur ins Verhältnis zur bekannten Höhe der UTF-Förderbeiträge in Bezug gesetzt.

Über alle Projekte betrachtet kann man heute aufgrund des ermittelten Wirkungspotenzials für das fünfte Jahre ab heute sagen, dass nach dieser Zeitspanne jährlich achtmal mehr externe Kosten gespart werden als Fördergelder investiert wurden. Diese Berechnung verwischt die Tatsache, dass bei dem Teil der Projekte, die weiter entfernt von einer Marktdiffusion stehen, erst dem Zeithorizont von fünf Jahren eine Wirkung zu erwarten ist. Die folgende Darstellung zeigt die getätigten Investitionen und die Prognose der jährlich erzielbaren Reduktion der externen Kosten über die Summe aller 25 analysierten Projekte ab dem 5. Jahr. Basis für diese Berechnung ist die erwartete Wirkung (Nutzen) nach fünf Jahren.

D 5.11: Investition gegenüber erwarteten Einsparungen externer Kosten, Prognose Einsparung im 5. Jahr



Quelle: Darstellung Carbotech, basierend auf Projektunterlagen BAFU und Interviews mit Projektverantwortlichen im März/April 2022. Legende: Zusätzliche Mittel Projektträger = nur die im Projektvertrag deklarierten Beiträge der Projektträger und Dritter. In vielen Fällen investieren die Projektträger im Projektverlauf zusätzliche Mittel (Eigenmittel, Eigenleistungen oder Drittmittel). Diese werden hier nicht berücksichtigt, da die Datengrundlage fehlt.

Eine Wirkungsanalyse in der hier präsentierten Form mit konkreten Fallbeispielen und einer Fünf-Jahres-Prognose erlaubt einen Einblick und ein besseres Verständnis der Wirkung der UTF. Dies gilt insbesondere für die Projekte, die sich in einem Entwicklungsstadium nahe an der Marktdiffusion befinden. Die Ergebnisse können für die Kommunikation zur Förderung und Illustration der erzielten Wirkung verwendet werden. Ein Gesamtbild der langfristigen Perspektive und entsprechender qualitativen Einschätzung der potenziellen Gesamtwirkung zeigt die Beurteilung des Potenzials der Projekte in Abschnitt 5.5.2.

5.7 Kritische Reflexion der Wirkungsanalyse

Die folgenden Ausführungen sind gegliedert in die Inputs aus den Expertengesprächen und die Erkenntnisse des Evaluationsteams aus der Wirkungsanalyse der 25 vertieft untersuchten Projekte.

5.7.1 Experten-Inputs

Für eine zusätzliche externe Sicht auf die Wirkungsermittlung wurden mit einer Expertin und zwei Experten ein Gespräch zur Validierung der Ergebnisse geführt (vgl. Abschnitt 1.4.7 «Validierung mit Experten/-innen»). Die Inputs und Einschätzungen dieser Personen werden nachfolgend zusammengefasst im Sinne einer kritischen Reflexion.

I Gesamtpotenzial und Vorsicht bei Direktvergleichen

Die Fünf-Jahres-Prognose für die Wirkung zeigt einen positiven Trend, was den Nutzen der Technologien betrifft. Für eine Gesamtbetrachtung ist ergänzend eine längerfristige Perspektive mittels semiquantitativer Einschätzung zum Gesamtpotenzial zweckmässiger. Eine errechnete Bilanz über den Zeithorizont von fünf Jahren hinaus, beispielsweise zur Ermittlung der Wirkung in zehn Jahren, ist mit sehr viel Annahmen zur Marktdurchdringung und damit mit einer zu grossen Unsicherheit verbunden und deshalb wurde darauf verzichtet.

Heikel ist es, wenn Projekte miteinander verglichen werden, die sich in einem sehr unterschiedlichen Entwicklungsstand befinden. Bei einem Projekt im Entwicklungsstadium 3 «Labor-Prototyp» ist nicht zu erwarten, dass in fünf Jahren bereits ein Effekt messbar ist. Auch müssen für eine Prognose deutlich mehr Annahmen getroffen werden als bei einem Projekt kurz vor Markteinführung. Ein möglicher Ausweg aus diesem Dilemma wäre, pro Projekt ein Gesamtwirkungspotenzial eher qualitativ einzuschätzen: Was wäre das maximale Potenzial, wenn sich alles günstig entwickelt? Dieses Gesamtpotenzial bietet einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der Relevanz eines Lösungsansatzes (Produkt oder Dienstleistung). Folglich würden die Projekte, trotz unterschiedlicher Entwicklungsstadien, in ihrer potenziellen Wirkung vergleichbarer. Eine Einschätzung dieses Gesamtwirkungspotenzials wurde für die 25 Projekte im Abschnitt 5.5.2 vorgenommen.

I Beitrag zum Gesamtsystem

Von zwei Experten wurde vorgeschlagen, bei der Wirkungsbeurteilung die Systemrelevanz eines Produkts oder einer Dienstleistung zu berücksichtigen. Für die Beurteilung (bspw., ob Fördergelder gesprochen werden) müsste es eine Rolle spielen, ob das Projekt im Sinne einer nachgeschalteten Massnahme nur eine «end-of-pipe»-Situation verbessert (z.B. das Projekt «Daphne» mit Schiffabgasfiltern) oder auf vielen Ebenen positive Effekte hat und damit einen integrierten Umweltschutzansatz verfolgt.

Ein möglicher Indikator zur Erfassung der Systemrelevanz könnten die Sustainable Development Goals (SDG der UN-Agenda 2030²⁴) sein. Die Frage müsste lauten, zu wie vielen SDG ein Projekt einen positiven Beitrag leistet. Die Experten/-innen betonten, dass alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (gesellschaftliche, ökologische und ökonomische) explizit bei der Beurteilung der Wirkung und bei den Kriterien zur Gewährung der Finanzierung zu berücksichtigen seien. Zudem müssten bei einer Systembetrachtung auch allfällige Zielkonflikte und Konkurrenzsituationen (z.B.: Für welche Anwendungen soll

²⁴ 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung: <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html>, Zugriff am 27.05.2022.

langfristig die begrenzt verfügbare Biomasse zur Verfügung stehen?) berücksichtigt werden.

Die Experten/-innen in der Begleitgruppe wiesen darauf hin, dass das generelle Capacity Building, das Schaffen von Know-how unter den Akteuren, eine wichtige übergeordnete Wirkung der UTF sei. Die UTF habe über die Jahre dazu beigetragen, dass überhaupt erst Projekte an der Schnittstelle von Umweltschutz, Forschung und Wirtschaft entstanden seien. Dieser Aspekt stand nicht im Fokus der Evaluation, ist jedoch eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche UTF-Projekte.

I Zielgruppen-Erreichung wichtig

Qualitative Informationen zur Zielgruppen-Erreichung sollten stärker in den Vordergrund gerückt werden. Denn vor allem wenn für eine Wirkungsentfaltung eine Verhaltensänderung bei einer Zielgruppe notwendig ist, sind die Kenntnisse der Bedürfnisse der Zielgruppe und deren Erreichung fundamental wichtig. Ein Produkt oder eine Dienstleistung kann die Wirkung nur entfalten, wenn es oder sie von der Zielgruppe akzeptiert und schliesslich eingesetzt oder in Anspruch genommen wird. Um diese Thematik differenzierter zu beleuchten, könnten die Projekte gemäss Aussage eines Experten auch gruppiert werden in:

1. Projekte, die eine rein technische Lösung anbieten, die bei entsprechender Zahlungsbereitschaft einfach gekauft werden kann (z.B. Climeworks CO₂-Sequestrierung oder Fireforce-Technologie für Holzfeuerungen), aber keine/wenig Verhaltensänderung bedingen.
2. Projekte, die gesellschaftlicher oder sozialer Veränderungen bedürfen, damit die Nachfrage steigt (z.B. bei Dünger aus Urin oder Helventomill mit Nahrungs- oder Futtermittel aus Insekten).

Marketing- und Kommunikationsaktivitäten sind für die Wirkungsentfaltung wichtig. Die Experten/-innen sehen es als sinnvollen Ansatz, von den Projektträgern in den Gesuchen Aussagen dazu zu verlangen.

5.7.2 Reflexion des Evaluationsteams

Rückblickend kann festgehalten werden, dass die quantitative Wirkungsermittlung der UTF-Projekte aufwändiger war als erwartet. Gründe dafür sind:

- Bei den Projektträgern lagen weniger Daten zu Material- und Energie-Input sowie Produkt-Output vor als erwartet.
- Diverse Daten mussten nachträglich noch eingefordert werden, weil sie nicht in der ersten Datenlieferung vorhanden waren.
- Weil weniger Daten vorlagen, mussten mehr Annahmen getroffen werden. Die Annahmen müssen jedoch plausibel sein, was jeweils mehr oder weniger aufwändige Recherchen bedingt.

Dennoch bleiben die errechneten Zahlen mit Unsicherheiten behaftet. Dies hat damit zu tun, dass auch Projekte im Entwicklungsstadium 4 «Pilot- und Demonstrationsprojekt» (insg. 5 Projekte im Stadium 4 gemäss Abstufung in Abschnitt 5.3) mit ihren Produkten oder Dienstleistungen noch relativ weit vom Markteintritt entfernt sind. Damit erhöht sich der Unsicherheitsfaktor insbesondere in Bezug auf die Annahmen zur Marktdiffusion (Wie viele Produkte, Anlagen, Dienstleistungen können bis in fünf Jahren verkauft werden?).

Mit zunehmender Reife der Technologie wird eine quantitative Beurteilung mit der Methode der Ökobilanzierung als Nachweis der positiven Umweltwirkung der UTF-Förderung als sinnvoll erachtet. Bei einem Teil der Projekte wurden zur Absicherung der angestrebten Wirkung, teilweise aber auch zur laufenden Prozessoptimierung sowie zu Kommunikationszwecken, bereits eigene Analysen durchgeführt. Beispiele dafür sind die Projekte ARA-Thun, CO₂-Climeworks oder Heisswasser als Ersatz von Glyphosat, bei denen Ökobilanz-Analysen vorlagen.

Eine Grobeinschätzung, wie sie im Abschnitt 5.5.2 mit dem «Potenzial ökologischer Nutzen» erarbeitet wurde, eignet sich für den Impact-Vergleich von Projekten in sehr unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

5.8 Fazit zum Outcome der Umwelttechnologieförderung

In diesem Abschnitt beantworten wir die Evaluationsfragen zu den Wirkungen der UTF.

I Evaluationsfrage 2.4: Wie ist die Umweltwirkung einzelner Projekte zu beurteilen? (Modul 2b)

Die Umweltwirkungen der einzelnen Projekte variieren stark, insbesondere betreffend prognostizierte Wirkung in fünf Jahren. Gründe sind das sehr unterschiedliche Gesamtpotenzial, das Entwicklungsstadium der Produkte oder Dienstleistungen, aber auch die unterschiedliche Abhängigkeit von Investitionszyklen. Wenn beispielsweise eine Technologie oder ein Produkt an Infrastrukturanlagen zum Einsatz kommen soll, diese Infrastrukturen jedoch sehr lange Erneuerungszyklen haben, dauert es möglicherweise mehr als fünf Jahre, bis die ersten Anlagen installiert werden können.

Was die vorgelagerten Elemente im Wirkungsmodell betrifft (vgl. Abschnitt 5.4), fällt die Beurteilung aus Sicht des Evaluationsteams grundsätzlich positiv aus. Als besonders relevant für die Skalierung der Projekte ist die Organisation der Projektträger, wobei insbesondere die Gewinnung von geeigneten Industriepartnern zentral ist. Eher kritisch beurteilt wird der Aspekt, dass die Zielgruppen teilweise ungenügend definiert sind. Entsprechend bleiben Aussagen zur Zielgruppen-Erreichung, möglichen Verhaltensänderungen, aber auch zur Auswahl geeigneter Kommunikationsmassnahmen vage.

I Evaluationsfrage 2.5: Welche Cluster können sinnvollerweise gebildet werden und was sagen sie über die Umweltwirkung aus? (Modul 2b)

Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse der 25 Projekte und die zehn Fallstudien zeigen, dass drei Gruppen von Projekten unterschieden werden können:

- Projekte mit klarer Baseline (direkte Umweltwirkung)
- Projekte mit ungefährer Baseline (indirekte Umweltwirkung)
- Spezialfälle (Themenbereiche wie Gesundheit oder Naturgefahren)

Diese Gruppen müssen methodisch unterschiedlich angegangen werden. Bei den Projekten mit klarer Baseline ist eine Ökobilanzierung für Aussagen zur Umweltwirkung geeignet, dies gilt auch für einen Grossteil der Projekte mit ungefährer Baseline. Wobei bei Letzteren ein grösserer Aufwand bezüglich Datenerhebung zu erwarten ist.

Die Spezialfälle benötigen eine andere Bezugsgrösse und Basis für die Bewertung der Wirkung, als die Ökobilanzierung sie bietet. Dazu erscheint die Betrachtung von Kosten für die Vermeidung von Risiken und von reduzierten Schadenskosten sinnvoll.

Innerhalb dieser drei Gruppen wird eine Clusterbildung vor allem in Bezug auf die Markt-reife als sinnvoll erachtet. Denkbar ist ein Cluster 1 für frühe Entwicklungsstadien mit den Abstufungen:

- a) Grundlagenforschung (wobei die UTF nicht das Förderinstrument für die Grundlagenforschung ist)
- b) Angewandte Forschung
- c) Labor-Prototyp

Aufgrund der Entwicklungsstufe sind für Projekte in diesem Cluster bei einer Messung zum Zeitpunkt «Projektabschluss» kaum Umweltwirkungen zu erwarten. Auch wenn möglicherweise das Gesamtwirkungspotenzial gross ist (vgl. nächster Abschnitt).

Ein Cluster 2 ist für fortgeschrittenere Entwicklungsstadien mit folgender Abstufung denkbar:

- a) Pilot- und Demonstrationsprojekt
- b) Markteinführung
- c) Marktdiffusion (wobei die UTF nicht das Förderinstrument für die Marktdiffusion ist)

Aufgrund der Entwicklungsstufe sind für Projekte in diesem Cluster messbare und im Zeitraum von fünf Jahren grössere Umweltwirkungen zu erwarten als im Cluster 1 und eine Ökobilanzierung eignet sich als Methode (ausser bei den Spezialfällen). Bei Projekten mit direkter Umweltwirkung zu Beginn der Marktdiffusion sind bis in fünf Jahren die grössten positiven Umweltwirkungen zu erwarten, bei Spezialfällen im Stadium der angewandten Forschung die geringsten.

I Evaluationsfrage 2.6: Inwiefern kann von verschiedenen Gruppen von Projekten (Clustern) auf eine aggregierte allgemeinere Umweltwirkung der UTF geschlossen werden? (Modul 2b)

Die Bandbreite der Wirkungen innerhalb von möglichen Clustern (vgl. Evaluationsfrage 2.5) ist sehr gross. Der Erfolg der einzelnen Projekte beruht auf einer Reihe unterschiedlicher Einflussfaktoren. Es konnten bei den Projekten mit ähnlich hohen positiven Umwelteffekten keine sich wiederholenden Aspekte identifiziert werden. So können zum Beispiel zwei ähnliche Technologien einen ähnlichen Effekt haben. Aber bedingt durch die Verfügbarkeit von Ausgangsmaterialien oder wegen der Skalierbarkeit der Anwendung weist eine davon ein viel geringeres Potenzial auf als die andere.

Es hat sich kein Ansatz für ein vereinfachtes Verfahren für eine Wirkungsermittlung innerhalb von Clustern aus den ausgeführten Analysen ergeben.

Für einen Vergleich der Umweltwirkung über alle Projekte in unterschiedlichen Entwicklungsstadien bietet sich eine semiquantitative Einschätzung zum Gesamtwirkungspotenzial an. Dabei wird der Umfang der Wirkung pro Einheit (Effekt) und die Skalierbarkeit des Projektes analysiert und daraus ein Fazit (Gesamtwirkungspotential) hergeleitet. Die Einschätzung der verschiedenen Aspekte und die Kombination zu einem Fazit erfolgte für die vorliegende Evaluation durch die Ökobilanz-Experten/-innen im Evaluationsteam. Alternativ könnten solche Einschätzung auch systematisch unter Einbezug mehrerer Experten/-innen erarbeitet oder verifiziert werden.

I Evaluationsfrage 2.7: Welches sind relevante Kontextfaktoren? (politisches, sozioökonomisches Umfeld) (Modul 2b)

Der Erfolg der Projekte wird stark durch das politische und sozioökonomische Umfeld geprägt. Teilweise sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen und noch nicht vorhandenen Regelungen, zum Beispiel für die Zulassung für Lebensmittel oder Dünger, ein Hindernis für den direkten Einsatz einer Technologie. Bei Messgeräten spielt auch die (teilweise kosten- und zeitintensive) Zertifizierung eine wichtige Rolle. Umgekehrt wären für

gewisse Produkte oder Dienstleistungen gesetzliche Vorgaben notwendig, um deren Einsatz voranzubringen. Denn rein ökonomisch betrachtet bilden sie bei aktueller Gesetzeslage keinen Business Case. Soziale Faktoren wurden vor allem thematisiert, wenn für einen breiteren Einsatz eines Produkts Systemanpassungen notwendig wären: zum Beispiel bei Insekten als Fleischersatz oder Urin als Ausgangsstoff für Dünger.

Die Auswertung der 25 Interviews zeigt die relevanten Kontextfaktoren aus Sicht der Projektverantwortlichen (Klammer Anzahl Nennungen):

- Regulativer Kontext, fehlende regulative Rahmenbedingungen (23) → Wenn es zusätzliche Regulierung geben würde, würde dies einen Markt für das Produkt/die Dienstleistung schaffen oder es preislich attraktiver machen.
- Ukraine-Krise und steigende Energiepreise (11) → Die steigenden Preise für Erdgas und Heizöl wirken sich einerseits positiv aus, weil sie die Nachfrage nach nicht-fossilen Alternativen stärken. Sie wirken sich jedoch auch negativ aus, weil auch für viele anderen Materialien, die für die Erstellung und Nutzung der Produkte relevant sind, die Preise steigen.
- Konkurrenz auf dem Markt mit ähnlichen Lösungsansätzen (5) → Je nach Projekt wird Konkurrenz positiv beurteilt, weil es die Entwicklung voranbringt und den Lösungsansatz bekannter macht. Andere sehen die Konkurrenz eher negativ, vor allem wenn die Nachfrage (noch) klein ist.
- Pandemie und öffentliches Bewusstsein (4) → Der stärkere Fokus auf die regionale Wirtschaft und die Autonomie vom Ausland begünstigen Schweizer Entwicklungen, zudem ist das Bewusstsein für Gesundheitsrisiken gestiegen.
- Öffentliches Beschaffungswesen und Labels im Baubereich (4) → Durch die Nachfrage der öffentlichen Hand und die Standardisierung über Labels entwickelt sich der Markt für ökologischere Alternativen weiter, was beispielsweise zu Kostensenkungen führen kann.

I Evaluationsfrage 2.8: Evaluationsfrage: Was beeinflusst die Umsetzung beziehungsweise den Erfolg eines UTF-Projektes auf dem Markt? (Modul 2b)

Auf die Frage, was die Umsetzung beziehungsweise den Erfolg der geförderten Produkte oder Dienstleistungen am Markt massgeblich beeinflusst, wurden in den Interviews mit Abstand am häufigsten die (noch) zu hohen Gesamtkosten für die Produkte und Dienstleistungen genannt. Wenn eine Kostenreduktion nicht absehbar ist, würde ein Markt erst entstehen, wenn neue Regulierungen den Einsatz der Produkte mit geringerer Umweltwirkung nötig machen würden. Weitere relevante genannte Hürden sind der Mangel an Fachkräften. Wichtige Voraussetzung für den Projekterfolg sind auch geeignete Industriepartner sowie etablierte bestehende Kontakte im Markt. Schliesslich spielt der Platzbedarf, die Suche nach geeigneten Standorten und die Logistik, die mit der Technologie zusammenhängt, eine wichtige Rolle.

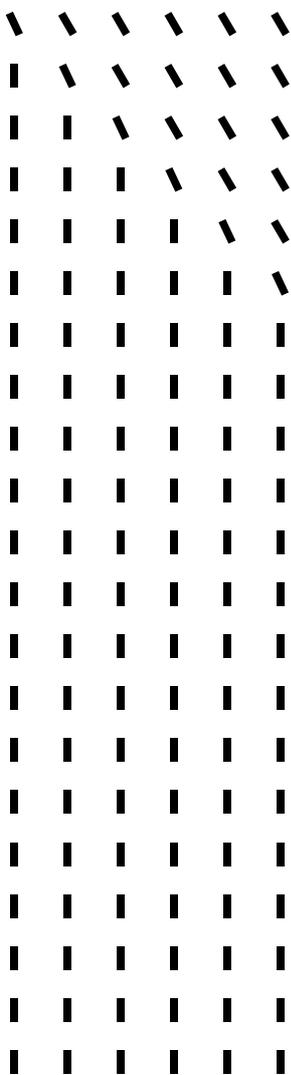
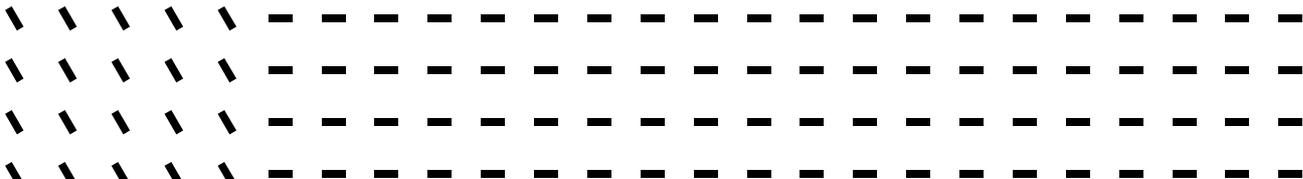
I Evaluationsfrage 2.9: Wie werden zukünftige Wirkungspotenziale der Projekte eingeschätzt? (Modul 2b)

Eine Extrapolation der detailliert berechneten Resultate der Ökobilanzierung auf einen Horizont von mehr als fünf Jahre hinaus wird als zu wenig aussagekräftig betrachtet. Für eine langfristige Prognose sind die Unsicherheiten der notwendigen Annahmen insbesondere dazu, wie stark das Produkt nachgefragt, gekauft oder eingesetzt wird, zu gross. Insbesondere für die Projekte nahe an der Marktdiffusion wird die Analyse der Wirkung mit einem Horizont von fünf Jahren auf Basis einer Ökobilanz als sehr hilfreiche und nützliche Grösse für die Kommunikation und Beurteilung zur Wirkung der UTF eingeschätzt. Die so ermittelte (Umwelt-)Wirkung kann als Leistungsnachweis für die Investitionen der UTF betrachtet werden.

Die langfristigen Gesamtpotenziale wurden semiquantitativ abgeschätzt. Dies erfolgte auf Basis der Wirkung pro Einheit oder Anwendung, mit einer vereinfachten Ökobilanz, sowie einer Beurteilung der Skalierbarkeit mit einer Abschätzung betreffend Übertragbarkeit (z.B.: Kann die Technologie nicht nur auf der Baustelle, sondern auch im Strassenverkehr angewandt werden?) und Verfügbarkeit der Rohstoffe (z.B. Restriktionen in der Verfügbarkeit der notwendigen Biomasse).

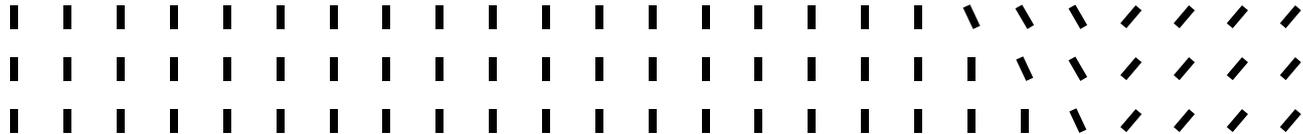
Die Beiträge der Projekte zu anderen Zielsetzungen wurden für die zehn Fallstudien qualitativ dargestellt (vgl. Abschnitt A 1 im Anhang). Es wurde jedoch beispielweise nicht ermittelt, zu welchen Zielen für eine nachhaltige Entwicklung der UNO (SDG) die Projekte einen Beitrag leisten. Gemäss den befragten Experten/-innen könnte der Einbezug der SDG in der Bewilligungsphase dazu beitragen, insbesondere systemorientierte Innovationen zu unterstützen, die auf verschiedenen Ebenen positiv zum Gesamtsystem einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft beitragen.

Die Analysen zeigen, dass die Umweltwirkung der geförderten Projekte in der Regel ermittelt werden kann. Zudem konnte gezeigt werden, dass mit der UTF eine positive Umweltwirkung erzielt und die dadurch reduzierten externen Kosten um ein Vielfaches höher liegen als die investierten Fördergelder. Unsere Empfehlung in Abschnitt 6.2.4 zeigen auf, wie der Outcome verbessert werden kann.



6. Synthese und Empfehlungen

Nachfolgend finden sich die Erkenntnisse zu den übergeordneten Evaluationsfragen und die Empfehlungen zur Optimierung des Vollzugs sowie zur stärkeren Wirkungsorientierung der UTF.



6.1 Fazit zu den übergeordneten Evaluationsfragen

In diesem Abschnitt beantworten wir die übergeordneten Evaluationsfragen, die sich auf die UTF als Ganzes beziehen und nicht einem der vorgängigen Kapitel zugeordnet wurden.

I Evaluationsfrage 1.1b): Eignet sich das Instrument (UTF) und werden die Ziele der UTF erreicht?

Die UTF kann als Instrument beurteilt werden, das geeignet ist, Produkte und Dienstleistungen mit einem positiven Umweltbeitrag näher an die Marktreife zu bringen. Es füllt eine Lücke bei der Start-up-Förderung, weil die UTF auch für Unternehmen ohne Forschungspartner zugänglich ist. Die UTF ist niederschwellig erreichbar auch für KMU, die kaum freie Ressourcen für das Erarbeiten von Gesuchen haben. Ein grosser Teil der Ziele der UTF wird damit erreicht.

Allerdings scheinen viele UTF-Projekte weiter weg von der Marktdiffusion zu sein, als dies aufgrund der Selbstpositionierung der UTF zu erwarten wäre. Dies zeigt sich beispielsweise an der über die gesamte Programmlaufzeit sehr tiefen Rückzahlungsquote. Gemäss einer Analyse aus dem Jahr 2018 war nur rund ein Sechstel der geförderten Projekte kommerziell erfolgreich, so dass eine Rückzahlung fällig wurde. Die Interviews zeigten jedoch, dass ein Konsens darüber besteht, dass eine UTF-Förderung auch im Bereich der angewandten Forschung und bei Labor-Prototypen als Grundlage für die angestrebten Veränderungen wesentlich ist. Denn für diese Entwicklungsstadien gibt es für Unternehmen ohne Anbindung an eine Universität sonst kaum Förderinstrumente.

Die UTF kann in gewissem Sinne auch als Lösungsgenerator für das BAFU im Hinblick auf geplante oder absehbare neue Regulierungen gesehen werden. Beispiel dafür ist die Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm, für die erst noch Prozesse, die in Industriemasstab angewandt werden können, entwickelt werden müssen. Wenn jedoch in UTF-Projekten Produkte oder Dienstleistungen entwickelt werden, die erst einen Business Case ergeben, wenn eine neue, noch nicht umgesetzte und in einzelnen Fällen eine noch nicht aufgelegte Regulierung in Kraft tritt, erstaunt es nicht, dass sie kommerziell (noch) nicht erfolgreich sind.

Generell ist es jedoch zu begrüßen, dass auch Produkte und Dienstleistungen gefördert werden, die vielleicht nie einen Business Case ergeben werden. Bei der Umwelt handelt es sich um ein öffentliches Gut und für Produkte und Dienstleistungen zur Reduktion der Umweltbelastung besteht oft keine Zahlungsbereitschaft. Entsprechend ist positiv zu werten, dass die UTF auch Projekte fördert, bei denen der Umweltnutzen hoch, die Zahlungsbereitschaft jedoch (noch) nicht vorhanden ist.

Gemäss den Berechnungen in der vorliegenden Evaluation können die 25 untersuchten Projekte in fünf Jahren die Umweltbelastungspunkte (UBP) jährlich um 480 Mrd. reduzieren. Dies entspricht etwa 0,2 Prozent der jährlichen Gesamtumweltbelastung der Schweiz oder der Umweltbelastung von 18'000 Schweizern/-innen mit einem durchschnittlichen Konsumverhalten. Die Prognose basiert insbesondere auf Annahmen zur Anzahl der bis in fünf Jahren realisierbaren Anlagen oder verkauften Produkten beziehungsweise Dienstleistungen.

Damit leisten die Projekte einen nachweisbaren Beitrag an die Ziele der UTF. Gleichzeitig ist die Quantifizierung eine grosse Herausforderung und der Zielbeitrag je nach Projekt sehr unterschiedlich: 14 der 25 Projekte leisten voraussichtlich bis in fünf Jahren einen relevanten Umweltnutzen, bei fünf Projekten ist das nicht zu erwarten, weil der Nutzen erst später eintritt, keine Daten vorlagen oder effektiv kein Nutzen erkannt wird. Bei sechs Projekten wurde auf eine Fünf-Jahres-Prognose verzichtet, weil sich diese Projekte noch im Stadium der Verfahrensentwicklung oder eines Labor-Prototyps befinden.

Die UTF-Fördergelder zahlen sich durch die mit den Projekten vermiedenen Schäden und tieferen externen Kosten aus volkswirtschaftlicher Sicht aus. In fünf Jahren (im Jahr 2027) werden mit den 25 berücksichtigten Projekten eingesparte externe Kosten von 66 Mio. Franken pro Jahr prognostiziert.

I Evaluationsfrage 2.1a): Wie kann die Umweltwirkung einzelner über die UTF geförderter Projekte mit vertretbarem Aufwand evaluiert werden? (Modul 2a)

Der gewählte Ansatz für die Bewertung der Wirkung mit der Methode der Ökobilanzierung wird auf Stufe Projekt in den meisten Fällen als machbar erachtet. Die Beurteilung der Wirkung mit einer längerfristigen Perspektive ist mit grösseren Unsicherheiten verbunden. Grundsätzlich wird die langfristige Perspektive für die Beurteilung der Projekte als zentraler Punkt wahrgenommen. Damit kann aufgezeigt werden, welche Relevanz ein Projekt für die übergeordnete Zielsetzung der Reduktion der Umweltbelastungen hat.

Eine Ermittlung der Umweltwirkungen eines Projekts ist bei Projekten mit direkter Umweltwirkung und Produkten und Dienstleistungen ab Stufe Pilot- und Demonstrationsprojekt über eine Ökobilanzierung möglich. Dazu braucht es jedoch Fachpersonen mit spezifischem Ökobilanzwissen. Bei den Projekten vom Typ «Spezialfälle», die noch weit von der Marktdiffusion entfernt sind, kann die Umweltwirkung nicht über eine Ökobilanzierung ermittelt werden. Dort würde es für die Einschätzung des Wirkungspotenzials bereits einen Mehrwert bringen, wenn das Projekt beziehungsweise das Produkt oder die Dienstleistung anhand eines Wirkungsmodells oder einer SWOT-Analyse analysiert würde. Wesentliche Faktoren in einer solchen Analyse müssten die Zielgruppen sein und wie diese über geeignete Kommunikationsmassnahmen erreicht werden sollen – dies als Voraussetzung für eine spätere Wirkungsentfaltung.

Aus Sicht der Wirkungsorientierung ist es als kritisch zu beurteilen, dass in den Grundlagen bei einer Mehrheit der Projekte keine oder wenig präzise Aussagen zu den Zielgruppen vorliegen. Die Bedürfnisse der Zielgruppe zu kennen und sie zu erreichen ist zentrale Voraussetzung für eine Wirkungsentfaltung. Deshalb müsste eine Aussage zu den Zielgruppen und zu den Aktivitäten für die Zielgruppen-Erreichung (Marketing und Kommunikation) sowohl in den Gesuchen als auch und vor allem im Projektschlussbericht eingefordert werden. Gleichzeitig gilt es zu beachten, dass die Finanzierung von Massnahmen zur Zielgruppen-Erreichung bei vielen Projekten eine Herausforderung ist. Vorteile haben diesbezüglich Projekte, die durch ihre Organisationsstruktur bereits den Einbezug der Zielgruppe sicherstellen (z.B. als Industriepartner).

Eine Analyse mit einer Ökobilanz ist für diejenigen Projekte zielführend, die nahe an einer Marktdiffusion sind und wenn konkrete Angaben zum Aufwand (Material, Energie) und zum Ertrag (Umweltnutzen) vorhanden sind. In diesen Fällen wird eine Ökobilanz oft sogar als Teil des Projektes realisiert und dient als Leistungsnachweis oder als Marketinginstrument. Entsprechend können von Seite Projektträger (zumindest teilweise) die Daten bereitgestellt oder Ergebnisse zugänglich gemacht werden. Bei grossen Fördersummen ist es unseres Erachtens sinnvoll und legitim, zum Projektabschluss eine Ökobilanzierung zur Wirkungsermittlung als Output-Ziel im Vertrag festzuschreiben. Diese kann umso detaillierter ausfallen, je näher das Produkt oder die Dienstleistung an der Marktdiffusion steht. Eine einfache Ökobilanz mit nur rudimentärer (nicht publizierbarer) Dokumentation kann von einer Fachperson in zwei bis drei Arbeitstagen erstellt werden und ist damit mit Kosten zwischen 3'000 und 5'000 Franken verbunden.

I Evaluationsfrage 2.1b): Wie kann aufgrund der Umweltwirkung einzelner Projekte sinnvoll und mit vertretbarem Aufwand auf eine aggregierte Wirkung geschlossen werden? (Modul 2a)

Die Analyse der 25 Projekte, die Berechnungen zu den Wirkungen und Wirkungspotenzialen, die zehn Fallstudien und die vergleichende Betrachtung zeigen eines: die UTF-Projekte sind sehr heterogen.

Aufgrund der durchgeführten Arbeiten geht das Evaluationsteam davon aus, dass es nicht möglich ist, über Clusterungen oder Analogien von der Wirkung einzelner Projekte auf eine aggregierte Wirkung aller Projekte zu schliessen. Dazu sind die Projekte zu divers in Bezug auf Organisation und Ressourcenausstattung, Wirkungsbereich und Zielsetzung sowie auf ihr Entwicklungsstadium (Marktreife).

I Evaluationsfrage 2.2: Wie ist die Formulierung der Output-Ziele und Indikatoren zur Messung der Umweltwirkung für die Projekte zu beurteilen? Können sie einbezogen werden beziehungsweise wie müssten diese formuliert sein, damit sie mit vertretbarem Aufwand dafür verwendet werden könnten? (Modul 2a)

Grundsätzlich ist positiv anzumerken, dass für alle Projekte im Fördervertrag klare Output-Ziele definiert werden. Gleichzeitig besteht zwischen Output-Zielen und einem Impact-Ziel nicht unbedingt ein Zusammenhang. Anzustreben wäre, dass im Vertragsdokument Ziele zum Verbindungsstück zwischen Output und Impact, nämlich zum Outcome und damit zur Ausrichtung auf die *Zielgruppen*, formuliert werden.

I Evaluationsfrage 2.3: Inwiefern kann das von Reffnet.ch neu entwickelte Tool²⁵ als vereinfachte Ökobilanzierung bei der Wirkungsanalyse für die Berichterstattung verwendet werden? (Modul 2a)

Bei etwa drei Vierteln der 25 untersuchten Projekte wäre eine Einschätzung mit Hilfe des Reffnet-Tools grundsätzlich möglich. Die Vorteile dieses Tools sind, dass es einfach zu bedienen ist und quantitative, auf Ökobilanzen basierende Resultate liefert. Jedoch macht es die Informationen der zugrundeliegenden Ökobilanz-Dateninventare nicht transparent. Für rund die Hälfte der Projekte wäre dies, gemäss Einschätzung der Ökobilanz-Experten/-innen im Evaluationsteam, auch nicht notwendig. Für einige Projekte müssten für die Eingabe im Reffnet-Tool die in Ökobilanz-Inventaren enthaltenen Informationen jedoch

²⁵ Das Tool steht den bei Reffnet registrierten Experten/-innen zur Verfügung. Für diese ist der Tool-Einsatz kostenlos. Das UTF-geförderte Projekt Reffnet bietet Unternehmen eine Beratung durch eine/-n Experten/-in an zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Produkt- und Prozessoptimierung. Der kostenlose Beratungsumfang umfasst drei Tage im Wert von 4'000 Franken. <https://www.reffnet.ch/de/angebot/beratungsprogramm-ressourceneffizienz>, Zugriff am 02.06.2022.

selbst recherchiert und für die Analysen aufbereitet werden. Was dazu führt, dass die Verwendung des Reffnet-Tools aufwändiger wird, als wenn eine komplexere Software genutzt würde. Deshalb verwenden Ökobilanz-Experten/-innen bei Reffnet-Beratungen für die Berechnungen teilweise andere Ökobilanz-Software und übertragen die Ergebnisse ins Reffnet-Tool.

Auch wenn das Tool nicht immer angewendet werden kann, so könnte es teilweise sowohl in der Beurteilung der Anträge als auch bei der Wirkungskontrolle verwendet werden, falls dazu die notwendige Erfahrung bei den Anwendern/-innen vorhanden ist.

6.2 Empfehlungen

Die UTF zeichnet sich durch einen niederschweligen Zugang und die unbürokratische und persönliche Unterstützung bei der Gesucheingabe aus. Dies wird sehr geschätzt und wirkt sich positiv auf die Ausschöpfung der Fördermittel, aber auch auf den Verlauf und die Qualität der Projekte aus.

Die Wirkungsmessung auf Impact-Ebene ist bei Umweltthemen eine grosse Herausforderung, was auch diese Evaluation verdeutlicht. Basierend auf den Ergebnissen und durchgeführten Wirkungsanalysen zu 25 ausgewählten Projekten formulieren wir 14 Empfehlungen für eine stärkere Wirkungsorientierung der UTF und für eine generelle Optimierung des Programms. Sie sind an die Verantwortlichen der Sektion Innovation adressiert.

Die folgende Darstellung fasst die anschliessend beschriebenen Empfehlungen zusammen und verortet sie im Wirkungsmodell.

D 6.1: Übersicht zu den Empfehlungen

Grundlagen/Konzept/Ziele	Umsetzung/Vollzug	Output/Outcome	Impact	
E1: Prüfen der Kombination von laufenden offenen und periodischen thematischen Ausschreibungen.	E2: Klären der Rollen und der Verantwortung der fachlichen Begleitung durch die BAFU-Fachabteilungen	E7a: Im Gesuch Angaben zu den Zielgruppen einfordern. E7b: Im Gesuch Aussagen zu geplanten Massnahmen für die Marktsensibilisierung einfordern.	E9: Verstärkte Kommunikation zur Bekanntmachung der UTF, gezielt auch für die Bereiche Boden, Biodiversität und Klima. Siehe auch E7a und E7b.	E11: Gesuchstellende dazu animieren (freiwillig), vor Gesucheingabe eine SWOT-Analyse zu erstellen und dafür ein Schema/eine Vorlage zur Verfügung stellen.
	E3: Beibehalten und verstärken der Vermittlung von externen Fachpersonen, falls BAFU-intern nicht vorhanden.	E8: Prüfen, inwiefern die Beiträge eines Projekts zu verschiedenen SDG in die Beurteilung einfließen können.	E10: Im Schlussbericht zwei zusätzliche Kapitel verlangen: 1. zur erfolgten Zielgruppenansprache, 2. zur erwarteten Entwicklung bis in fünf Jahren.	E12: Ausgewählte Projekte fünf oder zehn Jahre nach Projektabschluss auf Basis von effektiven (Verkaufs-) Zahlen einer Wirkungsermittlung unterziehen.
	E4: Prüfen eines jährlichen, mit methodischen Inputs gerahmten Austauschs zwischen den Projektträgern.	Siehe auch E10.		E13: Periodisch das Gesamtpotenzial von ausgewählten UTF-Projekten semiquantitativ ermitteln lassen.
	E5: Klären mit KOKO UT, inwiefern die Kriterien ergänzt und geschärft werden müssen.			E14: Bei jedem Projekt prüfen, ob als Output-Ziel eine LCA verlangt werden soll.
	E6: Systematischer Abgleich von Bewertungskriterien und geforderten Angaben im Gesuchformular.			

Quelle: Darstellung Interface.

6.2.1 Empfehlung zum Konzept

Aufgrund des in Abschnitt 2.3 gezogenen Fazits zum Konzept der UTF empfehlen wir der Sektion Innovation Folgendes:

Empfehlung 1: Es sollte geprüft werden, ob eine Kombination von einerseits wie bisher offenen und andererseits periodischen thematischen Ausschreibungen einzuführen ist.

Erste Einschätzungen dazu sollten im Rahmen der KOKO UT diskutiert werden. Es sollte auch die Meinung der Fachabteilungen abgeholt werden, um zu ermitteln, ob bei ihnen Bedarf nach thematischer Steuerung besteht.

6.2.2 Empfehlungen zum Vollzug

Aufgrund des in Abschnitt 3.4 gezogenen Fazits zum Vollzug der UTF empfehlen wir der Sektion Innovation Folgendes:

Empfehlung 2: Die Rollen und die Verantwortung bei der fachlichen Begleitung sollten klarer definiert werden. Ebenfalls wichtig wäre eine vorgängige Einschätzung zum Unterstützungsbedarf pro Projekt, um die Planung zu verbessern und um personelle Ressourcen zu sichern.

Empfehlung 3: Sofern BAFU-intern keine Expertise zu einem Thema vorliegt, sollten externe Experten/-innen durch die Sektion Innovation vermittelt werden, wie dies teilweise bereits heute der Fall ist.

Empfehlung 4: Es sollte geprüft werden, ob ein beispielsweise jährlicher Austausch zwischen den Projektträgern organisiert werden soll. Ein solcher könnte auch breiter gefasst werden und in Zusammenarbeit mit ähnlichen Förderprogrammen (z.B. Innosuisse) stattfinden. Die Treffen könnten jeweils ein Thema aufgreifen, das alle betrifft, beispielsweise die Zielgruppenorientierung, die Wirkungsmessung usw.

Empfehlung 5: Eine Umfrage bei der KOKO UT zum Verständnis der Beurteilungskriterien sollte durchgeführt und je nach Ergebnis die Beschreibung der Kriterien angepasst oder ergänzt werden.

Empfehlung 6: Es sollte ein Abgleich zwischen Bewertungskriterien und Gesuchformular durchgeführt werden, damit klarer wird, wo im Gesuchformular die Informationen zu welchen Kriterien zu finden sind. Möglicherweise würde es schon reichen, wenn im Bewertungsformular der KOKO UT auf die entsprechenden Kapitelnummern im Beitragsgesuch verwiesen würde.

Empfehlung 7a und 7b: Es sollten folgende zusätzlichen Informationen im Gesuchformular eingefordert werden:

- 7a: Welches sind die Zielgruppen des Produkts/der Dienstleistung oder ganz generell die Adressaten des Lösungsansatzes? Teilweise sind die Zielgruppen im Projektteam vertreten, in diesem Fall ist dies transparent zu machen.
- 7b: Welche Massnahmen sind im Bereich des Marketings (u.a. Kommunikation, Wissenstransfer usw.) vorgesehen? Anzustreben wäre, dass konkrete Massnahmen mit entsprechendem Budget beantragt – und durch die UTF mitfinanziert – werden.

Die konkreteren Aussagen zu Zielgruppen und Multiplikatoren sowie zu den Aktivitäten für Marketing und Kommunikation dürften dazu führen, dass ...

- sich die Projektträger, die oft sehr technisch orientiert sind, überhaupt Gedanken zur Zielgruppen-Erreichung machen, was mittel- und langfristig die effektive Wirkungsentfaltung begünstigt;
- für eine spätere Beurteilung der Wirkung der Projekte konkrete Informationen zum wichtigen Verbindungsstück zwischen Output-Zielen und angestrebtem Impact vorliegen.

Empfehlung 8: Es soll geprüft werden, ob als zusätzliches Beurteilungskriterium beurteilt werden soll, zu welchen SDG der gewählte Lösungsansatz einen positiven Beitrag leistet. Allerdings sollte diese Information nicht bei den Gesuchstellern eingefordert werden, weil die SDG nicht generell bekannt sind und die Gesuchstellung möglichst niederschwellig gehalten werden soll. Allenfalls kann diese Angabe als freiwillig deklariert werden. Die Beurteilung sollte auf Basis der Angaben, die ohnehin zu den drei Nachhaltigkeitspfeilern vorliegen (wird bereits heute im Gesuchformular verlangt), durch die Beurteilenden (insb. KOKO UT) gemacht werden können.

6.2.3 Empfehlungen zum Output

Aufgrund des in Abschnitt 4.5 gezogenen Fazit zum Output der UTF empfehlen wir der Sektion Innovation Folgendes:

Empfehlung 9: Die Kommunikation zur UTF sollte insbesondere bei Wirtschaftsverbänden und in der Start-up-Szene verstärkt werden, um das Instrument bei neuen Akteuren bekannt zu machen. Mit gezielten Auftritten in Foren und an Veranstaltungen zu den Themen Boden, Biodiversität und Klima könnte es dabei auch gelingen, die Entwicklung von Innovationen zu diesen Themen verstärkt über die UTF zu fördern.

6.2.4 Empfehlungen zum Outcome

Aussagen zum Outcome und zu Outcome-Zielen werden weder im Gesuchformular noch in den vertraglichen Projektzielen eingefordert. Um die Wirkung der UTF-Projekte zu erhöhen, ist es notwendig, dass eine Verbindung zwischen Output (Leistungszielen) und Impact (Umweltwirkung) erstellt und von den Projektträgern verlangt wird. Dies wird über die Empfehlungen 7a und 7b in Abschnitt 6.2.2 vorgeschlagen. Zudem empfehlen wir Folgendes:

Empfehlung 10: Bei allen geförderten Projekten sollten in Zukunft als Output-Ziel im Vertrag zwei spezifische Kapitel im Schlussbericht verlangt werden: 1. Ein Kapitel zu den Zielgruppen, der Zielgruppen-Erreichung, zu den durchgeführten Marketing- und Kommunikationsaktivitäten und zu den Ergebnissen dieser Aktivitäten. 2. Ein Kapitel zur erwarteten Entwicklung in den nächsten fünf Jahren und zu den geplanten Marketing- und Kommunikationsaktivitäten.

6.2.5 Wirkungsmessung in Zukunft

Wir haben für die Wirkungsmessung der UTF von 2017 bis 2021 das im Abschnitt 5.1 präsentierte Konzept zur Wirkungsmessung entwickelt. Die Wirkungsmessung für die Wirkungsmodell-Stufen 1 bis 4 (Konzept/Ziele, Vollzug, Output und Outcome) basiert auf qualitativen Erhebungsmethoden. Für die Messung des Impacts, also der konkreten Umweltwirkungen, wurde für ausgewählte Projekte eine quantitative Ökobilanzierung durchgeführt, ergänzt um semiquantitative Potenzialeinschätzungen und qualitative Angaben zu nicht messbaren Effekten.

Das Wirkungsmodell zur Beurteilung der Stufen 1 bis 4 eignet sich nicht für eine Anwendung durch Personen, die mit Evaluationen nicht vertraut sind. Wir sind jedoch der Überzeugung, dass es die Qualität der Projekte und die spätere Wirkungsentfaltung unterstützen würde, wenn sich auch die Projektträger Gedanken zu den Stufen 1 bis 4 des Wirkungsmodells machen würden. Vor diesem Hintergrund und auf Basis des in Abschnitt 5.8 gezogenen Fazits zum Outcome der UTF empfehlen wir der Sektion Innovation Folgendes:

Empfehlung 11: Es sollte geprüft werden, ob den potenziellen Gesuchstellern ein Schema für eine SWOT-Analyse zur Verfügung gestellt werden kann, das mit expliziten Fragen

die verschiedenen Stufen des Wirkungsmodells abdeckt und so zur Stärkung der Wirkungsorientierung der Projekte beiträgt. Neben Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken, die explizit zu nennen wären, müssten explizite Fragen die Zielgruppen abdecken – sowohl diejenigen des Projekts als auch diejenigen des Produkts oder der Dienstleistung, wenn sie einmal marktreif sind. Dies würde von Beginn an die Ausrichtung auf eine spätere Wirkungsentfaltung der geförderten Projekte unterstützen.

Empfehlung 12: Zur Ermittlung der Umweltwirkung der geförderten Projekte empfiehlt es sich, für ausgewählte Projekte fünf oder zehn Jahre nach Projektabschluss eine Berechnung mit einer Ökobilanzierung auf Basis von effektiven Verkaufs- oder Realisierungszahlen zu erstellen. Die Verträge enthalten diesbezüglich bereits die Verpflichtung der Projektträger, bis zu zehn Jahre nach Projektabschluss Informationen zur Verfügung zu stellen.

Empfehlung 13: Für eine periodische Einschätzung zur Wirkung der UTF und für Vergleiche zwischen Produkten und Dienstleistungen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien wird die Abschätzung des langfristigen Gesamtpotenzials pro Projekt empfohlen. Auch eine Gesamtpotenzialeinschätzung pro Projekt braucht Ökobilanz-Fachwissen und Informationen zu den Projekten. Sie bezieht jedoch auch Expertenmeinungen – idealerweise von mehreren unabhängigen, thematisch sich ergänzenden Experten/-innen ein – und führt so zu einer semiquantitativen, gut abgestützten Aussage.

Empfehlung 14: Bei jedem geförderten Projekt sollte im Hinblick auf die Vertragserstellung geklärt werden, ob es sich erstens um ein Produkt oder eine Dienstleistung handelt, für die eine Ökobilanz erstellt werden kann, und ob sich zweitens das Produkt oder die Dienstleistung bei Projektende in einem Entwicklungsstadium befinden wird, in dem eine Ökobilanz Aussagen zur Umweltwirkung machen kann. Ist dies der Fall, soll im Vertrag als eines der Output-Ziele eine Ökobilanz durch eine Fachperson verlangt werden.

Zusammenfassend müssten in den Gesuchen und in den Verträgen Informationen zu folgenden Punkten verlangt werden, um die Wirkungsorientierung zu stärken:

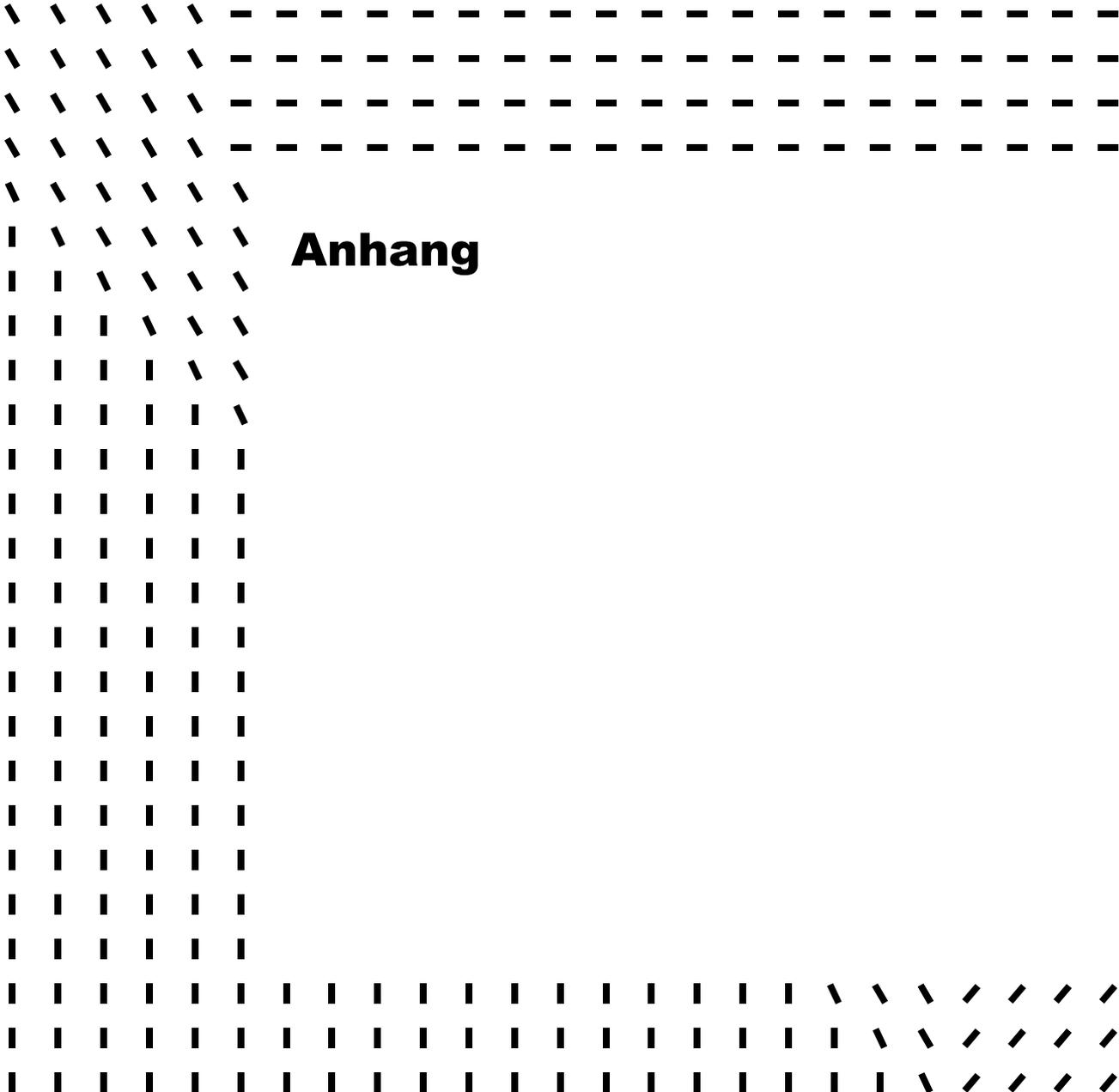
- Das Ausfüllen einer SWOT-Analyse gemäss vorgegebenem Schema durch die Projektträger. Dies könnte auch freiwillig und im Sinne einer Hilfestellung erfolgen. Das SWOT-Schema oder die Vorlage wäre noch zu entwickeln.
- Aussagen zum Wirkungsziel mit Umweltbezug. Das muss nicht unbedingt quantifiziert werden, aber explizit genannt und der Beitrag zur Lösung klar dargestellt werden (wird teilweise bereits im Vertrag festgelegt über jährlich zu erfassende Indikatoren).
- Aussagen zu Zielgruppen und Multiplikatoren auf Stufe Projekt (dem Entwicklungsstadium entsprechend) und langfristig auf Stufe Produkt/Dienstleistung.
- Massnahmen im Projekt für Marketing und Kommunikation, um den Markteintritt vorzubereiten (bei einem entsprechend fortgeschrittenen Entwicklungsstadium).

Im Schlussbericht müssten Aussagen zu folgenden Punkten verlangt werden:

- Angaben zu den Zielgruppen für die Produkte/Dienstleistungen auf Basis der Projekterkenntnisse, durchgeführte und geplante Massnahmen zu ihrer Erreichung.
- Potenzial und Ausblick (Skalierungspläne, mögliche Hürden) mit Zeithorizont fünf Jahre. Aussagen zur Umweltwirkung oder dem Zielbeitrag bis in fünf Jahren und zum Gesamtpotenzial generell oder alternativ nur zum hypothetischen Gesamtpotenzial, wenn bis in fünf Jahren noch keine effektive Wirkung absehbar ist.
- Bei Projekten, bei denen eine Ökobilanzierung als zielführend erachtet wurde, soll die Umweltwirkung mit einer solchen untermauert werden (vgl. Empfehlung 14).

Diese Angaben würden bewirken, dass ...

- sich die Gesuchsteller selbst stärker auf eine angestrebte Wirkung hin ausrichten, was zur Zielerreichung der UTF beiträgt;
- sich das BAFU bei jedem Projekt einfacher selbst ein Bild über die Wirkungslogik und den Zielbeitrag machen kann;
- bei einer späteren Evaluation bereits einige zentrale Informationen zur Abschätzung einer aggregierten Wirkung der UTF-Projekte vorliegen würden.



A 1 Factsheets von zehn Fallbeispielen

A 1.1 Fallauswahl

Auf Basis des vorliegenden Evaluationsberichts wird das BAFU den nächsten «Bericht des Bundesrats über die Umwelttechnologieförderung» erstellen. Im Bericht des Bundesrats sollen exemplarisch zehn geförderte Projekte vorgestellt werden. Als Informationsbasis dazu dienen die nachfolgend aufgeführten Grundlagen der zehn hier als Fallstudien dokumentierten Projekte. Für jedes dieser zehn Projekte wurde eine Wirkungsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Analyse werden in den folgenden Factsheets – für die Carbotech verantwortlich zeichnet – qualitativ und quantitativ (nach einer Ökobilanzierung) dargestellt.

Die Auswahl der zehn Fallstudien aus den 25 Projekten erfolgte mit dem Ziel, dass einerseits sowohl Projekte mit direkter und indirekter Umweltwirkung vorgestellt werden als auch Spezialfälle mit Wirkungen, die nicht nur die Umwelt betreffen. Andererseits sollen die zehn Beispiele die Themenbreite der geförderten Projekte illustrieren.

Es werden fünf Projekte mit direkter Wirkung vorgestellt, drei mit indirekter Wirkung und zwei Spezialfälle. Die Beispiele decken folgende Wirkungsbereiche²⁶ ab: «Abfall, Recycling & Rohstoffkreislauf»; «Luftreinhaltung», «Gefahrenprävention», «Boden & Altlasten», «Klima», «Wasser», «Multidisziplinär». Was fehlt, sind Projekte aus den Wirkungsbereichen «Biodiversität» und «Lärmbekämpfung», weil diese auch in der Auswahl der 25 untersuchten Projekte nicht vorhanden waren.

Folgende Projekte werden vorgestellt:

- Climeworks
- CoPyKu (Pflanzenkohle)
- Dünger aus Urin
- Fireforce
- Heisswasser als Glyphosatersatz
- Helventomill
- NanoCleanAir
- P-Rückgewinnung ARA-Thunersee
- ReCarb
- SismoRiv

Die Factsheets ermöglichen es, dass nicht nur die quantitativen Wirkungen kommentiert, sondern auch weitere relevante Wirkungsebenen, die über den Bereich Umwelt hinausgehen, qualitativ aufgezeigt werden können.

²⁶ Wirkungsbereiche gemäss Seite 11 ff in Schweizerischer Bundesrat 2018.

A 1.2 Erläuterungen zu den Angaben in den Fallbeispielen

Hauptkenngrösse für die Beurteilung der quantitativen Wirkung sind die mit der Ökobilanz ermittelten Ergebnisse der Umweltauswirkungen, berechnet mit der Methode der ökologischen Knappheit (Version 2021) und den Angaben in Umweltbelastungspunkten «UBP» (weitere Ausführungen zur Methodik vgl. Abschnitt A 4). Ergänzend aufgeführt sind Ergebnisse für die Kenngrösse der externen Kosten und des Treibhauspotenzials sowie Analysen zu den Kostenfolgen von Umweltrisiken für die Spezialfälle.

In tabellarischer Form angegeben ist für die Fallbeispiele das Ergebnis der Einsparung auf der Ebene der funktionellen Einheit. Ergänzend illustriert werden dazu jeweils die relativen Umweltauswirkungen der Technologie im Vergleich zur Referenz ohne den Einsatz der Technologie. Es wird eine Prognose für die Wirkung im Jahr fünf ab heute basierend auf dem Ergebnis der Einsparung pro Einheit mit Angaben zum typischen Einsatz der Technologie und der geplanten Skalierung erstellt. Die Wirkung im Jahr fünf umfasst nur die Wirkung in diesem einen Jahr und nicht die kumulierte Wirkung ab heute. Am Fallbeispiel Helventomill und der Mehlwurmproduktion in Abschnitt A 1.8 erklärt bedeutet dies:

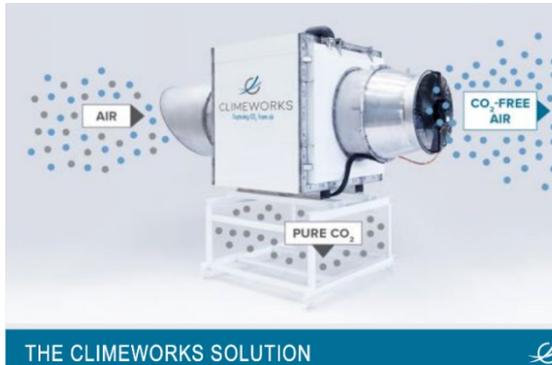
- *Einsparung pro funktionelle Einheit (1 Tonne Mehlwurm)*: Reduktion der Umweltauswirkungen durch die Produktion von 1 Tonne Mehlwürmer anstelle der gängigen Produktion der benötigten Nährstoffe für die menschliche und tierische Ernährung (Szenario: 1 Tonne frischer Mehlwurm ersetzt die Produktion derselben Nährstoffe einer Mischung aus 300 kg Fleisch, 170 kg Fischmehl und 60 kg Fisch- oder Sojaöl). Anschliessend Illustration der relativen Umweltauswirkungen der Nahrungsmittel pro Tonne im Vergleich zu Rindfleisch.
- *Hochrechnung der jährlichen Einsparung im 5. Jahr*: Geplanter Ausbau der Kapazität der Mehlwurmproduktion mit weiteren Anlagen, Berechnung der Wirkungsbilanz im 5. Jahr mit dem so erzielten jährlichen Ersatz von Fleisch, Soja und Fischmehl. Einschätzung zur Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung.

Die Bedeutung der ermittelten Einsparungen an UBP wird illustriert, indem die erzielbare Reduktion damit verglichen wird, welche Umweltbelastung ein zurückgelegter Autokilometer, der Konsum eines/-r durchschnittlichen Einwohners/-in der Schweiz pro Jahr oder die Produktion von einer Tonne Rindfleisch verursachen. Die folgenden Ausgangswerte wurden für die Umrechnung verwendet:

- 1 zurückgelegter Autokilometer = 500 UBP
- Durchschnittlicher Konsum eines Bewohners der Schweiz pro Jahr = 26,3 Mio. UBP
- Produktion von 1 kg Rindfleisch = 111'000 UBP

A 1.3 CO₂ aus der Luft für die Getränkeindustrie; UTF-Nr. 585.14.18

Industrielle Anlage – CO₂ capture



© climeworks

CO₂ supply of beverage industry with direct air capture technology (CO₂ aus der Luft für die Getränkeindustrie)

Laufzeit: Juli 2018 bis Dezember 2019

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 1'000'000 Franken (42% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 2'408'301.–)

Wirkungsbereich: Klima

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjektID=43109>

Einleitung: 2017 wurde in Hinwil (ZH) auf dem Gelände der KEZO (Zweckverband Kehrichtverbrennung Zürcher Oberland) die erste kommerzielle Direct-Air-Capture-Anlage (DAC) zum Abscheiden von CO₂ in Betrieb genommen. Hinter der Technologie steckt das Ziel, durch das Entfernen von CO₂ aus der Luft dem Klimawandel entgegenzuwirken. Die entsprechenden Märkte existieren bisher noch nicht beziehungsweise befinden sich in einer initialen Aufbau-Phase. Ein möglicher Markt für CO₂ aus DAC ist der Getränkemarkt. Das CO₂ dient hier zur Herstellung von Kohlensäure.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Das DAC-Verfahren sollte technisch und operativ so weit optimiert werden, dass gewonnenes CO₂ in der Getränkeindustrie verwendet werden kann. Dadurch kann synthetisch hergestelltes CO₂ ersetzt werden. Dieser Schritt ermöglicht aber insbesondere auch die Weiterentwicklung und eine Kostensenkung der DAC-Technologie. Ziel war der Bau einer Anlage mit zwölf CO₂-Kollektoren zur Abscheidung aus der Luft. Die Anlage selbst nutzt Niedertemperaturabwärme der KEZO. Zusätzlich gibt es einen Anlageteil für die Verflüssigung inklusive Aufreinigung des CO₂ sowie zwei Tanks für die anschliessende Lagerung. Die Innovation liegt in der Technologie und ihrer Weiterentwicklung sowie in der Aufbereitung des gewonnenen CO₂ für die Lebensmittelindustrie.

Umsetzung und Organisation: Das Projekt wurde von Climeworks, einem Spin-off der ETH Zürich, durchgeführt. Partner sind KEZO, Coca-Cola Hellenic Switzerland und Carbogas AG.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Die DAC-Anlage Hinwil wurde gebaut und es wird damit CO₂ für die Getränkeindustrie produziert. Dazu war die Zertifizierung des CO₂ nach ISO und FSSC notwendig. Aus der Anlage werden jährlich 600 t CO₂ an die Getränkeindustrie geliefert. Dank der neuen Anlagegeneration konnten wertvolle Erkenntnisse für zukünftige DAC-Anlagen gewonnen werden. In Island wurde seither eine industrielle Anlage für Negative Emissionen (NE) gebaut, die mit Strom und Wärme aus einem Geothermie-Kraftwerk betrieben wird.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Trotz gewisser Projektverzögerungen konnte die Anlage in Hinwil schliesslich atmosphärisches CO₂ in der für die Getränkeindustrie notwendigen Qualität liefern. Dieses wird aktuell anstelle von synthetischem CO₂ in den Getränken des Wirtschaftspartners verwendet. Die Anlage wird auch deshalb weiterbetrieben, weil daraus immer noch Erkenntnisse für den Bau neuer DAC-Anlagen gewonnen werden können. Es zeigte sich jedoch, dass der Markt für NE – also für CO₂ aus der Luft, das langfristig in tiefen Gesteinsschichten gespeichert wird – viel grösser und zukunftssträchtiger ist als der Getränkemarkt. Deshalb wurde der Fokus auf die Zielgruppe von Kunden verschoben, die ihre CO₂-Emissionen mit NE-Zertifikaten kompensieren wollen. Seit Projektstart wurden durch Climeworks 100 neue Arbeitsplätze geschaffen und Aktivitäten im In- und Ausland zur Sensibilisierung für NE durchgeführt.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact²⁷): Der CO₂-Fussabdruck für atmosphärisches CO₂ liegt bei der DAC-Anlage in Hinwil in der Grössenordnung von 130 bis 270 kg CO₂ pro Tonne – je nachdem, ob von 100 Prozent oder von etwas tieferen Werten (80%) erneuerbarer Energiequellen für den Betrieb ausgegangen wird. Gegenüber synthetischem CO₂ mit etwa 600 kg CO₂ pro Tonne wird rund 400 kg CO₂-eq eingespart, dabei wurde konservativ dem häufig als Nebenprodukt gewonnen fossilen CO₂ selbst kein Fussabdruck angerechnet.²⁸ Die Einsparung im NE-Markt wird höher eingestuft, bedingt jedoch einen Betrieb der DAC-Anlagen mit erneuerbarer Energie. Die Gesamtumweltbelastung und die externen Kosten werden im Vergleich um etwa 60 bis 80 Prozent reduziert. Dies ist dargestellt in der Darstellung mit den relativen Umweltauswirkungen im Vergleich zu synthetischem CO₂ für die Getränkeindustrie.

Einsparung	Getränkeindustrie: Nutzen Ersatz synthetisches CO ₂ durch atmosphärisches CO ₂	
	DAC 100% erneuerbare Energie	DAC 80% erneuerbare Energie
kg CO ₂ eq/t CO ₂	470	330
Mio UBP/t CO ₂	0.79	0.52
Externe Kosten CHF/t CO ₂	230	180
Einsparung	Markt Negative Emissionen NE: Nutzen der Speicherung atmosphärisches CO ₂	
	DAC 100% erneuerbare Energie	DAC 80% erneuerbare Energie
kg CO ₂ eq/t CO ₂	810	590
Mio UBP/t CO ₂	2.3	1.9
Externe Kosten CHF/t CO ₂	55	0

Die Wahl der Energieträger für Strom und Wärme und damit die Verrechnung der Emissionen bei der Nutzung der Abwärme der Kehrlichtverbrennung haben einen relevanten Einfluss auf das Ergebnis. Am Standort Hinwil wird Abwärme aus der Kehrlichtverbrennung genutzt. In Island ist dafür 100 Prozent Energie basierend auf erneuerbaren Energieträgern vorgesehen. Bei der hier ausgewiesenen Variante (80% erneuerbar) wurden die Emissio-

Fünf-Jahres-Prognose: Um eine Prognose bezüglich des möglichen zukünftigen Nutzens zu machen, wurden die folgenden Annahmen (Ziele) für den Zeithorizont von fünf Jahren getroffen:

- Die Technologie wird am Standort KEZO weiter genutzt und erzielt eine Jahresproduktion von rund 900 t (Einsparung 400 kg CO₂ pro Tonne).
- Für den NE-Markt werden mit der bestehenden Anlage in Island jährlich 4'000 t DAC CO₂ gewonnen. Innerhalb von fünf Jahren werden voraussichtlich weitere drei Anlagen in Island realisiert, geplant ist eine Kapazität von jährlich 40'000 t gewonnenem und gespeichertem atmosphärischem CO₂ (Elimination Island mit DAC 100% erneuerbar 810 kg CO₂ pro Tonne gespeichertes DAC-CO₂).
- Eine mögliche weitere Skalierung mit zusätzlich rund 400'000 t in den USA ist im Zeitfenster von fünf Jahren noch nicht eingerechnet.
- Der Aufwand für die Speicherung wurde mangels Daten angenähert und als Grössenordnung 50 Prozent der DAC-Anlage in die Prognose einbezogen.

Die Chance, dass dieses Produktionsziel (Anlagen in Island) vollständig erreicht wird, wird auf 50 Prozent geschätzt. Mögliche Hindernisse sind hohe Preise, die Verfügbarkeit geeigneter Standorte und erneuerbarer Energiequellen für DAC-Systeme.

Unter diesen Annahmen ergeben sich in fünf Jahren die folgenden jährlichen Nutzen:

- Reduktion CO₂-eq: 16 kt CO₂-eq
- Reduktion externer Kosten: CHF 1,2 Mio.
- Reduktion Umweltbelastungen: 46 Mrd. UBP

Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ...

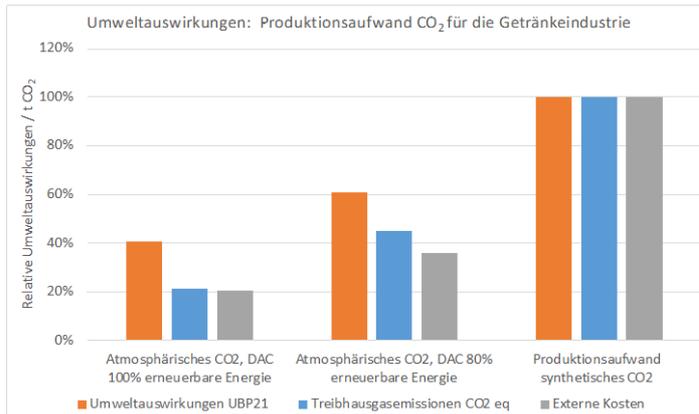
- 90 Mio. Autokilometern oder
- 1'800 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder
- 420 t Rindfleischproduktion

²⁷ Die quantitative Auswertung und insbesondere die darauf basierende Prognose ist aufgrund der Annahmen mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser Evaluation wurde keine Analyse der Unsicherheiten durchgeführt und somit in der Darstellung keine Fehlerbalken ausgewiesen. Die Datengrundlagen der Produktion basierend weitgehend auf anlagenspezifischen Angaben (Einschätzung Datenqualität: hoch).

²⁸ Synthetisches CO₂ wird häufig als Nebenprodukt aus der Abluft der Ammonium- und Wasserstoffproduktion gewonnen. Für den aus der Abluft gewonnenen Rohstoff wurde keine Umweltbelastung und damit dem Rohstoff keine CO₂-Emissionen verrechnet. Mit einer vollen Anrechnung für das fossile CO₂ fällt die Reduktion im Vergleich mit atmosphärischem CO₂ wesentlich höher aus. Die erzielte Einsparung pro Tonne atmosphärisches CO₂ liegt dann bei einem Wert von 1.6 t CO₂.

nen der fossilen Bestandteile in der Kehrlichtverbrennung vollständig der Abwärme angerechnet und mit dem CH-Strommix anstelle mit Ökostrom gerechnet.

Bei der Verwendung in der Getränkeindustrie müsste zudem noch der Transportweg berücksichtigt werden. Dieser Aspekt wurde aber nicht eingerechnet, weil angenommen wurde, dass die Lieferung für beide Varianten des CO₂ atmosphärisch und synthetisch vergleichbar ist.



Fazit und Ausblick: Die Erkenntnisse dienen primär dazu, die Anlagentechnologie zu verbessern, damit sie effizient auch in Grossanlagen angewandt werden kann. Es hat sich im Projektverlauf eine grundlegende strategische Neuausrichtung der Firma und somit auch der Zielgruppe ergeben: Der Getränkemarkt wird nicht mehr aktiv bewirtschaftet. Der Fokus liegt beim Markt für Negative Emissionen, also der Direktabscheidung mit der DAC-Technologie und langfristiger unterirdischer Speicherung von CO₂, wofür Zertifikate verkauft werden.

Grundsätzlich sind die Kosten für die NE-Zertifikate immer noch sehr hoch. Dennoch konnten erfolgreich Kunden gewonnen werden. Mit zunehmender Skalierung und Weiterentwicklung der Technologie werden die Preise mittelfristig auf CHF 150 bis 200 pro Tonne reduziert werden können. Gesetzliche Rahmenbedingungen werden mittel- bis langfristig eine wichtige Rolle spielen, um vor allem Firmenkunden zu motivieren, ihre CO₂-Bilanz zu überwachen und den Netto-CO₂-Ausstoss zu minimieren.

A 1.4 CoPyKu – Phase 2; UTF-Nr. 668.16.21

Pflanzkohle



© Hans-Peter Schmidt

Co-Pyrolyse von Kunststoffen in sekundären biogenen Stoffen (Indikation und Grenzwerte für die Verwertung durch Co-Pyrolyse, Phase 2)

Laufzeit geplant: November 2021 bis September 2023

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 424'416 Franken (48% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 885'607.–)

Wirkungsbereich: Abfall, Recycling & Rohstoffe

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=50434>

Einleitung: In der Schweiz darf Pflanzkohle (PK) nur aus unbehandeltem Holz, wie zum Beispiel aus dem holzigen Siebüberlauf aus der Kompostierung, hergestellt werden. Dieses Material enthält leider fast immer (Mikro-)Plastik. Dieser ist bis zu einem Grenzwert toleriert – was darüber hinaus geht, muss aufwändig von Hand entfernt werden. Das Siebholz aus Biogasvergäranlagen wird wegen der Plastik-Rückstände in der Kehrichtverbrennung entsorgt. In einem Vorprojekt (UTF-Nr. 626.05.20) wurde mit einer Machbarkeitsstudie bereits untersucht, wie sich die Co-Pyrolyse von Plastik-Verunreinigungen zusammen mit Siebholz auf das Endprodukt (PK) auswirkt. Es zeigte sich, dass sich selbst bei 10- bis 20-mal höheren Plastik-Gehalten, als in der Realität zu erwarten sind, keine negativen Auswirkungen auf die PK ergaben.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): In dieser 2. Phase des Projekts sollen die Grundlagen für eine optimale Qualitätssicherung von PK, die mittels Pyrolyse aus mit (Mikro-)Plastik kontaminiertem Material einer Biogasanlage hergestellt wurde, geschaffen werden. Zielprodukt ist der Entwurf einer allgemeinen Richtlinie zum Umgang mit Biomassen in Pyrolyse-Anlagen, die mit Kunststoffen kontaminiert sind. Zuerst wird eine Methode zur quantitativen und qualitativen Bestimmung des Plastik-Gehalts in Biomasse unterschiedlicher Korngrösse und damit zur Charakterisierung dieser Stoffe entwickelt. Anschliessend soll im Labor-Massstab der Einfluss definierter Polymere auf die PK-Qualität, die Plastik-Elimination und die Möglichkeit der PK-Aktivierung für den Einsatz als Aktivkohle im Gewässerschutz untersucht werden. Die Resultate sollen danach im grosstechnischen Versuch auf der Anlage der IWB (Industrielle Werke Basel) verifiziert werden. Basierend darauf sollen Mindestanforderungen für den Pyrolyse-Prozess und Grenzwerte für Ausgangsmaterial und Endprodukt entwickelt werden. Die Erkenntnisse sollen einerseits den Biogasanlagebetreibern und andererseits den PK-Herstellern zugänglich gemacht werden und sollen in die PK-Zertifizierungsprozesse des Ithaka Institutes einfließen.

Umsetzung/Organisation: Hauptgesuchsteller ist das Ithaka Institut in Arbaz. Partner aus der Wirtschaft sind die Axpo Power AG, die selbst Biogas-Anlagen betreibt, und die IWB, die eine eigene Pyrolyse-Anlage betreibt. Weitere Projektpartner aus der Wissenschaft sind die Eawag und Agroscope.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Das Projekt ist verzögert gestartet, so dass zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht alle vorgesehenen Projektziele erreicht wurden. Es konnte nachgewiesen werden, dass die gewonnene Kohle aus der Pyrolyse des verunreinigten Siebholzes den entsprechenden Qualitätsanforderungen genügt und die Eigenschaften Wasseraufnahme und Speichervermögen erfüllt. Damit ist die Grundlage für eine Zulassung der PK in unterschiedlichen Anwendungen wie Landwirtschaft oder im Bausektor geschaffen. Die Qualitätsanforderungen für eine Aufbereitung zu Aktivkohle sind noch nicht vollständig erfüllt.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Die Richtlinien zum Umgang mit plastikkontaminierter Biomasse haben keine direkte Umweltwirkung. Wirkung entfaltet erst die zukünftige Möglichkeit, auch aus kontaminierter Biomasse hochwertige PK zu produzieren. Dieses Material muss nicht mehr in der Kehrichtverbrennung entsorgt werden und

ein Teil des aufgenommenen CO₂ wird in der PK gebunden. Zudem kann mit PK, aus der Aktivkohle hergestellt wird, Braun- und Steinkohle aus dem Ausland ersetzt werden.

Mit Axpo und IWB sind zwei Zielgruppen-Vertreter im Projekt dabei. Die Multiplikation der Erkenntnisse erfolgt später darüber, dass die Mindestanforderungen zur Herstellung von PK aus plastikkontaminierter Biomasse in das Europäische PK-Zertifikat einfließen. Geplant ist zu diesem Zeitpunkt auch die Kommunikation der Ergebnisse an die verschiedenen PK-Verbände und -Netzwerke in Europa. Zudem soll der Kontakt mit Abwasserreinigungsanlage-Betreibern (ARA) verstärkt werden. ARAs brauchen Aktivkohle für die Elimination von Mikroverunreinigungen.

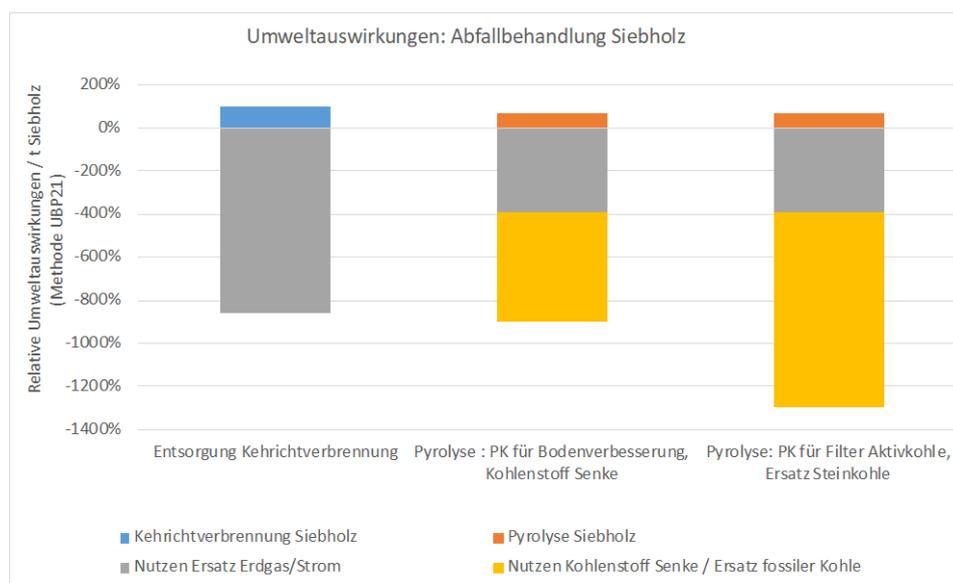
Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact²⁹): Die Umweltauswirkungen der heutigen Praxis der Entsorgung des Siebholzes mit Plastik-Rückständen aus der Biogasanlage wurden mit der Alternative der Pyrolyse und verschiedenen Einsatzmöglichkeiten der gewonnenen PK verglichen. Gegenüber der Kehrichtverbrennung wird mit der Pyrolyse PK für unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten gewonnen und gleichzeitig etwas weniger hochwertige Energie in Form von Abwärme bereitgestellt. Der ökologische Nutzen hängt ab vom Einsatz der PK und dem damit erzielten Effekt. Beim Einsatz der PK zur Bodenverbesserung wird ein langfristiger Aufbau einer Kohlenstoffsenke angenommen und für 70 Prozent des gebundenen Kohlenstoffes in der PK Negativemissionen (CO₂) angerechnet.³⁰ Beim Einsatz der PK in der Abwasserreinigung wird ein Ersatz fossiler Rohstoffe für den Aktivkohle-Filter angenommen. Im Vergleich zur Entsorgung und rein energetischen Nutzung von Siebholz ergibt sich die folgende Einsparung:

Einsparung	Siebholz Pyrolyse und PK Produktion anstelle einer Kehrichtverbrennung	
	PK Bodenverbesserung, Kohlenstoff Senke	PK Filter Aktivkohle, Ersatz Steinkohle
Mio UBP/t Siebholz	0.05	0.32
Externe Kosten CHF/t	15	51

Die nachfolgende Auswertung illustriert den Aufwand und Ertrag der Pyrolyse im Vergleich zur Entsorgung in der KVA (entspricht der Referenz von 100%). Die Umweltauswirkungen sind relativ im Vergleich zu den Umweltauswirkungen der Kehrichtverbrennung dargestellt. Gutschriften für die energetische und stoffliche Nutzung der Abfallfraktion Siebholz sind mit negativen Werten aufgeführt:

²⁹ Die quantitative Auswertung und insbesondere die darauf basierende Prognose ist aufgrund der Annahmen zur weiteren Planung der Pyrolyse und der Verwendung der Pflanzenkohle mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser Evaluation wurde keine Analyse der Unsicherheiten durchgeführt, entsprechend sind in der Darstellung keine Fehlerbalken ausgewiesen. Für die Pyrolyse wurden Angaben einer vergleichbaren Anlage verwendet und für den Ersatz von Kohleprodukten sowie die Behandlung von Kunststoffen und Holz in der Kehrichtverbrennung bestehende Ökobilanzdatengrundlagen verwendet (Einschätzung der Datenqualität: gut).

³⁰ Erfahrungswerte für den Abbau der PK als Kohlenstoffsenke im Boden fehlen, es wurde mit 30 Prozent Abbau inert 100 Jahren gerechnet (Abschätzung aufgrund Angaben European Biochar Certificate EBC und Buendia et al. 2019).



Fünf-Jahres-Prognose: Um eine Prognose bezüglich des möglichen zukünftigen Nutzens zu machen, wurden die folgenden Annahmen zur Entwicklung der Pyrolyse und zu Szenarien für den Ersatz getroffen:

- Die Menge Siebgut in Schweizer Biogasanlagen wird auf 50'000 t bis 100'000 t geschätzt. Innerhalb von fünf Jahren wird davon die Hälfte des Siebguts (15'000 t) der Pyrolyse zugeführt (10 Anlagen mit einer Kapazität von je 1'500 t).
- Mit der produzierten Kohle wird zu 75 Prozent PK zur Bodenverbesserung und zum Aufbau einer Kohlenstoffsenke hergestellt. 25 Prozent wird für die erweiterte Filtrierung in der Abwasserreinigung (ARA) verwendet.
- Die Chance, dass dies in diesem Umfang erfolgt, wird auf 75 Prozent geschätzt.

Unter diesen Annahmen ergibt sich in fünf Jahren der folgende jährliche Nutzen:

- | | |
|---|--|
| - Reduktion CO ₂ -eq: 3'200 t | Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ... |
| - Reduktion externer Kosten: CHF 270'000.- | - 2,7 Mio. Autokilometern oder |
| - Reduktion Umweltbelastungen: 1,3 Mrd. UBP | - 51 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder |
| | - 12 t Rindfleischproduktion |

Fazit und Ausblick

Im Vorprojekt hat sich die Herstellung von PK aus mit Plastik verunreinigten sekundären Stoffen aus der Biomasseverwertung als Massnahme bewährt, um die Freisetzung von Plastik in die Umwelt zu unterbinden, das reine Verbrennen dieser sekundären Stoffe ohne stoffliche Nutzung zu vermeiden und das Klima durch den Aufbau von dauerhaften Kohlenstoffsenken zu schützen. Nun wird eine Qualitätssicherung entwickelt, um die Qualität der PK zu garantieren. Ziel ist es, dass auf Basis dieser Qualitätssicherung das «Europäische Pflanzenkohle Zertifikat» die Verwendung der plastikkontaminierten Ausgangsstoffe ermöglichen kann.

Treiber der vermehrten Pyrolyse von pflanzlichen Reststoffen (z.B. holziger Siebüberlauf bei Biogasanlagen oder auch plastikkontaminierte Grünabfälle) ist, dass die Reststoffe sonst kostenpflichtig in der KVA entsorgt werden müssen. Beim Kompost für die Landwirtschaft müssen die Plastik-Anteile bis zum geforderten Grenzwert herausgesiebt und ebenfalls kostenpflichtig entsorgt werden. Gleichzeitig bleibt damit immer noch ein gewisser Plastik-Anteil im Kompost, der sich in der Umwelt akkumuliert. Mit der Pyrolyse könnte der Sieb- und Entsorgungsaufwand reduziert und mit Kunststoffen verunreinigte Fraktionen besser genutzt werden. Auf diesem Weg wird auch ein Plastik-Eintrag in die Umwelt vermieden.

A 1.5 UrinExpress (Vuna-Mobil); UTF-Nr. 565.23.17

Der UrinExpress



© Vuna GmbH

UrinExpress: Düngerproduktion aus Urin)

Laufzeit: April 2018 bis März 2021

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 318'720 Franken (49% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 646'300.–)

Wirkungsbereich: Abfall, Recycling & Rohstoffe

Weitere Aspekte: Gewässer- und Bodenschutz

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=43105>

Einleitung: Im Urin befinden sich rund 85 Prozent des vom Körper ausgeschiedenen Stickstoffs und 60 Prozent des Phosphors. Die Urin-Recycling-Technologie ermöglicht die Nährstoffkreisläufe von Stickstoff und Phosphor zu schliessen. Anstatt diese Nährstoffe im Urin mit Trinkwasser auf einer klassischen Toilette zu verdünnen und anschliessend mit hohem Aufwand wieder aus dem Abwasser zu entfernen, werden sie lokal wiedergewonnen und als Dünger verwendet. In einer Kläranlage werden im Schnitt 50 Prozent Stickstoff eliminiert. Der Prozess verringert damit die Gewässerbelastung und reduziert den Einsatz von importiertem Kunstdünger, der Schwermetalle enthalten kann.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Bereits vor der UTF-Förderung wurden zwei Pilotanlagen zur Düngerherstellung aus Urin an der Eawag und Empa in Betrieb genommen. Auch das gewonnene Endprodukt (der Dünger Aurin) war bereits auf dem Markt. Als weiteren Schritt soll die Technologie mit dem Bau einer mobilen Anlage als Versuchsanlage weiterentwickelt werden. Mit dieser mobilen Demonstrationsanlage sollen potenzielle Kunden für stationäre Anlagen (bspw. Bauherrschaften, Architekten) gewonnen werden, eine Alternative zu Miettoiletten geboten und die breite Bevölkerung für das Thema Nährstoff-Recycling sensibilisiert werden.

Umsetzung/Organisation: Das Projekt wurde von der Vuna GmbH durchgeführt. Es handelt sich um ein Spin-off der Eawag mit aktuell acht Mitarbeitenden (Stand April 2022). Als externer Partner war das Tiefbauamt Basel-Stadt vorgesehen (Betreiber von Urinalen). Die Zusammenarbeit wurde jedoch nicht umgesetzt, da der Urin mit einem Zusatzstoff versetzt wird, der die Rückgewinnung verunmöglicht. Mit dem Verein Terrain Gurzelen in Biel (öffentlicher Rasentennisplatz) konnte erfolgreich ein neuer Partner für einen Praxistest gewonnen werden. Die SIAAP (Abwasserentsorgung Paris) ist ein weiterer Partner. Eine Herausforderung bei der Umsetzung des Projekts war das Fachwissen zum Anlagebau. Es konnte keine geeignete Anlagebaufirma gefunden werden und die Vuna-Mitarbeitenden mussten viel eigenes Know-how aufbauen.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Die Corona-Pandemie hat den Einsatz des UrinExpress reduziert. Es wurden zwei mobile Einsätze durchgeführt: Martinimarkt der Grün Stadt Zürich und der Test in Biel. Daneben wurden Führungen an der Eawag/Empa gemacht und dort die Anlagen weiter getestet. Eine zweite mobile Anlage ist nicht vorgesehen, jedoch sind inzwischen zehn stationäre Anlagen in grossen Gebäuden (Wohn- und Bürobauten, Hotel, Hochschule) in Planung. Mit der Keramikfirma Laufen wurde ein renommierter Partner gewonnen, der eine neuartige Urin-Trenntoilette auf den Markt gebracht hat. Der UrinExpress an sich kann als Massnahme der Marktsensibilisierung gesehen werden, diverse Medien haben darüber berichtet.

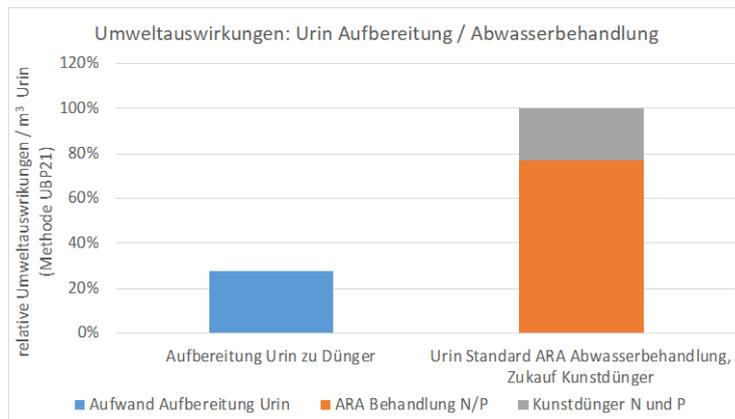
Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Die Technologie konnte massgeblich optimiert werden. Die Bekanntheit bei der Zielgruppe der Bauherren und Architekten wurde gesteigert, weshalb man nun primär auf stationäre Anlagen setzen will. Auch Abnehmer des Düngers (Landwirtschaft, Gartenbau) konnten erreicht werden.

Ein erster Versuch zur Düngung der Fussballrasen wurde in der Stadt Zürich durchgeführt. Die Technologie trägt auch dazu bei, dass die Schweizer Wirtschaft unabhängiger wird, da importierte Kunstdünger aus dem Ausland reduziert werden können. Viel Potential liegt zudem beim Wissenstransfer. Die Firma ist bestens mit der Wissenschaft vernetzt und bereits in Vorlesungen an Universitäten und Fachhochschulen zum Thema Nährstoffkreisläufe aktiv.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact³¹): Die Umweltauswirkungen der Urin-Recycling-Technologie zur Düngerproduktion wurden mit der heute gängigen Abwasserbehandlung, dem Nährstoffeintrag Gewässer und dem Zukauf von Dünger verglichen. Die Auswertung zeigt, dass relevante Reduktionen der Umweltbelastungen durch geringere Einträge von Stickstoff und Phosphat in Gewässer erreicht werden können, während gleichzeitig der Aufwand der Abwasserbehandlung in einer ARA und der Zukauf von Dünger sinkt. Der Effekt dieser Veränderungen wurde zudem mit einer Bilanz der externen Kosten der Umweltauswirkungen berechnet. Pro 1 m³ Urin kann damit der folgende Nutzen erzielt werden:

Einsparung	Urin-Aufbereitung anstelle der Abwasserbehandlung
Mio UBP/m ³ Urin	0.1
Externe Kosten CHF/m ³ Urin	14

Die nachfolgende Darstellung zeigt die Umweltauswirkungen der Aufbereitung im Vergleich zur Urin-Abwasserbehandlung und Zukauf Kunstdünger.



Fünf-Jahres-Prognose: Um eine Prognose bezüglich des möglichen zukünftigen Nutzens zu machen, wurden die folgenden Annahmen getroffen:

Das Urin-Recycling reduziert die Einträge Stickstoff und Phosphor in Gewässern (Elimination ARA 63%).
 In fünf Jahren sind 20 Gebäude > 100 Personen mit einer Urin-Recycling-Technologie ausgerüstet (Urin pro Person und Jahr 0,5 m³, Schätzung Gebäude im Mittel 150 Personen).
 Die Chance, dass dieses Ziel erreicht wird, wird auf 100 Prozent geschätzt (Anlagen sind bereits in Planung).

Unter diesen Annahmen ergibt sich in fünf Jahren der folgende jährliche Nutzen:
 Reduktion externer Kosten: 26'000 Franken
 Reduktion Umweltbelastungen: 0,2 Mrd. UBP
 Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ...
 0,5 Mio. Autokilometern oder
 9 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder
 2 t Rindfleischproduktion

Fazit und Ausblick

Die Gründung einer neuen Firma (VunaNexus), die sich nur auf die Urinaufbereitungstechnologie fokussiert, ist erfolgt. Zentrale Herausforderung ist, die Produktion und den Absatz gleichzeitig zu steigern (aktuell mehr Nachfrage nach Dünger im Vergleich zu Anlagen). Es wird erwartet, dass in den nächsten fünf Jahren ca. 20 stationäre Anlagen gebaut werden (Schweiz und Europa). Direkt nach Abschluss des Projekts wurde der UrinExpress für ein neues Projekt «Stabilisierung von Gülle» eingesetzt. Die Resultate zeigen, dass das Ammoniak in der Gülle umgewandelt und damit Emissionen bei der Lagerung und beim Ausbringen stark reduziert werden. Das Projekt wird nun mit Unterstützung des Bundesamtes für Landwirtschaft und kantonaler Ämter weiterverfolgt.

³¹ Die quantitative Auswertung und insbesondere die darauf basierende Prognose ist aufgrund der Annahmen zum weiteren Einsatz der Technologie mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser Evaluation wurde keine Analyse der Unsicherheiten durchgeführt und damit in der Darstellung keine Fehlerbalken ausgewiesen. Die Datengrundlagen für die Aufbereitung sowie die damit verbundenen Veränderungen in der Abwasserbehandlung und Ersatz Kunstdünger basieren auf einer öffentlichen Studie (Einschätzung Datenqualität: hoch).

Die Kosten der Anlage sind relativ hoch. Um langfristig am Markt erfolgreich zu sein, müssten sie weiter reduziert beziehungsweise die Verwendung der Technologie durch regulative Rahmenbedingungen gefördert werden. Beispielsweise könnten die Gebühren für Abwasser entsprechend ausgerichtet werden. Auch eine Aufnahme der Thematik in Standards und Labels für nachhaltiges Bauen könnte den Erfolg am Markt massgeblich voranreiben. Neben den Kosten der Anlagen ist auch der Platzbedarf sowie die Stärke der bestehenden Akteure (zentrale Abwassersysteme) ein Hemmnis für den Erfolg am Markt. Ursprünglich wurde angenommen, dass der Düngerverkauf finanziell wenig attraktiv ist. Aufgrund der aktuellen politischen Lage in Europa hat sich der Markt jedoch stark verändert. Falls Gewinne durch den Düngerverkauf erzielt werden, könnte ein Anteil an die Anlagekäufer zurückfließen, was wiederum die Technologie attraktiver machen würde.

A 1.6 Fireforce – Chauffage avec combustion optimisée – Phase 2 ; UTF-Nr. 674.22.21

Fireforce-Anlage mit 130 kW Leistung



© André Van der Veken

Prototype mobile de chauffage à bois Fireforce avec combustion optimisée (Mobiler Prototyp einer Fireforce-Holzheizung mit optimierter Verbrennung)

Laufzeit: August 2021 bis Juni 2022

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 216'685 Franken (50% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 433'370.–)

Wirkungsbereich: Luftreinhaltung

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=49965>

Einleitung: Fireforce Technology Sàrl hat einen Holz-Verbrennungsprozess mit sehr geringen Emissionen entwickelt und patentieren lassen. Mit dem Prozess können die Vorgaben aus der Luftreinhalte-Verordnung ohne nachträgliche Luftfilterung eingehalten und unterschritten werden. Dies im Gegensatz zu den meisten anderen Holz-Heizkesseln, bei denen die Luftschadstoffe nachträglich mit Filtervorrichtungen reduziert werden müssen. Die UTF hat ein Vorgängerprojekt von Fireforce mitfinanziert, bei dem eine Anlage mit 130 kW Leistung erstellt und erfolgreich getestet wurde.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Im laufenden Projekt soll eine mobile Fireforce-Holzfeuerung mit 500 kW Leistung gebaut, an einen Wärmeverbraucher angeschlossen und evaluiert werden. Mit dem Demonstrationsprojekt soll potenziellen Kunden/-innen gezeigt werden, dass auch bei grossen Anlagen die Vorteile der Fireforce-Verbrennungstechnologie erhalten bleiben: höherer Wirkungsgrad als bei gängigen Holzfeuerungen und Einhaltung der Luftreinhalteverordnung ohne Filter auch bei nicht vorgetrocknetem Holz. Die Hauptzielgruppen sind Fernwärmenetzbetreiber und Industrien.

Umsetzung/Organisation: Das Projekt wird von Fireforce Technology Sàrl durchgeführt. Es handelt sich um ein Start-up-Unternehmen mit drei Mitarbeitenden (Stand April 2022). Dank der UTF-Finanzierung konnte der Gründer, André Van der Veken, zwei Mitarbeitende einstellen. Zusätzlicher Projektpartner aus der Wirtschaft ist die Firma Masai Conseils SG in Cernier.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Als Zwischenschritt wurde eine Anlage von 200 kW entwickelt, die im April 2022 in Betrieb ging. Begründet wird der nicht von Beginn weg geplante Zwischenschritt mit dem noch notwendigen Sammeln von Erfahrungen für die Umsetzung der Technologie in einer Grossanlage. Dadurch wird sich das Projekt jedoch um einige Monate verzögern. Bisher konnten aus Ressourcengründen keine Marketing- oder Kommunikationsaktivitäten ergriffen werden. Sämtliche Ressourcen wurden in die Entwicklung des Produkts investiert. Eine gewisse Sichtbarkeit der Technologie in der Branche ist jedoch erkennbar und es haben erste Kontaktnahmen durch potenzielle Kunden stattgefunden.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Eine Anlage von 200 kW wurde in der Gemeinde Moiry ans Wärmenetz angeschlossen. Im März 2022 wurde die Anlage vom Kanton Waadt offiziell bezüglich Emissionen gemessen. Ebenfalls wurden jüngst vermehrt Unternehmen in der Romandie auf die Technologie aufmerksam. Die geplante Anlage mit 500 kW soll im September 2022 in Betrieb gehen.

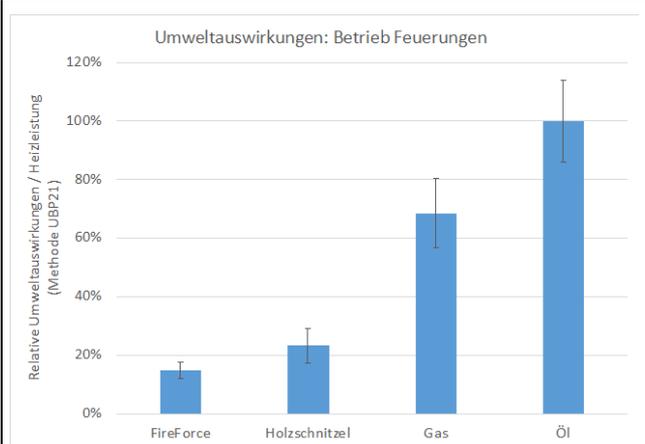
Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact³²): Die Grenzwerte wurden bei den Emissionen deutlich unterschritten. Die Feinstaub-Messungen der HEIG-VD lagen sogar unter der Messschwelle von 1 mg/m³. Damit führt die Technologie nicht nur zu effizienteren Heizanlagen (8 bis zu 32% höherer Wirkungsgrad), sondern auch zu deutlich weniger Schadstoffemissionen als bei konventionellen Holzschnitzelfeuerungen.

Die Umweltauswirkungen der Fireforce-Feuerung wurden mit denjenigen einer konventionellen Schnitzelfeuerung sowie mit Gas- und Öfeuerungen unter Verwendung der Methode der Ökobilanzierung verglichen. Dazu wurden Hintergrunddaten aus der Datenbank UVEK 18 und für die Bewertung die Methode der ökologischen Knappheit 21 verwendet. Die Auswertung zeigt, dass relevante Reduktionen der Umweltbelastungen erreicht werden konnten. Zudem wurden die externen Kosten dieser vier Heizungssysteme berechnet.

Bei einer Anlagengrösse von 500 kW und einem jährlichen Wärmebedarf von 500'000 kWh können die folgenden Reduktionen pro Jahr erzielt werden, je nachdem, welche Heizung ersetzt wird:

Einsparung	Nutzen Ersatz Feuerung durch Fire force		
	Holz	Gas	Öl
Mio. UBP/Jahr	18	120	180
externe Kosten in CHF/Jahr	5'000	13'000	26'000

Gegenüber einer konventionellen Holzschnitzelfeuerung ergibt sich der Nutzen durch die geringeren Luftemissionen und gegenüber den fossilen Heizungen durch die Reduktion der klimarelevanten Emissionen.



Fünf-Jahres-Prognose: Um eine Prognose bezüglich des möglichen zukünftigen Nutzens zu machen, wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Mit den geplanten Fireforce-Feuerungen werden zu 50 Prozent konventionelle Neuanlagen Schnitzelfeuerungen und zu 25 Prozent bestehende Gas- und Öfeuerungen ersetzt.
- Die Firma plant, in den nächsten fünf Jahren 100 Feuerungen für einen Wärmebedarf von 50 GW zu installieren. Die Chance, dass dieses Ziel erreicht wird, wird auf 25 Prozent geschätzt

Unter diesen Annahmen ergibt sich in fünf Jahren der folgende jährliche Nutzen:

- Reduktion externer Kosten: 300'000 Franken
- Reduktion Umweltbelastungen: 2 Mrd. UBP

Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ...

- 4 Mio. Autokilometern oder
- 80 Einwohnern/-innen pro Jahr CH) oder
- 20 t Rindfleischproduktion

Fazit und Ausblick

Die Zwischenergebnisse lassen darauf schliessen, dass die Technologie die Erwartungen erfüllt. Aufgrund begrenzter Personalressourcen ist das Start-up-Unternehmen jedoch noch nicht so aufgestellt, dass es die Vorteile der Technologie am Markt voll ausspielen kann. Das Unternehmen geht dennoch davon aus, dass es bis in fünf Jahren über 100 Anlagen mit mehr als 500 kW Leistung in Betrieb nehmen kann. Möglicherweise werden bald schon Konkurrenzprodukte mit derselben Technologie auf den Markt kommen. Fireforce wehrt sich aktuell bereits gegen einen vermuteten Fall von Industriespionage.

Grösste Herausforderung für das Unternehmen ist die Rekrutierung von qualifiziertem Personal. Was die Entwicklung hingegen begünstigt, sind der steigende Bedarf nach CO₂-neutraler Wärmeerzeugung und die bestehenden Vorgaben zur Luftreinhaltung. Mit gängigen Holzverbrennungskesseln können diese nur mit platzintensiven und kostspieligen Elektrofiltern eingehalten werden.

³² Die quantitative Auswertung ist aufgrund der Annahmen mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen.

A 1.7 Heisswasser als Glyphosat-Alternative; UTF-Nr. 599.11.19

Pflanzenbehandlung mit Heisswasser



© Lukas Tanner

Heisswasser als Glyphosat-Alternative für den Bahnnetzunterhalt

Laufzeit geplant: April 2019 bis Dezember 2021 (um 1 Jahr verlängert)

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 200'000 Franken (21% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 952'476.-). Ein weiterer Teil wurde durch die Bahninfrastrukturforschung des Bundesamts für Verkehr finanziert.

Wirkungsbereich: Boden & Altlasten

Weitere Bereiche: Grundwasserschutz

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grundda-ten/?ProjectID=43700>

Einleitung: Das Bahnnetz der SBB (rund 7'600 km) wird jährlich mit 2 bis 3 Tonnen des problematischen Herbizides «Glyphosat» vegetationsfrei gehalten, um Sicherheit und Langlebigkeit der Gleisanlagen sicherzustellen. Glyphosat ist in der Schweiz das einzige im Gleisbereich zugelassene Herbizid. Bisher ist kein Verfahren verfügbar, das ein ähnlich gutes Kosten-/Wirkungsverhältnis aufweist und die Anforderungen im Bahnbereich erfüllt. Als mögliche Alternative kann die Vegetationsbekämpfung mittels Heisswasser in Betracht gezogen werden, da dies in der biologischen Landwirtschaft und im Kommunaldienst bereits anerkannt ist. Für den Bahnbereich sind die dort eingesetzten Technologien jedoch noch zu wenig effizient, um bei den erforderlichen Fahrgeschwindigkeiten eingesetzt werden zu können.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Die SBB AG hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2025 kein Herbizid mehr zu verwenden. Deshalb wurde im Projekt für die Unkrautvernichtung mittels Heisswasser im Gleisbereich eine Zugkomposition mit automatischer Pflanzenerkennung und selektiver Pflanzenbehandlung für Fahrgeschwindigkeiten bis 40 km/h aufgebaut und erprobt. Die Absterberate wurde wissenschaftlich überprüft und der Versuch mit Optimierungsmassnahmen wiederholt. Ziel war die Beurteilung der Wirksamkeit und der technischen und betrieblichen Machbarkeit. Die Erkenntnisse sollten nicht nur den SBB, sondern auch anderen Bahninfrastrukturbetreibern im In- und Ausland dienen. Wichtige Zielgruppen sind auch die Industriedienstleister, die Bahnunterhaltsarbeiten anbieten.

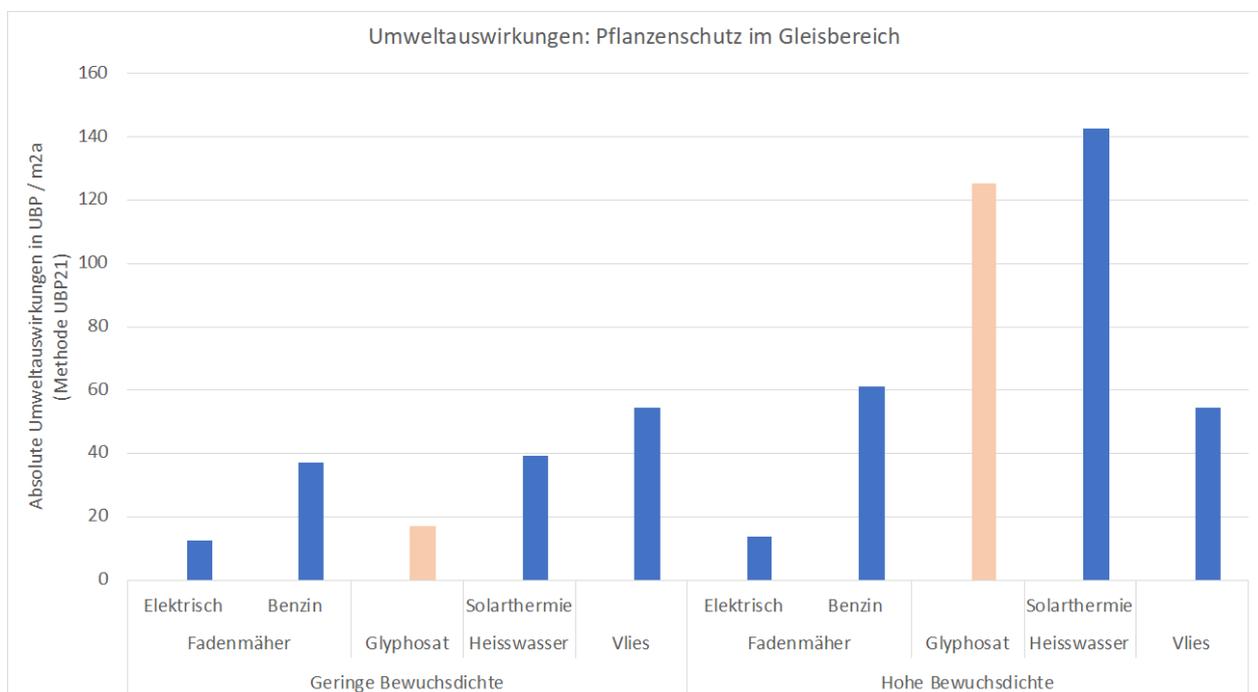
Umsetzung/Organisation: Das Projekt wurde von der SBB AG durchgeführt. Im Vertrag waren keine weiteren Projektpartner aufgeführt. Für die wissenschaftlichen Auswertungen, unter anderem zu den Absterberaten, wurde Agroscope beauftragt, die Ökobilanzierung wurde von Carbotech AG erstellt.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Mit der ausgerüsteten Zugkomposition wurde die Heisswassertechnologie auf mehr als 250 km Strecke mit bis zu 40 km/h getestet. Die Versuche wurden im Projektverlauf ausgedehnt, weshalb das Projekt ein Jahr länger dauerte. Es wurden zusätzlich Kombinationen mit Fernerkundungsdaten erprobt: Luftaufnahmen wurden mit künstlicher Intelligenz ausgewertet, um zu bestimmen, wo eine Vegetationskontrolle notwendig ist. Die Erkenntnisse wurden in Fachzeitschriften und an internationalen Branchentreffen vorgestellt. Das Interesse am Erfahrungsaustausch war gross, weil auch in anderen Ländern grosse Anstrengungen unternommen werden, um vom Glyphosateinsatz wegzukommen.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Eine pauschale Ersatzlösung für Glyphosat ist durch Heisswasser nicht zu erwarten. Als Lösung wird eine Mischung von unterschiedlichen Massnahmen und alternativen Verfahren erwartet. Die Versuche bestätigten die hohen technischen, betrieblichen und logistischen Herausforderungen im Vergleich zu chemischen Lösungen. Dem Heisswasser Verfahren wird neben mechanischen Verfahren aber trotzdem ein bedeutender Stellenwert als Glyphosat-Alternative eingeräumt.

Das Projekt hat insbesondere Erkenntnisse geliefert zu den Fragen, wie viel Vegetationskontrolle überhaupt nötig ist, wo man die Vegetation eliminieren muss und wo ein Dezimieren ausreicht. Grundsätzlich wurde erkannt, dass weniger eliminierende Vegetationskontrolle möglich ist als bisher angenommen. Das dürfte mittelfristig einen stärkeren Effekt auf den Glyphosateinsatz haben als die Einführung des Heisswasser-Verfahrens. Für eine Anpassung der Vegetationskontrolle wird noch Überzeugungs- und Schulungsarbeit notwendig sein. Diese ist jedoch angelaufen.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact³³): Der Vergleich der Umweltauswirkungen der verschiedenen Varianten zur Vegetationskontrolle hat gezeigt, dass die Heisswasser-Variante gegenüber Glyphosat auch dann keinen ökologischen Vorteil bietet, wenn das Wasser mit erneuerbarer Energie erhitzt wird. Das mag erstaunen, zeigt jedoch eine Erkenntnis, die bei Ökobilanzen immer wieder auftauchen: dass Umweltauswirkungen, die beispielsweise in der Produktion an anderen Orten entstehen, ebenso relevant sein können wie örtlich problematische Auswirkungen, hier betrifft das den Energiebedarf. Ökologisch vorteilhaft sind die mechanischen Varianten wie Fadenmäher, vor allem dann, wenn diese elektrisch betrieben werden. Jedoch ist hier zu berücksichtigen, dass bezüglich der Wirkung und des Aufwands grosse Unterschiede zum Einsatz von Herbiziden bestehen.



Fünf-Jahres-Prognose: Auch wenn das Projekt nicht das erwartete Resultat (Heisswasser sei ökologischer als Glyphosat) geliefert hat, so ergaben sich dennoch relevante Erkenntnisse zur Optimierung des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes bei der Bahninfrastruktur. Falls diese umgesetzt werden, können Reduktionen beim Einsatz von Glyphosat und damit der Umweltauswirkungen erreicht werden. Es wurde eine Abschätzung dieses Nutzens gemacht mit den folgenden Annahmen: Reduktion des Glyphosateinsatzes um 30 Prozent auf der Hälfte der Flächen und auf den anderen 50 Prozent der Flächen Ersatz des Glyphosateinsatzes durch den Einsatz von mechanischen Verfahren (50% elektrisch und 50% Benzin).

In den nächsten fünf Jahren ist zu erwarten, dass diese beiden Massnahmen auf 20 Prozent der Gleisstrecken realisiert werden. Später soll dieser Anteil bis auf 80 Prozent erhöht werden. In fünf Jahren ergibt sich daraus der folgende Nutzen pro Jahr:

Reduktion Umweltbelastung: 470 Mio. UBP Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ...

³³ Die Analyse beruht auf einer bestehenden Ökobilanzstudie, die Datengrundlagen wurden aktualisiert und die Resultate in Umweltbelastungspunkten ausgewiesen für die aktuelle Version der Methode der ökologischen Knappheit (Version 2021). Eine Aktualisierung der Unsicherheitsanalyse wurde nicht durchgeführt. Ausgewiesen wurde in der Originalstudie eine Unsicherheit von 15 bis 30 Prozent und etwas höhere Werte von 40 bis 50 Prozent für Glyphosat bei geringer Bewuchsdichte.

Die Reduktion der externen Kosten konnte mit der verwendeten Version der Methode nicht beurteilt werden.

1 Mio. Autokilometern oder
18 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder
4,2 t Rindfleischproduktion

Fazit und Ausblick

Das Projekt hat, neben dem ursprünglichen Ziel einer Machbarkeitsstudie für die Heisswasser-Technik, zusätzlich wertvolle Erkenntnisse zur Vegetationskontrolle im Gleisbereich geliefert.

Für eine dauerhafte Etablierung von alternativen Verfahren und Massnahmen zur Vegetationsregulierung im SBB-Bahnnetz sind weitere Entwicklungen von Technologien sowie der Aufbau eines entsprechenden Dienstleistungsmarktes entscheidend. Auch eine konsequente Optimierung der Gesamtkosten der Verfahren ist für eine schweizweite Einführung notwendig. In den nächsten Jahren und in Abhängigkeit von den rechtlichen Rahmenbedingungen geht die SBB von einer sukzessiven Einführung von Alternativlösungen zur chemischen Vegetationskontrolle mit Glyphosat aus. Die Umstellung wird dadurch gehemmt, dass die Heisswasser-Technologie keine wirtschaftlichen Vorteile gegenüber Glyphosat hat. Zudem können beim Bahninfrastrukturunterhalt keine Risiken eingegangen werden. Eine Veränderung der Vegetationskontrolle darf mittelfristig nicht zu einer Zustandsverschlechterung führen. Was hingegen zu einem starken Treiber werden könnte, wäre ein Glyphosatverbot im Gleisbereich.

A 1.8 Helventomill – Insekten als Futter- und Lebensmittel; UTF-Nr. 651.30.20

Realisierte Aufzuchtversuchsanlage



© BÜHLER AG

Mobile Hybridaufzuchtanlage für die industrielle Zucht von Insekten für Futter- und Lebensmittel

Laufzeit geplant: Februar 2021 bis Januar 2022

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 251'900 Franken (38% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 669'159.–)

Wirkungsbereich: Abfall, Recycling & Rohstoffkreisläufe
Weitere Aspekte: Landnutzung

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=49229>

Einleitung: Die Insektenzucht liefert pro Fläche mehr Proteine als Pflanzen. Ausgehend von organischen Abfällen aus der Landwirtschaft und aus der Verarbeitung von Lebensmitteln können so mit wenig Flächenbedarf verschiedene Stoffe für die Ernährung von Mensch und Tier produziert werden. In der Schweiz wird die Insektenzucht noch nicht in grossem Masse betrieben. Die theoretischen Grundlagen für eine industrielle Insektenzucht wurden in einer Machbarkeitsstudie bereits erarbeitet.

Zielsetzung und Zielgruppe (Konzept): Als Basis für die Planung einer industriellen Anlage soll mit einer kleinen, mobilen Hybridaufzuchtanlage die Massenbilanz (Menge an Endprodukten pro Menge eingesetzter Biomasse) validiert und Fütterungsversuche mit Ferkeln und Legehennen durchgeführt werden. Die eingesetzten Insekten sind die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (BFS; zur Herstellung von proteinreichem Mehl für die Tierfütterung) und die des Mehlkäfers (für menschliche Ernährung). Aus den Reststoffen der Insektenverarbeitung wird ein Dünger produziert. Neu an der Hybridaufzucht ist, dass gleichzeitig BSF-Larven und Mehlwürmer produziert und somit beide Marktsegmente bedient werden können. Dies soll das wirtschaftliche Risiko für die Insektenindustrie senken und Synergien bei der Zucht, zum Beispiel bei der Beschaffung der Ausgangsrohstoffe, genutzt werden.

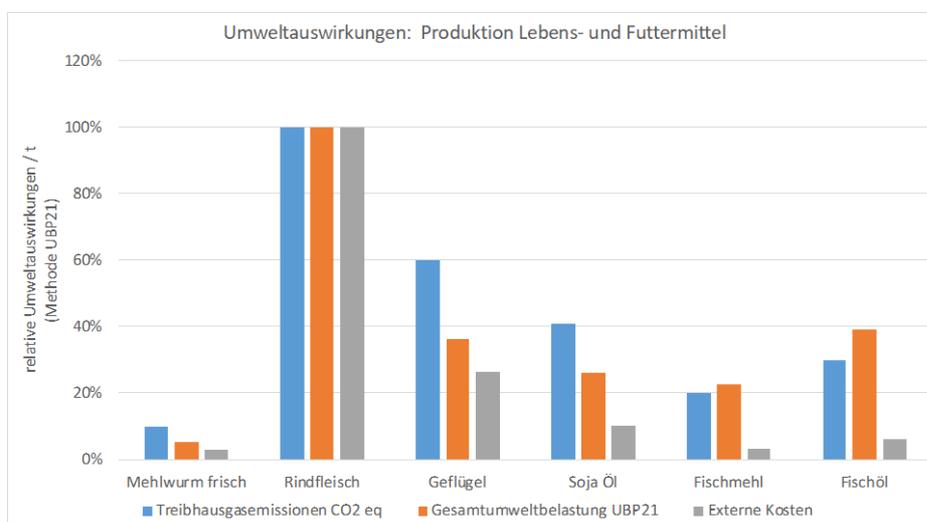
Umsetzung/Organisation: Das Projekt wird von der Firma Bühler AG, Abteilung Insect Technology, zusammen mit den landwirtschaftlichen Partnern fenaco Genossenschaft (u.a. Düngerhändler) und UFA AG (u.a. Futtermittelproduzent und -händler) durchgeführt. Zentrale Herausforderungen bei der Umsetzung waren der Bau der Anlage sowie ein Preisanstieg bei den Rohmaterialien. Die Corona-Pandemie hat zusätzliche Verzögerungen mit sich gebracht und die Zusammenarbeit erschwert. Im Projektverlauf gab es Anpassungen, die zu einer reinen Mehlwurmaufzucht führten. Bei den Fütterungsversuchen war die Herausforderung die Beschaffung der entsprechenden Menge an Insektenprotein und -fett, wobei auf ausländische Lieferanten zurückgegriffen werden musste.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Angaben zu Stoffflüssen und die Massenbilanz liegen vor und können für die Hochrechnungen der Produktion verwendet werden. Die durchgeführten Fütterungsversuche zeigen gute Resultate. Bei Abschluss des Projektes soll ein wissenschaftliches Kolloquium durchgeführt und die Ergebnisse einem breiten Publikum zugänglich gemacht werden. In der Schweiz werden aktuell dezentrale Modelle bei Landwirten mit organischen Hofabfällen für die Aufzucht des Mehlwurms (statt Hybridanlage) präferiert.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Die Zielgruppe der Landwirte und Futtermittelproduzenten konnte, auch aufgrund der Projektorganisation, gut erreicht werden. Die Hoffnung war jedoch, dass Insektenprodukte bereits günstiger herzustellen sind als konventionelle Proteinquellen, was derzeit in einer Hybridanlage der ursprünglich geplanten Grösse noch nicht möglich ist. Das Aufzeigen von funktionalen Vorteilen war daher ein wichtiger Aspekt. Der Austausch mit dem Retail-Sektor (Nahrungssegment Mensch) war jedoch nicht so tief wie erhofft. Inwieweit und mit welchem Aufwand diese Zielgruppe künftig erreicht werden kann, ist offen. Zuerst (Stand Mai 2022) muss im Konsortium

der Entscheid gefällt werden, ob und wie es nach dieser Pilotphase weiter geht. Sicherlich wird die Ausgangslage eine andere sein, wenn ein vermarktbare Produkt da ist.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact³⁴): Die Umweltauswirkungen der Mehlwurmproduktion wurden mit der Produktion von Fleisch und Tierfutter verglichen. Dazu wurden Hintergrunddaten aus der Datenbank UVEK 18, eigene Datengrundlagen und für die Bewertung die Methode der ökologischen Knappheit 21 verwendet. Die relativen Umweltauswirkungen im Vergleich zur Produktion Rindfleisch in der folgenden Darstellung zeigen, dass die Aufwände der Mehlwurmproduktion eine geringere Umweltbelastung verursacht als die herkömmliche Produktion von Fleisch und Futtermittel. Im Vergleich zu Rindfleisch sind es etwa 90 bis 95 Prozent weniger Umweltbelastungen. Aus ökologischer Sicht ist der Nutzen beim Ersatz von möglichst hochwertigem Fleisch mit Proteinen des blanchierten Mehlwurms am höchsten. Einen etwas geringeren Nutzen erzielt der Ersatz von Tierfutter (Fischmehl oder Fischöl/Sojaöl) durch das Mehl des Mehlwurms³⁵. Relevante Grössen für die landwirtschaftliche Produktion sind Dünger- und Pestizid-Emissionen, Biodiversitätseinbussen der Landnutzung und die Energie für Arbeitsschritte und Produktion. Die Überfischung ist ein weiterer relevanter Aspekt. Eine ergänzende Bilanz wurde für die externen Kosten dieser Umweltauswirkungen erstellt (ein Faktor für Überfischung fehlt hier).



Für einen Ersatz sind die Nährstoffe der gewonnenen Mehlwurmprodukte und damit möglichen Szenarien für den Ersatz von Lebens- und Futtermitteln zu berücksichtigen. Für die einzelnen Fraktionen aus der Mehlwurmproduktion ergibt sich pro Tonne das folgende Fazit der Einsparung.

Einsparung	Ersatz einer Tonne Nahrungsmittel durch Mehlwurmprodukte		
	Fleisch Mischwert	Tierfutter Fischmehl	Soja/Fischöl
Treibhausgasemissionen in kg CO2 eq/t	2'600	370	950
Umweltauswirkungen in Mio UBP/t	29	8	13
Externe Kosten in CHF/t	5'700	24	490

Fünf-Jahres-Prognose: Für die Prognose des möglichen zukünftigen Nutzens wurden aufgrund der enthaltenen Nährstoffe in den Mehlwurmprodukten die folgenden Annahmen getroffen:

³⁴ Die quantitative Auswertung und insbesondere die Prognose ist aufgrund der Annahmen zur Produktionsmenge und zum damit erzielten Ersatz Lebens- und Futtermittel mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser Evaluation wurde keine Analyse der Unsicherheiten durchgeführt und damit in der Darstellung keine Fehlerbalken ausgewiesen. Die Datengrundlagen basierend auf anlagenspezifischen Angaben zur Mehlwurmproduktion und bestehenden Datengrundlagen der Produktion Nahrungsmittel (Einschätzung Datenqualität: gut).

³⁵ Der Aufwand für die Mehlwurmproduktion wurde bei der Berechnung proportional zum Gewicht auf die Output Produkte verteilt (massenbasierte Allokation).

-
- Die verschiedenen Bestandteile von einer Tonne frischer Mehlwurm ersetzen bei der Nutzung teils im Lebensmittel- teils im Futtermittelbereich gleichzeitig 300 kg Fleisch, 170 kg Fischmehl und 60 kg Fisch- oder Sojaöl
 - Die produzierte Menge Mehlwürmer würde mit der Realisierung des Szenarios der dezentralen Mehlwurmproduktion rund 450 t pro Jahr betragen und hätte das Potenzial, mit den identifizierten Nährsubstratströmen in den kommenden Jahren auf insgesamt 7'425 t pro Jahr anzuwachsen.
 - Die Chance, dass dieses Ziel und der Ersatz von Fleisch und Tiernahrung erreicht wird, wird auf 50 Prozent geschätzt.

Unter diesen Annahmen ergibt sich in fünf Jahren der folgende jährliche Nutzen:

- | | |
|---|--|
| - Reduktion Umweltbelastungen: 40 Mrd. UBP | Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ... |
| - Elimination CO ₂ -eq: 3,5 kt CO ₂ -eq | - 81 Mio. Autokilometern oder |
| - Reduktion externer Kosten: 6,5 Mio. Franken | - 1'500 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder |
| | - 360 t Rindfleischproduktion |
-

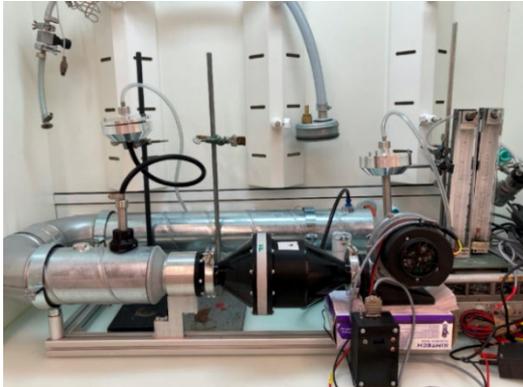
Fazit und Ausblick

Die Pilotanlage hat wichtige neue Erkenntnisse hervorgebracht und zeigt, dass eine industrielle Produktion möglich ist. Die Nachfrage nach Fleischersatzprodukten steigt. Eine Herausforderung bei der Skalierung ist der Platzbedarf sowie der Preis.

Zukünftig könnte die Produktion von Mehlwürmern auch auf landwirtschaftlichen Betrieben gemacht werden, im Sinne eines Nebenerwerbs oder Umsattelns (bspw. statt Schweineaufzucht Insektenzucht mit organischen Abfällen). Organisatorisch wäre ein Zusammenschluss mit einer zentralen Verarbeitungsstelle und dezentraler Aufzucht bei etwa fünf Produzenten interessant. Für landwirtschaftliche Betriebe ist eine Aufzucht ab ungefähr 20 Tonnen Nährsubstrat pro Jahr und bei vorhandenem Platz attraktiv. Für die weitere Entwicklung und erfolgreiche Etablierung am Markt sind der Preis und die regulatorischen Rahmenbedingungen entscheidend.

A 1.9 Viren- und Nanopartikelfilter; UTF-Nr. 636.15.20 und 655.03.21

Airbus-Filterprüfstandssystem



©NanoCleanAir GmbH

Viren- und Nanopartikelfilter Phase 1 und 2 (Reinigung kontaminierter Atemluft von Nanopartikeln und Viren)

Laufzeit: Phase 1: Juli 2020 bis Januar 2021

Phase 2: Februar 2021 bis Januar 2023

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag:

Phase 1: 49'984 Franken (27% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 183'614.-)

Phase 2: 300'000 Franken (41% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von 733'338 CHF)

Umweltbereich: Luftreinhaltung

Link:

Phase 1: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=47193>

Phase 2: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=49231>

Einleitung: Die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass es einen Bedarf gibt für Filter in Lüftungsanlagen, die Viren effizient beseitigen. Bestehende Filtermedien für den Virenschutz sind vor allem die Mund und Nase bedeckenden Masken aus Vliesstoffen. Nach den gültigen Normen soll deren Abscheidegrad bei 94 Prozent (für FFP2) liegen für Partikel, die grösser sind als 600 nm – vorausgesetzt, dass die Maske dicht an der Haut abschliesst. Viren als Aerosol im Grössenbereich 50 bis 150 nm werden aber von solchen Masken nur ungenügend (von aussen nach innen und von innen nach aussen) zurückgehalten, selbst wenn die Masken seitlich dicht anschliessen.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Auf Basis eines bestehenden Kabinenfilters der NanoCleanAir GmbH soll angesichts der Corona-Pandemie ein Filtersystem entwickelt werden, das nebst der Eigenschaft der hoch-effizienten Filtration von Feststoff-Nanopartikeln aus der Atemluft auch Viren, Bakterien und Keime, die sich als Aerosole ähnlich wie Nanopartikel aus der Verbrennung verhalten, filtert und unschädlich macht. Diese Filter zur Virenabscheidung sollen in Hotspots wie Fahrzeugkabinen des ÖV und sonstigen geschlossenen Räumen, in denen sich mehrere Menschen längere Zeit aufhalten müssen, eingesetzt werden.

Umsetzung/Organisation: Das Projekt wurde durchgeführt von der Firma NanoCleanAir GmbH mit wissenschaftlichen Partnern am Institut für Sensorik und Elektronik der FHNW, am Merkle Institut der Universität Fribourg und mit der Stiftung Swiss Lung Foundation. Partner für die Durchführung der Realtests in Phase 2 sind zudem die Combustion and flow solutions GmbH und eine Schule. Zentrale Herausforderung bei der Umsetzung war und ist die Interdisziplinarität, sowie die verfügbaren finanziellen Eigenmittel. Das Projekt läuft noch und es kommen laufend neue Partner dazu für Tests in weiteren Anwendungsbereichen (Liftkabinen, Spitalzimmer, ÖV-Busse, etc.).

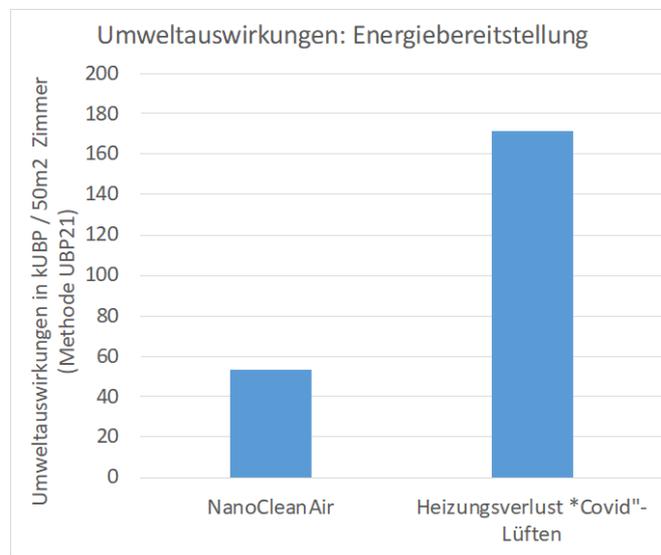
Ergebnisse und Leistungen (Output): Das Filtersystem wurde in einem Schulzimmer getestet. Es zeigte eine hohe Effizienz bei der Entfernung von Viren, Bakterien und Keimen. Auf Labor-Ebene konnte gezeigt werden, dass dies auch im industriellen Betrieb, in einem Lift und Flugzeug funktionieren sollte. Zur Marktsensibilisierung und Kommunikation wurde ein Infofilm auf der Website der Firma publiziert. Es gab auch Medienberichterstattung und die Resultate werden im Rahmen von Konferenzen an der ETH und an internationalen Fachkongressen präsentiert.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Neben dem Herzstück des Filters umfasst das NanoCleanAir-System auch eine spezielle Luftführung, die vermeidet, dass kontaminierte

Gesundheitlicher Nutzen:

Luft sich im Raum ausbreitet, bevor diese zum Filter gelangt. Das System wurde erfolgreich getestet und dabei die hohe Effizienz für die Entfernung von Viren, Bakterien und Keimen nachgewiesen. Patente (Filter als Kernelement) wurden angemeldet und Lieferverträge mit Produzenten abgeschlossen. Es gibt verschiedene Anfragen von Ventilationsfirmen und erste Gespräche mit Flugzeugproduzenten.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact): Mit dem Filtersystem verbunden werden neben einer geringeren Virenbelastung weitere positive Effekte, wie zum Beispiel der geringere Wartungsaufwand der Filtersysteme oder geringere Verluste der Heizenergie gegenüber dem Stosslüften. Konkrete Daten für eine Beurteilung dieser Wirkungen lagen nur für den Testbetrieb in einem Schulzimmer vor. Der Energiebedarf für den Betrieb während der Schulzeit im Winterhalbjahr beträgt rund 150 kWh. Im Vergleich dazu führt Lüften alle 20 Minuten zur Covid-Profilaxe zu Verlusten in der Grössenordnung von 20 Prozent. Unter der Annahme, dass mit dem Filter Lüften um die Hälfte reduziert und damit Wärmeverluste vermieden werden, da das System mit einem Wärmetauscher ausgerüstet ist, ergeben sich Einsparungen beim Heizen von rund 500 kWh. Berechnungsbasis ist somit: 50 m² Zimmerfläche und einem Heizbedarf von 100 kWh/m²*a, Lüften alle 20 Min. als Covid-Profilaxe. Daraus ergibt sich im Vergleich zum Lüften folgende Abschätzung des direkten Umweltnutzens (vgl. Darstellung). Zumindest in Pandemie-Zeiten ist der Betriebsaufwand positiv.



Das NanoCleanAir-System zeigt im Versuch eine Effizienz mit einer Eliminierung von 99 Prozent der Viren, Bakterien und Keime.

Ein Vergleich der Effizienz der Reduktion der Virenlast in Schulhäusern gegenüber anderen Massnahmen zum Gesundheitsschutz zeigt folgende Ergebnisse:

- NanoCleanAir: 1:100
- Lüften 1:2
- Konventionelle Luft-Reinigung: 1:3

Die Verwendung des Filtersystems an Hotspots wie zum Beispiel ÖV, Spitäler, Schulen und Einkaufszentren kann einen relevanten Beitrag zur Reduktion der nachfolgend aufgeführten Folgekosten einer Pandemie leisten.

- Corona Erwerbsersatz-Statistik 2021³⁶: Entschädigung 3,6 Mrd. Franken (Stand Ende 2021)
- Auswertung Seco 2022³⁷: Schätzung Gesamtwirtschaft Kosten Lockdown 1,4 bis 1,8 Mrd. Franken pro Monat

Dem gegenüber stehen einmalige Investitionskosten für eine 20-jährige Nutzungsdauer von rund 10'000 Franken pro Raum mit 50 m². Für die Energiebezugsfläche (EBF) von Schulen mit 24 Mio. m² EBF und in Spitälern von 17 Mio. m² EBF ergeben sich Investitionskosten in der Höhe von einigen Mrd. Franken. Der Wartungsaufwand ist gegenüber konventionellen Lüftungen gering, jedoch liegen dafür keine Erfahrungen und entsprechend keine Angaben vor. Je nach Häufigkeit von Situationen wie der Corona-Pandemien, die solche Massnahmen verlangen, kann eine breite Anwendung des NanoCleanAir-Systems ökonomisch sinnvoll sein.

Da sowohl die Quantifizierung des Nutzens in unterschiedlichen Situationen (ÖV, Industrie und Schulen) wie auch die Einschätzung der Häufigkeit von Pandemie-Ausnahmesituationen praktisch nicht möglich ist beziehungsweise mit extrem hohen Unsicherheiten behaftet wäre, verzichten wir auf eine weitere quantitative Auswertung des ökologischen Nutzens.

Fazit und Ausblick

Es bestehen vielseitige Einsatzmöglichkeiten des Virenfilters zum Schutz der Gesundheit und zur Risikoverminderung. Mit dem Einsatz an Hotspots oder in kritischen Einrichtungen wie Spitälern und Altersheimen, aber auch in Schulen, Flugzeugen, Theater, ÖV kann langfristig ein relevanter Beitrag zur Prävention geleistet werden. Punktuell kann auch ausserhalb von Pandemie-Zeiten ein Einsatz sinnvoll sein. So können zum Beispiel Einschränkungen und

³⁶ Bundesamt für Sozialversicherungen BSV (2022): Corona Erwerbsersatz-Statistik 2021.

³⁷ Staatssekretariat für Wirtschaft SECO (2021): Wirksamkeit und Kosten von Corona-Massnahmen und optimale Interventionsebene.

Ausfälle durch Grippe, Asthma, Heuschnupfen usw. vermindert werden. Grundsätzlich sind zwei Anwendungslösungen möglich: Aufrüstung bestehender Lüftungen mit diesen neuen Filtern (bessere Performance und Lebensdauer) oder der Einbau von neuen Systemen (mit Absaugen der Luft von oben).

Der Erfolg am Markt ist stark von Regulierungen (Definition von Grenzwerten für Luftbelastungen in Innenräumen) abhängig. Gleichzeitig könnten verschiedene Anforderungen, wie beispielsweise CO₂-Gehalt in der Luft, auch mit einfacheren Systemen gelöst werden können. Die NanoCleanAir verfügt derzeit nicht über die Produktionsmittel, um breit anwendbare Lösungen zeitnah und preislich attraktiv in grosser Anzahl umzusetzen. Somit würde jede Form der Konkurrenz den Prozess beschleunigen. Gleichzeitig hat die Firma viel Potential, sich durch ihre Expertise und über Consulting beratend einzubringen oder als Zulieferer zu agieren.

A 1.10 P-Rückgewinnung – Verfahrensevaluation ARA Thunersee; UTF-Nr. 659.07.21

Anlage ARA Thunersee



©ARA Thunersee

Machbarkeitsstudie zum Phosphor-Recycling auf der ARA Thunersee

Laufzeit: Mai 2021 bis Februar 2022

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 49'867 Franken (30% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 164'242.-)

Wirkungsbereich: Abfall, Recycling & Rohstoffe

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjektID=49241>

Einleitung: Gemäss VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) muss der Phosphor (P) aus Kläranlagen bis im Jahre 2026 zumindest teilweise zurückgewonnen werden. Dafür wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Für die Wahl des Verfahrens spielen die verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen auf der jeweiligen ARA oder der KVA (für Klärschlammasche) eine Rolle. Die ARA Thunersee betreibt eine biologische Phosphor-Elimination und ist auf der Suche nach einem geeigneten Verfahren.

Zielsetzung und Zielgruppe (Konzept): Ziel war es, mögliche Verfahren zur P-Rückgewinnung auf der ARA Thunersee mit möglichst geringer Umweltauswirkung zu bestimmen. Die dafür entwickelte Bewertungsmatrix soll auch für andere ARA angewendet werden können. Zudem sollten die nächsten Schritte für die Umsetzung im Labor- und Pilot-Massstab aufgezeigt werden. Ziel für die ARA Thunersee wäre ein Verfahren, das die Rückgewinnung des Phosphors aus dem Klärschlamm ermöglicht und eine regionale Verwertung und Entsorgung der Reststoffe erlaubt. Bei einer Umsetzung der P-Rückgewinnung müssen die Zielgruppen für die Phosphor-Verwendung einbezogen werden. Vor allem dann, wenn der Phosphor als Dünger für die Landwirtschaft verwendet wird.

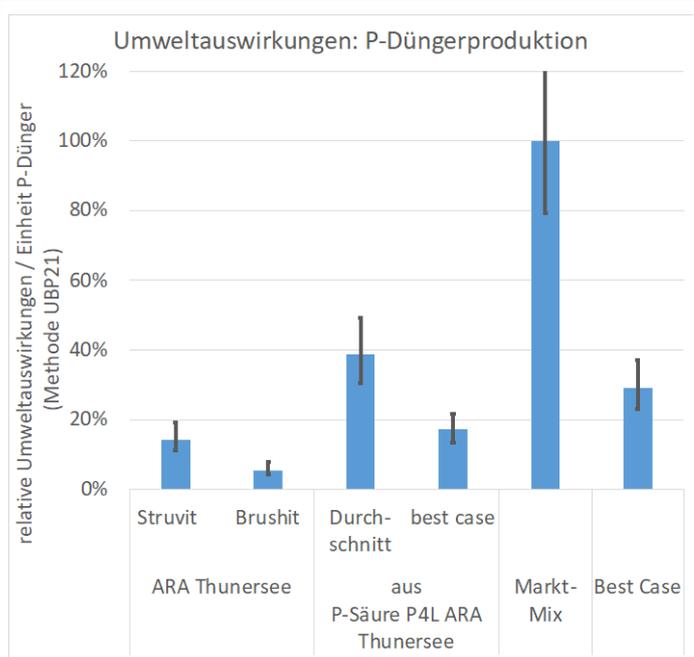
Umsetzung/Organisation: Das Projekt wurde von der ARA Thunersee und den Firmen Holinger AG und Carbotech AG durchgeführt. Holinger war für die Verfahrensevaluation und mögliche Implementation auf der ARA, Carbotech für die Ökobilanzierung zuständig.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Anhand einer Literaturrecherche wurde für verschiedene P-Rückgewinnungsverfahren (Nass- wie auch Ascheverfahren) untersucht, ob sie auf der ARA Thunersee technisch umsetzbar sind. Dafür wurde auch verfolgt, wie und in welcher Form der Phosphor aus der Wasserstrasse in den Schlamm gelangt. Für zwei auf der ARA Thunersee in Frage kommende Verfahren wurden die Umweltauswirkungen mit der Methode der Ökobilanzierung ermittelt und mit denjenigen des P4L-Verfahrens³⁸ verglichen. Weiter wurde eine Bewertungsmatrix für die Verfahren zur P-Rückgewinnung entwickelt, welche die Rahmenbedingungen auf der ARA (Infrastruktur, Prozesse), die technische Machbarkeit und die ökologischen Auswirkungen berücksichtigt. Die Bewertungsmatrix ist so gestaltet, dass auch andere ARA die gewonnenen Erkenntnisse nutzen können.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Die erarbeitete Bewertungsmatrix erlaubte die Auswahl von Verfahren, die die Rahmenbedingungen der ARA Thunersee berücksichtigen. Sie kann auch als Entscheidungshilfe auf anderen ARA verwendet werden. Von verschiedenen ARA wurde bereits ein entsprechendes Interesse angemeldet. Eine Ökobilanzierung liegt vor, die den Nutzen der beiden auf der ARA Thunersee in Frage kommenden Verfahren gegenüber anderen Verfahren belegt.

³⁸ Phosphor-Rückgewinnung aus der Klärschlammasche nach einer Monoverbrennung.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact): Berechnet wurden die Umweltauswirkungen der Produktion von P-Dünger aus der P-Rückgewinnung. Dieser P-Dünger hat eine vergleichbare agronomische Effizienz wie Tripelsuperphosphat-Dünger (TSP). Betrachtet wurden zwei Klärschlamm-Verfahren, die auf der ARA Thunersee realisiert werden könnten. Diese ergeben P in Form von Brushit oder Struvit. Zudem wurde das Verfahren P4L betrachtet. Die Daten für das P4L-Verfahren wurden einer Ökobilanzstudie der ETH entnommen und auf die Situation der ARA Thunersee angepasst. In dieser Studie wurden zwei Szenarien (Best Case und Worst Case) ausgewiesen. Die P4L-Rückgewinnung würde nicht auf der ARA Thunersee erfolgen, entsprechend notwendige Transporte wurden berücksichtigt. Die drei Verfahren wurden mit den Umweltauswirkungen der konventionellen TSP-Düngerproduktion verglichen. Da die Umweltauswirkungen sehr stark von der Art der Produktion abhängen, wurde sowohl der durchschnittliche TSP (Markt-Mix) wie auch die ökologischere Herstellung (Best Case) dargestellt. Die Resultate sind in der folgenden Darstellung abgebildet. Auch wenn die Resultate mit Unsicherheiten behaftet sind, so zeigen sie doch, dass die Verfahren auf der ARA Thunersee, im Vergleich zu konventioneller P-Düngerproduktion, mit wesentlich geringeren Umweltauswirkungen verbunden sind.



Fünf-Jahres-Prognose: Um einen möglichen Nutzen auszuweisen, wurde die Differenz zwischen der konventionellen P-Düngerproduktion und den Recycling-Düngern berechnet. Da es sich bei diesem Projekt um Vorabklärungen handelt, sind die Berechnungen mit grossen Unsicherheiten behaftet. Ebenso kann nicht gesagt werden, welches Verfahren realisiert wird und ob das Verfahren auch andere ARA implementieren werden. Entsprechend wird nur der mögliche jährliche Nutzen ausgewiesen, falls eines der Klärschlamm-Verfahren auf der ARA-Thunersee implementiert würde.

Reduktion externer Kosten:

- Brushit: 30'000 bis 50'000 Franken
- Struvit: 15'000 bis 40'000 Franken

Reduktion Umweltbelastungen:

- Brushit: 100 bis 370 Mio. UBP
- Struvit: 60 bis 300 Mio. UBP

Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ...

- 0,12 bis 0,75 Mio. Autokilometern oder
- 2 bis 14 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder
- 0,5 bis 3,3 t Rindfleischproduktion

Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieses Projektes konnten aus einer Vielzahl von Verfahren, die alle noch nicht grosstechnisch betrieben werden, zwei Verfahren evaluiert werden, die auf der ARA Thunersee implementiert werden könnten. Die Ökobilanzierung hat gezeigt, dass diese beiden Verfahren ökologisch sinnvoll sein können. Zudem wurden die relevanten Einflussgrößen der Umweltauswirkungen sichtbar. So hat es sich beispielsweise gezeigt, dass die verwendeten Hilfsstoffe wie Säuren und Laugen sowie die Nebenprodukte wie zurückgewonnenes Eisen(III)Chlorid relevante Einflussgrößen sind. Dagegen haben die Transportdistanzen einen geringeren Einfluss als erwartet. Anhand der Resultate werden nun die nächsten Schritte für eine Testphase im Labor- und Pilot-Massstab geplant. Bei diesem Schritt soll auch die Wirtschaftlichkeit der in Frage kommenden Technologien untersucht werden.

Mittelfristig müssen alle ARA in der Schweiz eine Lösung für die P-Rückgewinnung haben. Allenfalls wird die Umsetzungsfrist von 2026 auf einen späteren Zeitpunkt verschoben, damit die Industrie mehr Zeit hat, die adäquaten Verfahren zu entwickeln und zu testen.

A 1.11 ReCarb – Karbonatisierung von Altbeton; UTF-Nr. 635.14.20

Altbeton



© Neustark AG

CO₂ negatives Betonrecycling mittels Karbonatisierung

Laufzeit: August 2020 bis Juli 2022

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 308'174 Franken (25% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 1'242'165.-)

Wirkungsbereich: Klima

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=47360>

Einleitung: In der Schweiz stellt der Betonabbruch einen der grössten Abfallströme dar. Davon ausgehend, dass sich die jährlich verbauten Betonmengen seit 1960 stetig vergrössert haben, ist in den nächsten Jahrzehnten mit einem signifikanten Anstieg der abgebrochenen Betonmengen zu rechnen. Der Grossteil dieser Abfälle kann heute als Recyclingbaustoffe in Form von Betongranulat (RC-Kies) in gebundener oder ungebundener Form wiederverwertet werden. Beim Einsatz des RC-Kies als Sand- und Kiesersatz im Beton muss ohne eine Karbonatisierung mehr Zement eingesetzt werden, damit der R-Beton dieselbe Druckfestigkeit aufweist, wie ein Beton mit neuem Kies.

Die langfristige Klimastrategie der Schweiz sieht vor, bis ins Jahr 2050 Netto-Null-Treibhausgas-Emissionen zu erreichen. Der Bundesrat geht davon aus, dass sich in diesem Zeitraum 90 bis 95 Prozent der aktuellen Treibhausgas-Emissionen vermeiden lassen. Zum Ausgleich der verbleibenden Emissionen sollen negative Emissionstechnologien zum Einsatz kommen, die der Atmosphäre CO₂ entziehen und dieses dauerhaft speichern. Ein Teil kann hierzu die Bindung von CO₂ mittels Karbonatisierung in Betonabbruchmaterial beitragen. Neustark AG hat gemeinsam mit der ETH Zürich ein Verfahren zur Speicherung von CO₂ in Betonabbruchmaterial (karbonatisierter RC-Kies) entwickelt. Hierbei wird bei Betonrecyclingwerken vor Ort das gebrochene Betonabbruchgranulat in speziellen Reaktoren mit CO₂ begast, so dass sich das Betongranulat zu Kalkstein wandelt (karbonatisierter RC-Kies). Durch diesen Prozess wird die Porosität des Betongranulats verringert und die Qualität des Zuschlagsmaterial verbessert. Das biogene CO₂ stammt in diesem Projekt aus dem Klärschlamm einer Abwasserreinigungsanlage.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Im Projekt wird die CO₂-Speicherung in Betonabbruchgranulat im Labor optimiert, so dass bei 1 t Betonabbruchgranulat mindestens eine CO₂-Speicherrate von 3.33kg CO₂ erreicht wird. Anschliessend wird der Prozess auf eine Anlage in der Grössenordnung von zwei 20-Tonnen-Abroll-Container skaliert und mit eigens entwickelter Gas-Injektionssysteme sowie Messtechnik zur CO₂-Aufnahme bei einem Betonhersteller in Betrieb genommen. Eine Materialstudie mit Recycling-Betonmischungen soll Auskunft darüber geben, wie der Effekt der Karbonatisierung genutzt werden kann, um optimierte Betonrezepturen zu erzeugen. Zielgruppen der Technologie sind die Betonhersteller, die aus Altbeton RC-Kies für den Ersatz von Kies und Sand für die Betonproduktion machen, und indirekt auch die Bauherrschaften, die karbonatisierten RC-Kies verlangen können. Im Verlauf des Projektes erwies sich die erweiterte Baustoffrecycling-Branche als potenzielle Zielgruppe, weil beispielsweise Altbeton auch als Koffermaterial im Strassenbau eingesetzt wird. Zusätzlich kristallisierte sich der Markt für Negativ-Emissionszertifikate im Projektverlauf als wichtiger Bestandteil für den Business Case heraus.

Umsetzung/Organisation: Hauptgesuchsteller ist die Neustark AG, ein Spin-off der ETH. Wirtschaftspartner sind Kästli Beteiligungen AG, als Baustoffunternehmen sowie die Abwasserreinigungsanlage ara region bern AG. Wissenschaftspartner ist die ETH Zürich, Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik.

Ergebnisse und Leistungen (Output): Es wurde eine mobile Testanlage erstellt und während 40 Wochen (Stand April 2022) an verschiedene Betonhersteller vermietet. Aufgrund der guten Ergebnisse wurden bereits drei stationäre Anlagen bestellt, wovon eine unterdessen in Betrieb ging. Die Inbetriebnahme der mobilen Testanlage wurde von einem Medienevent begleitet. Damit sollten auch Bauherrschaften als Zielgruppe erreicht werden, weil deren Nach-

frage ein starker Hebel für die Nachfrage der Hersteller und Recycler ist. Weiter wurde eine CO₂-Verflüssigung in Betrieb genommen, die Zugang zu biogenem CO₂ aus der ARA gab. Die Kommunikation wurde im Projektverlauf verstärkt auf den Negativ-Emissionsmarkt ausgerichtet, weil dort ein Bedürfnis erkannt wurde. Vor diesem Hintergrund liess Neustark die Negativ-Emissionen aus der Technologie als solche unabhängig zertifizieren.

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact):

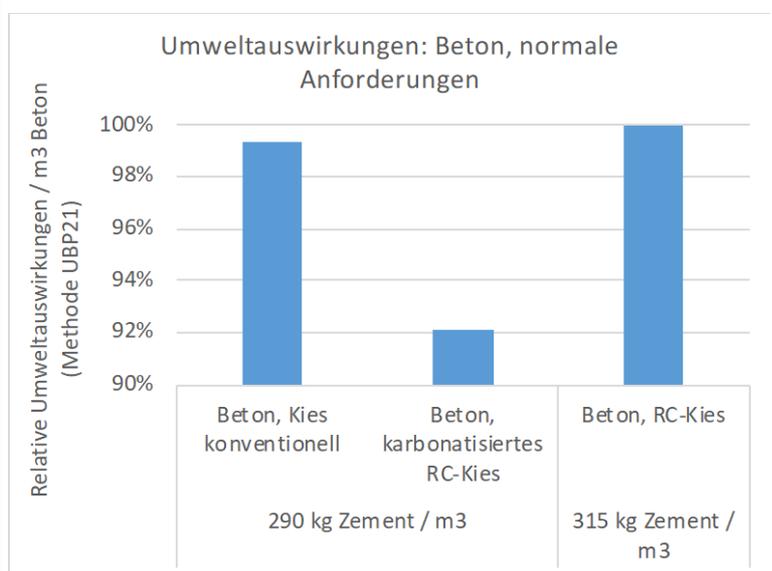
Die Karbonatisierung von Altbeton zur Wiederverwendung als RC-Kies hat zwei positive Umwelteffekte:

1. Im neuen Betonprodukt wird CO₂ dauerhaft gespeichert,
2. Durch die Karbonatisierung des Recyclingmaterials kann ein hochwertiger Beton mit weniger Zementanteil im Vergleich zum Einsatz des unbehandelten RC-Kies hergestellt werden.

Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Karbonatisierungsanlagen und nach Negativ-Emissionen aus diesen Anlagen kann davon ausgegangen werden, dass die relevanten Zielgruppen erreicht werden.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact):

Die Auswertung der Umweltauswirkungen zeigt (vgl. folgende Darstellung), dass der ökologische Vorteil des Einsatzes von Recycling-Betongranulat (RC-Kies) ohne die Karbonatisierung, durch einen höheren Zementbedarf für die gleiche Druckfestigkeit des Betons wettgemacht wird. Beim karbonatisierten Betongranulat bleibt die Druckfestigkeit und damit der Zementbedarf vergleichbar wie beim konventionellen Beton mit Kies. Dank der Karbonatisierung ergibt sich eine Reduktion der Umweltbelastungen von rund 8 Prozent. Diese ergibt sich im Wesentlichen aus der CO₂-Speicherung und der Ressourcenschonung von Kies. Im Rahmen dieser Evaluation konnten die Unsicherheiten nicht quantitativ bestimmt werden, entsprechend sind in der Darstellung keine Fehlerbalken ausgewiesen, obwohl die Resultate mit Unsicherheiten behaftet sind.



Fünf-Jahres-Prognose: Geplant ist, dass in fünf Jahren 80'000 t CO₂/Jahr in der Schweiz und der EU mit diesem Verfahren gebunden werden. Unter den Annahmen, dass davon 50 Prozent tatsächlich erreicht werden und davon die Hälfte für Beton und die andere Hälfte als Schüttmaterial im Strassenbau eingesetzt und damit nur als CO₂-Senke dient, ergibt dies den folgenden Nutzen:

- Reduktion externer Kosten: 19 Mio. Franken
- Reduktion Umweltbelastungen: 240 Mrd. UBP

Diese UBP entsprechen den Umweltauswirkungen von ...

- 470 Mio. Autokilometern oder
- 9'000 Einwohnern/-innen pro Jahr (CH) oder
- 2'100 t Rindfleischproduktion

Fazit und Ausblick

Mit der mobilen Testanlage konnte erfolgreich gezeigt werden, dass die Karbonatisierung von Altbeton zu einem Bauprodukt mit höherer Qualität bei gleichzeitiger bedeutender CO₂-Speicherkapazität führt. Bereits wurden von mehreren Betonherstellern stationäre Anlagen bestellt. Neustark geht vor diesem Hintergrund von einer starken Expansion im In- und Ausland aus und rechnet bis 2030 mit mehreren 100 neuen Angestellten.

Die Ausgangslage für das Angebot von Neustark ist gut und das Volumen von Altbeton wird zunehmen. Mit einer steigenden Nachfrage nach Biogas steigen auch die Anreize zur Einspeisung von Biomethan ins Gasnetz. Dabei kann

als Restprodukt CO₂ abgeführt und für die Karbonatisierung verwendet werden. Seit März 2022 gilt zudem eine neue Vereinbarung zwischen dem UVEK und den Kehrichtverbrennungsanlagebetreibern zur Abscheidung und Speicherung von CO₂. Das dürfte Speichertechnologien wie der Karbonatisierung von Altbeton grossen Schub verleihen.

A 1.12 SismoRiv Phase 2; UTF-Nr. 590.02.19

Messgeräte zur Messung von Geschiebe



© CREALP

SismoRiv – Phase 2 (Methode zur kontinuierlichen Messung des Geschiebes in Flüssen auf Basis eines seismischen Signals)

Laufzeit: April 2019 bis März 2022

BAFU-Beitrag gemäss Vertrag: 196'115 Franken (50% der bei Projektbeginn budgetierten Gesamtkosten von CHF 392'230.-)

Wirkungsbereich: Gefahrenprävention (Messgerät)

Link: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=43703>

Einleitung: Die Überwachung von Geschiebe in Flüssen ist von wirtschaftlicher und ökologischer Bedeutung. Durch ein besseres Verständnis des Phänomens kann das Risikomanagement zur Verhinderung von verheerenden Überschwemmungen verbessert werden. Zudem können die Stauraumspülungen dank einer besseren Modellierung optimiert werden. Die Forschungsstelle CREALP hat im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ein System entwickelt, das das Geschiebe in Flussufern mittels seismischer Signale misst.

Zielsetzung und Zielgruppe Projekt (Konzept): Ziel des Projektes ist, das in der Machbarkeitsstudie (Phase 1 des Projekts) entwickelte Messverfahren mittels seismischer Signale weiterzuentwickeln (Phase 2 des Projekts). Dabei sollen weitere Referenzmessungen durchgeführt werden, anhand derer ein Algorithmus entwickelt werden kann, der zukünftig Messungen ohne Referenzmessung ermöglicht. Zudem soll die Effizienz des Verfahrens gesteigert werden, um ein kostengünstigeres Angebot für das Monitoring von Geschieben in Flussufern bereitstellen zu können. Zielgruppen sind die öffentliche Hand, die das Monitoring für ein besseres Risikomanagement im Zusammenhang mit Überschwemmungen nutzen kann. Das Messverfahren ist aber auch interessant für Energiekraftwerke, um ihre Aktivitäten im Bereich Wasserkraft effizienter auszurichten, im Speziellen die Optimierung von Stauraumspülungen. Diese haben negative Effekte auf Flora und Fauna, unter anderem durch eine kurzfristig starke Erhöhung der Schwebstoffe. Zudem reduziert es die Wassermenge, die zur Elektrizitätsgewinnung turbinieren werden kann.

Umsetzung/Organisation: Das Projekt wurde von der Forschungsstelle CREALP durchgeführt. In der zweiten Projektphase wurde eine Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Tetraedre und der HES-SO Valais-Wallis eingegangen, um die notwendige Hardware sicherzustellen.

Ergebnisse und Leistungen (Output): In den Jahren 2019 und 2020 wurden Tests zum neuen Messverfahren in einem von der EPFL extra für die Hydraulik- und Sedimentologieforschung errichteten Kanal sowie unter realen Bedingungen in der Gemeinde Zinal durchgeführt. Anhand der Tests wurden Hardware-Probleme identifiziert, deren Lösung letztlich zu einer Optimierung des Messverfahrens führten. Insgesamt sind die Tests ermutigend und es zeigen sich sogar erste Hinweise, dass das Messverfahren noch effizienter als ursprünglich geplant durchgeführt werden kann. Weitere Tests müssen hierzu jedoch folgen, wozu inzwischen auch der Kontakte mit der Zielgruppe intensiviert wurde (vgl. nachfolgend). Zusätzlich zu den Tests wurden auch kommunikative Massnahmen ergriffen (Präsentation am Swiss Engineer Science Meeting und Publikation in wissenschaftlicher Zeitschrift).

Wirkungen qualitativ (Outcome/Impact): Mit der zweiten Phase des Projekts konnte der Zugang zu den Zielgruppen verstärkt werden. Inzwischen konnte man den Kontakt mit einem Energiekraftwerk aufbauen, das daran interessiert ist, das Messverfahren einzusetzen.

SismoRiv hat keinen direkten Umweltnutzen. Jedoch können dank den Informationen, die durch das Messsystem gewonnen werden, die folgenden indirekten ökologischen wie auch ökonomischen Nutzen generiert werden:

- Die Informationen können im Rahmen eines Alarmplans genutzt werden, um Hochwasserschäden zu reduzieren.
- Stauraumspülungen von Wasserkraftwerken, die mit negativen Auswirkungen auf Flora und Fauna verbunden sind, können optimiert werden.

Wirkungen quantitativ (Outcome/Impact): Die Schweiz gibt jährlich 860 Mio. Franken für Hochwasserschutz aus³⁹. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der Schaden ohne diesen Schutz wesentlich höher wäre. Um eine zumindest semi-quantitative Aussage zum potenziellen Nutzen von SismoRiv machen zu können, wurden folgende Annahmen⁴⁰ getroffen: Ein Viertel der Schäden werden durch Fließgewässer verursacht, 20 Prozent der relevanten Einsatzorte werden mit dem SismoRiv-Messsystem ausgerüstet – dieses kann 2 Prozent zur Optimierung der Alarmsysteme beitragen und damit die Kosten des Hochwasserschutzes um knapp 1 Mio. Franken pro Jahr senken. Zudem ergeben sich jährliche Kosten von rund 120 Mio. Franken durch Geschiebeschäden, vgl. Darstellung (unten). Falls diese durch den Einsatz von SismoRiv um 1 bis 2 Prozent gesenkt werden könnten, so ergäbe sich ein weiterer Nutzen von knapp 2 Mio. Franken.

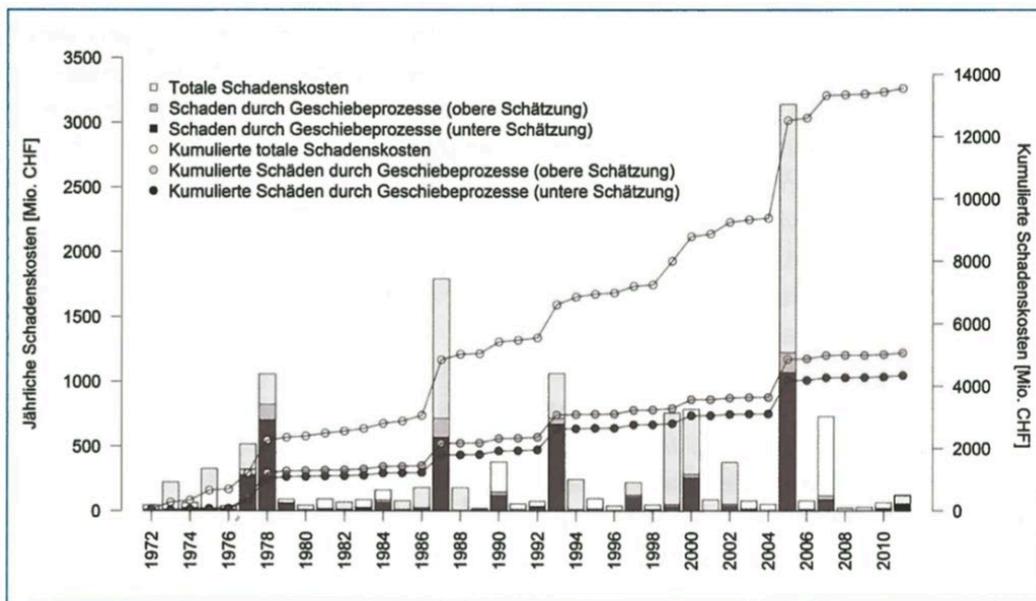


Bild 1. Jährliche Kosten durch Geschiebetransportprozesse für 1972–2011.

Quelle: Norina et al.014⁴¹

Prognose: Da diese Schäden typischerweise an Bauwerken entstehen, können die vermiedenen Umweltauswirkungen, die sich durch die Wiederherstellung ergeben, auf der Basis einer ökologischen Input-Output-Analyse abgeschätzt werden. Sie betragen pro Jahr ungefähr 1,5 Mrd. UBP und verursachen etwa 300'000 Franken an externen Kosten. Diese ergeben sich im Wesentlichen durch die Reduktion von klimarelevanten Emissionen und solchen, welche die menschliche Gesundheit gefährden.

Leider war es für SismoRiv nicht möglich, den Nutzen für Wasserkraftwerke beziehungsweise deren Einfluss auf die aquatischen Systeme zu quantifizieren.

Fazit und Ausblick

Insgesamt sind die Ergebnisse aus den beiden Projektphasen ermutigend und das Messverfahren konnte stetig weiterentwickelt werden. Der Prozess der Weiterentwicklung ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Auch mit Abschluss der Finanzierung durch das BAFU befindet sich das Projekt in einer Phase, in der es darum geht, das Messverfahren noch effizienter zu machen. Erste positive Testergebnisse im Testkanal der EPFL deuten auf weiteres Effizienzpotenzial hin, das in den nächsten Jahren aber erst noch erschlossen werden muss. Geplant ist, dass in den nächsten fünf bis zehn Jahren zehn bis 20 Messsysteme installiert werden. Interessierte Kreise sind einerseits die öffentliche Hand, die bestrebt ist, das Risiko von Naturkatastrophen zu minimieren, und andererseits Wasserkraftbetreiber, die mit besseren Messungen das Geschiebemanagement in Zusammenhang mit Stauraumpülungen optimieren könnten.

³⁹ BAFU. (2007): Naturgefahren, Was kostet Sicherheit? PLANAT, Nationale Plattform Naturgefahren, BAFU.

⁴⁰ Diese Annahmen können nicht weiter belegt werden, da im Rahmen dieser Studie keine entsprechenden Informationen zur Verfügung gestellt werden konnten.

⁴¹ Norina, A.; Alexandre, B.; Jens M. (2014): Schäden durch Geschiebetransportprozesse in der Schweiz. Wasser Energie Luft, 106. Jahrgang (Heft 3), 210–2014.

A 2 Interviewpartner/-innen ohne UTF-Fördererfahrung

Mit den nachfolgenden Personen wurde ein Interview geführt:

DA 1: Interviewpartner/-innen, deren Gesuch abgelehnt wurde oder die noch nie ein UTF-Gesuch gestellt haben

Name	Firma
Andor Bariska	coatmaster AG
Fredy Baumeler	Climatex AG
Martin Brandenberger	EMETS Sàrl
Rodrigo Fernandez	Terrabloc
Christian Fischer	Bcomp Ltd.
Beat Karrer	FluidSolids AG
Philipp Roth	Jet Clean Systems AG
Sarah Schaefer	Creabeton Matériaux AG
Armin Schwegler	Sperrag Jago AG
Ana Tejon	H.Glass S.A.
Beda Weibel	Ionair AG
Martin Zumstein	REAL Recycling Entsorgung Abwasser Luzern

A 3 Vergleich UTF mit drei anderen Förderprogrammen

Im Rahmen der Evaluation wurde die UTF mit den folgenden drei Förderprogrammen verglichen:

- *Aktionsplan Holz (APH)*: Der Aktionsplan Holz fördert innovative Projekte, die den Einsatz von Schweizer Holz stärken und entwickeln (Art. 34a und 34b Waldgesetz).
- *Pilot- und Demonstrationsprogramm (P+D-Programm) BFE*: Das BFE fördert mit dem P+D-Programm die Entwicklung und Erprobung von neuen Technologien, Lösungen und Ansätzen im Bereich der sparsamen und effizienten Energienutzung, der Energieübertragung und -speicherung sowie der Nutzung von Energien auf Basis erneuerbarer Energieträger. Das Programm positioniert sich ähnlich wie die UTF an der Schnittstelle zwischen Forschung und Markt.
- *Förderprogramm Energie Innosuisse (2013–2020)*: Kernstück des Förderprogramms war der Aufbau und die Steuerung von acht Schweizer Kompetenzzentren für Energieforschung (SCCER) in sieben Aktionsfeldern. Im Rahmen des Förderprogramms wurde auch das Budget für die Innovationsprojekte im Themenbereich Energie der Innosuisse deutlich erhöht. Nach Abschluss des Förderprogramms läuft die Innovationsprojektförderung von Innosuisse weiter.

Die folgende Darstellung zeigt die Ergebnisse des Vergleichs auf:

DA 2: Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den untersuchten Förderprogrammen

	<i>UTF</i>	<i>APH</i> ⁴²	<i>P+D-Programm</i> ⁴³	<i>Förderprogramm Energie Innosuisse (Fokus Innovationsprojekte)</i> ⁴⁴
Konzept				
Schwerpunktsetzung oder offenes Verfahren?	Offenes Verfahren, es können jegliche Projekte eingegeben werden, die in die Wirkungsbereiche der UTF fallen (Bottom-up-Ansatz)	Es werden Schwerpunkte gesetzt, die auf konkrete politische Zielsetzungen ausgerichtet sind (Top-down-Ansatz)	Offenes Verfahren, es können jegliche Projekte eingegeben werden, die in die Themenbereiche des Programms fallen (Bottom-up-Ansatz)	Schwerpunktsetzung aufgrund von Energiestrategie 2050 (Top-down-Ansatz) bei parallel weiterlaufender Bottom-up-Förderung von Innovationsprojekten.
Anforderungen an Eigenleistungen	Mind. 50 Prozent der Projektkosten	Mind. 50 Prozent der Projektkosten	40–60 Prozent der nicht amortisierbaren Mehrkosten	Mind. 50 Prozent der Projektkosten
Rückzahlungspflicht	ja	nein	nein	nein
Zielgruppen	Vorwiegend Forschungsorganisationen und private Unternehmen	Vorwiegend Multiplikatoren (u.a. Verbände, Immobilieninvestoren/-innen, Architekten/-innen, Planer/-innen)	Vorwiegend Forschungsorganisationen und private Unternehmen	Vorwiegend Forschungsorganisationen und private Unternehmen (in Zusammenarbeit)
Vollzug/Output				
Gesucheingabe	Vergleichsweise geringer Aufwand und wenig formell; Präsentation vor Jury als Eigenheit	Gemäss Evaluation: eher hoher Aufwand; Kontaktaufnahme zum Teil schwierig	Vergleichsweise wenig formell, ähnlich wie UTF	Vergleichsweise formell; Aufwand wird von Zielgruppen als vergleichsweise hoch betrachtet
Ausschöpfung der verfügbaren finanziellen Mittel	Werden jedes Jahr ausgeschöpft	Im Zeitraum 2017–2020 wurde Budget praktisch ausgeschöpft	Wurden jüngst in einzelnen Jahren nicht vollumfänglich ausgeschöpft	Aufstockung der Fördermittel für Innovationsprojekte im Themenbereich Energie, die jedoch nicht ausgeschöpft wurden
Erreichen der Zielgruppen	Erreichen der Privatwirtschaft als Herausforderung	V.a. in Forschung und Verbänden bekannt, branchenfremde Multiplikatoren nur zum Teil erreicht	Erreichen der Privatwirtschaft als Herausforderung	Erreichen der Privatwirtschaft als Herausforderung

Quelle: Darstellung Interface, basierend auf der Dokumentenanalyse.

⁴² Ergebnisse zusammengestellt aus eigener Recherche und Landis et al. 2020.

⁴³ Ergebnisse zusammengestellt aus eigener Recherche und Hammer et al. 2018.

⁴⁴ Ergebnisse zusammengestellt aus eigener Recherche und Interviews mit Projektteam der parallelaufenden Evaluation bei Interface.

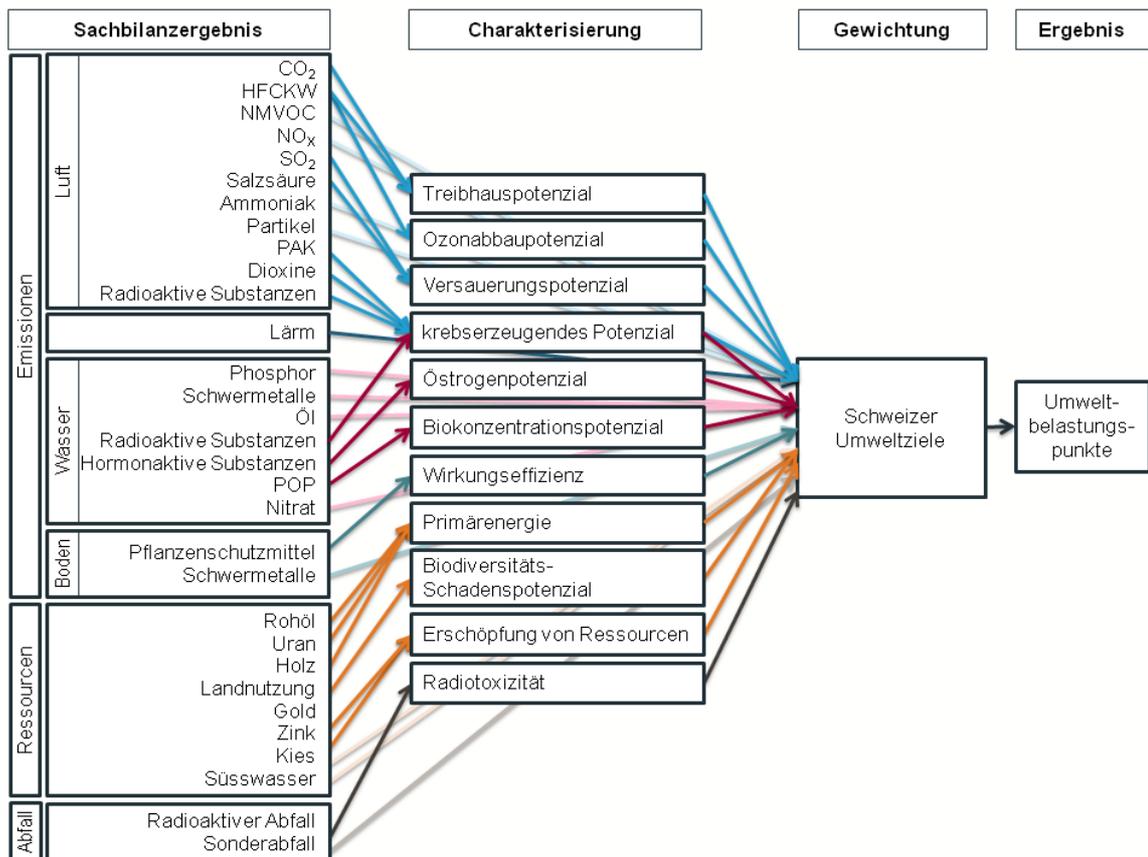
A 4 Methodische Ausführungen zur Berechnung der Umweltwirkungen

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Hintergründe zur Wirkungsmessung mit der Methode der Ökobilanzierung. Die Darstellung der getroffenen Annahmen pro Projekt sind zum Schutz der Geschäftsgeheimnisinteressen der Projektträger nicht im Schlussbericht enthalten. Abschnitt A 4.1 enthält Erläuterungen und Illustrationen der Methode der ökologischen Knappheit (MöK) mit dem Indikator Umweltbelastungspunkte (UBP) und Abschnitt A 4.2 eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Methode zur Ermittlung der externen Kosten.

A 4.1 Illustration zur Methode der ökologischen Knappheit (MöK 21)

Die Methode der ökologischen Knappheit berücksichtigt ein breites Spektrum von Umweltbelastungen und fasst diese durch Vollaggregation in einer Kennzahl zusammen. Das Ergebnis sind Umweltbelastungspunkte (UBP). Zentrale Grösse der Methode sind die Ökofaktoren, welche die Umweltbelastung einer Schadstoffemission respektive Ressourcenentnahme in der Einheit UBP pro Mengeneinheit angeben. Der Ökofaktor eines Stoffes leitet sich aus der Gesetzgebung oder entsprechenden politischen Zielen ab. Je mehr die aktuellen Emissionen respektive der Ressourcenverbrauch das gesetzte Umweltschutzziel überschreiten, desto grösser wird der Ökofaktor, ausgedrückt in UBP.

DA 3: Illustration der Aggregation zu einer Kennzahl, Methode der ökologischen Knappheit



Quelle: Darstellung Carbotech.

A 4.2 Die Methode der externen Kosten

Ein Team um Sander de Bruyn von CE Delft hat über die letzten Jahre eine Methode entwickelt, um Umweltauswirkungen monetär zu bewerten. Die Methode ist ursprünglich für die Niederlande ausgelegt worden, wurde dann aber erweitert, um die Europäische

Union (EU-28) abzudecken. Die Methode wird in den folgenden Abschnitten kurz erklärt. Als Hauptquelle dienen die publizierten Handbücher von de Bruyn et al. (2010, 2018).

I Ansatz der Delft-Methode

Der Ansatz von de Bruyn et al. wird in der Dokumentation anhand von fünf Schritten beschrieben (de Bruyn et al. 2018, S. 45):

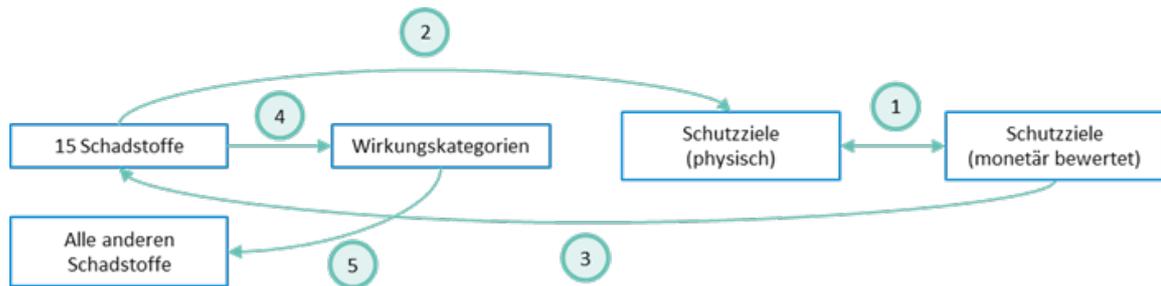
1. Die fünf gewählten Schutzziele Gesundheit, Ökosysteme, Gebäude, Ressourcenverfügbarkeit und Wohlbefinden werden monetär bewertet, und zwar nach dem Ansatz der Schadenskosten (genauere Beschreibung in den folgenden Abschnitten). Das Ergebnis beziffert beispielsweise den monetären Wert eines menschlichen Lebens oder eines gesunden Quadratmeters Natur.
2. Der Zusammenhang zwischen Schadstoffen und Schädigung der Schutzziele wird definiert (sog. Impact Pathways). Dabei wird der Einfluss verschiedener Schadstoffe auf die jeweiligen Schutzziele geschätzt, beispielsweise wieviel ein Kilogramm Quecksilber in der Luft zur Gesundheitsbeeinträchtigung der Menschen beiträgt. Dazu wurden hauptsächlich die Erkenntnisse aus dem NEEDS-Projekt⁴⁵ (NEEDS, 2007) angewendet. Diese Verknüpfung von Schadstoffen und Schädigung ist äusserst komplex und ist deshalb nur für diejenigen Schadstoffe verfügbar, für die eine solche Analyse durchgeführt wurde. Die Delft-Methode deckt 15 Schadstoffe⁴⁶ ab.
3. Durch diese Verknüpfung von Schadstoffen und Schutzzielen ist es nun möglich, die im ersten Schritt ermittelten finanziellen Werte auf die 15 Schadstoffe zurückzurechnen.
4. Der Zusammenhang zwischen diesen 15 Schadstoffen und den diversen Wirkungskategorien wurde ermittelt.
5. Über die ReCiPe-Methode (Erläuterung dazu siehe weiter unten) wird zuerst eine monetäre Bewertung der Wirkungskategorien vorgenommen, in dem über den Anteil (die Gewichtung) des bewerteten Schadstoffs auf die Bewertung der gesamten Wirkungskategorien extrapoliert wird. Über die Charakterisierung lässt sich daraus auf die Bewertung aller Schadstoffe schliessen, die zur jeweiligen Wirkungskategorie gehören.⁴⁷

⁴⁵ Das NEEDS-Projekt war eine umfassende EU-Studie zu den externen Kosten der Energiegewinnung.

⁴⁶ Die 15 Schadstoffe sind: CO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO₂, NH₃, NMVOC, Cd, As, Ni, Pb, Hg, Cr, formaldehyde, dioxins.

⁴⁷ Erklärt am Beispiel der Wirkungskategorie Treibhauspotential und dem Ergebnis dieser Kategorie ausgedrückt in CO₂-Äquivalente. In dieser Kategorie sind unterschiedliche Treibhausgase, wie zum Beispiel Methan und Lachgas, umgerechnet in CO₂-Äquivalente, ausgedrückt. Der Charakterisierungsfaktor für die Umrechnung ergibt sich aus der Beurteilung der Wirkung im Vergleich zur Leitsubstanz CO₂ (Charakterisierung: 1 kg Methan fossil = 36 kg CO₂).

DA 4: Beziehung zwischen Emissionen, Wirkungskategorien, Schutzziele und deren Bewertung



Quelle: Darstellung Carbotech, angepasst nach de Bruyn (de Bruyn et al. 2018).

Für die Beschreibung der gesamten Delft-Methode wird auf die Originalarbeit verwiesen. In den folgenden Abschnitten werden nur einige relevante Eigenschaften hervorgehoben, die für das Verständnis der Methode der externen Kosten relevant sind.

I Ökobilanzgrundlagen

Die Delft-Methode orientiert sich stark an ReCiPe, einer Ökobilanzmethode, die aus den verschiedenen Umweltauswirkungen (Wirkungskategorien) die Schäden an den Schutzziele «Menschliche Gesundheit», «Ökosysteme» und «Ressourcen» bestimmt und diese anschliessend zu einem Indikator gewichtet. Die untersuchten Wirkungskategorien sind sehr ähnlich derer in ReCiPe; die gewählten Schäden (Endpoints) sind aber umfassender und beinhalten: Gesundheit (human health), Ökosysteme inklusive Landwirtschaft (ecosystem services), Gebäude und Infrastruktur (buildings and materials), Ressourcenverfügbarkeit (resource availability) und Wohlbefinden (wellbeing).

I Herleiten der Vermeidungskosten

Die Monetarisierung über Vermeidungskosten wurde in der ursprünglichen Version (2010) für Schadstoffe verwendet, aber in der aktuellen Version (2018) durch Schadenskosten ersetzt. Bewertet wurden Schadstoffe, für die in den Niederlanden ein Reduktionsziel besteht. Die Vermeidungskosten basierten auf damals aktuellen Technologien und wurden aus Studien des Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) und vom Milieu en Natuur Planbureau (MNP) übernommen. Die betrachteten Schadstoffe waren CO₂, NO_x, SO₂, NH₃ und NMVOC. Diese Vermeidungskosten wurden über die ReCiPe-Wirkungskategorien in Gewichtungsfaktoren umgewandelt und auf Schadstoffe innerhalb des gleichen Umweltthemas angewendet, für die es keine Reduktionsziele gibt.

I Herleiten der Schadenskosten

Die Delft-Methode orientiert sich an den Erkenntnissen zu Schadenskosten aus dem NEEDS-Projekt (NEEDS 2007). Dort wurden unter anderem auch Faktoren für die Umwandlung von physischen Auswirkungen auf monetäre Schadenskosten hergeleitet. Damit können monetäre Werte für Veränderungen in den Schutzziele berechnet werden.

- Die Gesundheit wird über den Wert eines Lebensjahres (VOLY [Value Of a Life Year] in Euro) gemessen. Die Berechnung wurde für das Projekt neu durchgeführt und resultierte in einer Spanne von 50'000 bis 110'000 Euro pro Lebensjahr in der Europäischen Union, inklusive der Schweiz.
- Für Veränderungen der Biodiversität wurden die Annahmen des NEEDS-Projektes übernommen, die wiederum auf Kuik et al. (2007) zurückgriffen. Die Veränderung der Biodiversität wird in einer Einheit des Spezies-Verlustpotenzials ausgedrückt (PDF/m²/y: Potentially Disappeared Fraction per square meter per year). Hier wird mit einer Spanne von € 0.16 bis 1.23/PDF/m² und Jahr gerechnet.

- Schäden an Gebäuden werden über die Reparaturkosten bewertet; Verminderung der Ressourcenverfügbarkeit über den Wert dieser Ressourcen.

I Kostensatz Delft-Methode

Aus diesen Herleitungen ergeben sich die folgenden Kostensätze:

DA 5: Kostensatz Delft-Methode		
<i>Emission</i>	<i>Formel</i>	<i>Umweltpreis (2015: EUR/kg)</i>
Kohlendioxid	CO ₂	0.057
Fluorkohlenwasserstoffe	CFC ₁₁	313
Feinstaub < 2.5µm	PM _{2,5}	79.5
Feinstaub < 10µm	PM ₁₀	44.6
Stickoxid	NO _x	34.7
Schwefeldioxid	SO ₂	24.9
Ammoniak	NH ₃	30.5
Flüchtige organische Verbindungen	NMVOG	2.1
Kohlenmonoxid	CO	0.0958
Methan	CH ₄	1.75

Legende: Die Umweltpreise sind in den Euro-Preisen Stand 2015 angegeben.

I Anpassung der Methode auf die Schweiz

Im Rahmen des Projektes «Nachhaltige öffentliche Beschaffung durch die Betrachtung von Lebenszykluskosten und Umweltbelastungen» (Bolt & Dinkel 2021) wurde die Methode auf die Schweiz angepasst und teilweise erweitert.

Erstens wurde eine Bewertung des Wasserverbrauchs vorgenommen, die bisher fehlt. Da es sich dabei um eine Schadenskategorie des Ressourcenverbrauchs handelt, wurde dabei ein Marktpreis für den Kubikmeter Wasser verwendet, um diese Kosten zu schätzen.

Zudem wurden die Kostensätze um die Kaufkraftparität zwischen den Niederlanden und der Schweiz korrigiert. Die Annahme dazu ist, dass die Bewertung der natürlichen Ressourcen vom verfügbaren Einkommen sowie von alternativen Konsum- und Investitionsmöglichkeiten abhängt, und weniger von grundsätzlichen, kulturellen Unterschieden bestimmt ist. Dies ist eine Vereinfachung der Realität, schien aber realistischer, als einfach die absoluten Werte der niederländischen Bewertung zu übernehmen.

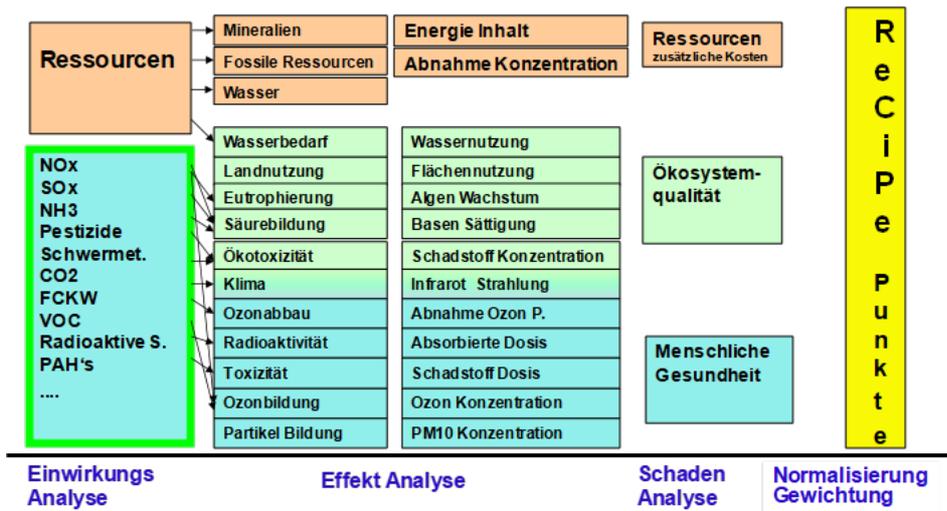
Weiter wurde der Umweltpreis für CO₂ auf CHF 120.-/t erhöht, da dies den aktuellen Erkenntnissen entspricht.

I Gesamtbewertung

Die Delft-Methode ist eine umfassende und solide entwickelte Methode zur Berechnung der externen Kosten, die für die Anwendung in unserem Projekt geeignet ist. Da externe Kosten immer auch die (monetären) Wertvorstellungen in einem bestimmten Land oder in einer bestimmten Region widerspiegeln, sind die Resultate mit Unsicherheiten behaftet, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Der wesentliche Vorteil bei der Verwendung dieser Methode besteht darin, dass nicht nur für einige wenige Schadstoffe Kostensätze vorliegen, sondern dass damit für alle Emissionen und Ressourcennutzungen, für die in der ReCiPe-Methode Charakterisierungsfaktoren vorliegen, externe Kosten bestimmt werden können. Somit können die Wirkungen, welche die folgende Darstellung zeigt, und damit rund 1'000 Emissionen und Ressourcennutzung berücksichtigt werden:

DA 6: Aufbau der Methode ReCiPe



Quelle: Goedkoop et al. 2013.

Die Herausforderungen der Methode der externen Kosten bestehen darin, dass die wissenschaftliche Qualität der monetären Bewertung für die verschiedenen Wirkungskategorien stark variiert. Relativ gut erforscht ist die monetäre Bewertung, beispielsweise von Klimaerwärmung, gewissen Luftschadstoffen und deren Einfluss auf Gesundheit oder materielle Schäden. Bewertungslücken und grosse Unsicherheiten bestehen aber zum Beispiel bei der Betrachtung von Biodiversität, Gewässer- und Bodenbelastungen oder Schäden durch Schwermetalle. Zudem sind diese monetären Bewertungen standortspezifisch. Die Methode leistet aber bereits heute einen wertvollen Beitrag, um einen Mindestwert der Umweltkosten abzuschätzen.

A 5 Fragebogen Online-Befragung

A Allgemeine Angaben	
A1	Welcher Gruppe lässt sich Ihre Organisation zuordnen?
<input type="checkbox"/>	KMU (weniger als 250 Mitarbeitende)
<input type="checkbox"/>	Grossunternehmen
<input type="checkbox"/>	Fachhochschule
<input type="checkbox"/>	Universität/ETH
<input type="checkbox"/>	Andere Organisation
	Falls Andere: Um welche andere Organisation handelt es sich?
A2	Über welchen Kanal/welche Kanäle haben Sie von der Umwelttechnologieförderung erfahren? (Mehrfachantworten möglich)
<input type="checkbox"/>	Website des BAFU
<input type="checkbox"/>	Newsletter des BAFU
<input type="checkbox"/>	Persönliche Gespräche mit Mitarbeitenden des BAFU
<input type="checkbox"/>	Persönliche Gespräche in der Branche
<input type="checkbox"/>	Soziale Medien
<input type="checkbox"/>	Andere: Welche?
A3	In welchem finanziellen Rahmen wird Ihr Projekt von der Umwelttechnologieförderung unterstützt?
<input type="checkbox"/>	Weniger als 50'000 CHF
<input type="checkbox"/>	50'000 CHF bis 200'000 CHF
<input type="checkbox"/>	200'000 CHF bis 500'000 CHF
<input type="checkbox"/>	Mehr als 500'000 CHF
A4	In welchem Stadium befindet sich Ihr von der Umwelttechnologieförderung mitfinanziertes Projekt aktuell?
<input type="checkbox"/>	Das Projekt hat gerade erst gestartet.
<input type="checkbox"/>	Das Projekt befindet sich ungefähr in der Mitte der Laufzeit.
<input type="checkbox"/>	Das Projekt steht bald vor dem Abschluss.
<input type="checkbox"/>	Das Projekt ist bereits abgeschlossen.
B Konzept der Umwelttechnologieförderung	
B1	Wie beurteilen Sie die folgenden Aussagen zum Konzept der Umwelttechnologieförderung?

	Voll und ganz einverstanden	Eher einverstanden	Eher nicht einverstanden	Überhaupt nicht einverstanden	Weiss nicht
Die Umwelttechnologieförderung schliesst eine wichtige Lücke im Bereich der Förderung von Projekten zur Verminderung von Umweltbelastungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die thematische Offenheit der Umwelttechnologieförderung ist zweckmässiger als die Vorgabe von thematischen Schwerpunkten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Umwelttechnologieförderung unterscheidet sich hinsichtlich der Förderbereiche klar von anderen Förderinstrumenten, wie zum Beispiel Innosuisse, Pilot- und Demonstrationsprogramm BFE oder Förderprogramme anderer Bundesämter. <i>Weitere Informationen zu den genannten Förderinstrumenten finden Sie auf den Webseiten von Innosuisse und des Pilot- und Demonstrationsprogramms BFE.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B2 Weshalb haben Sie für die Finanzierung Ihres Projekts die Umwelttechnologieförderung gewählt und nicht ein anderes Förderinstrument?					

C Organisation und Vollzug der Umwelttechnologieförderung

C1 Wie beurteilen Sie die folgenden Aspekte der Umwelttechnologieförderung während der *Projekteingabe*?

	Voll und ganz einverstanden	Eher einverstanden	Eher nicht einverstanden	Überhaupt nicht einverstanden	Weiss nicht
Die für die Projekteingabe relevanten Informationen sind einfach zugänglich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die für die Projekteingabe relevanten Informationen sind verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das BAFU gab bei Fragen zur Projekteingabe (z.B. zur Förderungswürdigkeit) kompetent Auskunft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Aufwand für die Eingabe unseres Projekts war verhältnismässig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitale Mittel wurden von Seiten des BAFU eingesetzt/angeboten, um die Projekteingabe möglichst effizient gestalten zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C2 Wie bewerten Sie die folgenden Aspekte der Umwelttechnologieförderung während des *Beurteilungsprozesses*?

	Voll und ganz einverstanden	Eher einverstanden	Eher nicht einverstanden	Überhaupt nicht einverstanden	Weiss nicht
Die Kriterien für die Beurteilung unseres Projekts waren klar und transparent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das BAFU hat unsere Projekteingabe innerhalb einer angemessenen Frist behandelt und einen Entscheid getroffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das BAFU hat wertvolle fachliche Rückmeldungen zu unserem Projekt gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C3 Wie beurteilen Sie die folgenden Aspekte der Umwelttechnologieförderung in Bezug auf die *Begleitung Ihres Projekts durch das BAFU?*

	Voll und ganz einverstanden	Eher einverstanden	Eher nicht einverstanden	Überhaupt nicht einverstanden	Weiss nicht
Der Aufwand für die Berichterstattung (Zwischenberichte) zum Projekt gegenüber dem BAFU ist verhältnismässig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Abrechnung unseres Projekts verlief (bis anhin) unkompliziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Umsetzung des Projekts waren/sind Ansprechpersonen des BAFU gut erreichbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Umsetzung des Projekts gaben/geben die Ansprechpersonen des BAFU kompetent Antworten auf Rückfragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitale Mittel wurden/werden von Seiten des BAFU ausreichend eingesetzt, um eine möglichst effiziente Begleitung und Abwicklung unseres Projekts sicherzustellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C4 Würden Sie einen organisierten Austausch mit anderen, von der Umwelttechnologieförderung geförderten Projekten wünschen? (Bspw. in Form von Erfahrungsaustauschen, die durch das BAFU organisiert werden.)

- Ja
- Eher ja
- Eher nein
- Nein
- Weiss nicht

C5 Wenn Sie die Projekteingabe, den Beurteilungsprozess und die Projektbegleitung durch das BAFU insgesamt betrachten: Wie zufrieden sind Sie mit dem Förderprogramm Umwelttechnologieförderung?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Eher nicht zufrieden
- Überhaupt nicht zufrieden
- Weiss nicht

C6 Haben Sie Anregungen/Verbesserungswünsche in Bezug auf die Projekteingabe, den Beurteilungsprozess und die Projektbegleitung durch das BAFU?

D Wirkung der Umwelttechnologieförderung

D1 Hätten Sie das Projekt auch ohne die Umwelttechnologieförderung realisiert?

- Ja, im selben Umfang

Ja, in etwas reduziertem Umfang

Ja, in stark reduziertem Umfang

Nein

Weiss nicht

D2 Wie hoch schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit ein, dass Ergebnisse aus Ihrem Projekt nach Projektabschluss kommerziell verwertet werden können?

Sehr hoch

Eher hoch

Eher gering

Sehr gering

Weiss nicht

D3 *Frage nur für Projekte, die bereits abgeschlossen wurden:*
Wie beurteilen Sie die Zielerreichung Ihres Projekts?

Die Projektziele wurden vollumfänglich erreicht.

Die Projektziele wurden mehrheitlich erreicht.

Die Projektziele wurden mehrheitlich nicht erreicht.

Die Projektziele wurden vollumfänglich nicht erreicht.

Weiss nicht

E Fragen zum Abschluss

E1 Haben Sie konkrete Verbesserungsvorschläge in Bezug auf die Umwelttechnologieförderung, die Sie uns nennen möchten?

E2 Haben Sie weitere Bemerkungen?

A 6 Gesprächsleitfaden Umsetzungsakteure

I Leitfaden für Interviews mit Umsetzungsakteuren

Hinweis: Beim vorliegenden Leitfaden handelt es sich um einen generischen Leitfaden. Je nach Interviewperson entfallen gewisse Fragen oder es werden gewisse Fragen vertieft. Der Leitfaden dient der Strukturierung des Gesprächs, das Gespräch soll aber bewusst offen geführt werden.

I Fragen zur Person

- Ihre Tätigkeit? Ihr fachlicher Hintergrund?
- Welche Rollen nehmen Sie im Rahmen des Vollzugs der UTF ein?

I Konzept der UTF

- Wie würden Sie in Ihren Worten die Ziele der UTF formulieren?
- Wie würden Sie in Ihren Worten die Zielgruppen der UTF formulieren?
- Gibt es thematische Bereiche, aus denen wenig oder gar keine Projekte eingereicht werden, die aber ins Förderspektrum der UTF passen würden? Wenn ja: Welche und wie erklären Sie sich das?
- Zu welchen anderen Förderprogrammen weist die UTF am ehesten Schnittstellen auf? Wie beurteilen Sie diese Schnittstellen: Gibt es die Gefahr von Doppelspurigkeiten? Gibt es Möglichkeiten für Synergien?
- Im Rahmen der UTF sind keine thematischen Schwerpunkte pro Eingabefenster vorgesehen: Was waren die Überlegungen dahinter? Welche Erfahrungen hat man bisher damit gemacht?
- Sind gemäss Konzept der UTF auch Projekte mit Projektpartnern aus dem Ausland möglich?

I Vollzug der UTF

Kommunikation an Zielgruppen

- Welche Kommunikationskanäle nutzen Sie, um die Zielgruppen auf die UTF aufmerksam zu machen?
- Welche Erfahrungen haben Sie bisher mit den angewendeten Kommunikationskanälen gemacht? Was hat sich bewährt, was nicht respektive weniger?
- Sehen Sie Verbesserungspotenzial bezüglich der Anwendung von Kommunikationskanälen? Planen Sie in Zukunft die Nutzung neuer, bisher nicht angewendeter Kanäle?

Vorbeurteilung von Gesuchen

- Bevor ein offizielles Beitragsgesuch eingereicht wird, bieten Sie eine Vorbeurteilung von Projektskizzen an. Hat sich dieses Instrument bisher bewährt?
- Welche Rolle spielen Ausschlusskriterien beim Genehmigungsverfahren? Kommen diese bereits im Rahmen der Vorbeurteilung von Gesuchen zur Anwendung?

Beurteilung von Gesuchen

- Welchen Prozess sehen Sie für die Beurteilung der Gesuche – vom Gesucheingang bis zum Entscheid – vor?
- Wie beurteilen Sie diesen Prozess? Hat sich dieser bewährt? Sehen Sie Verbesserungspotenzial?
- Verfügen Sie über Rückmeldungen zum Prozess von Seiten Gesuchsteller? Wie lauten diese?
- Inwieweit ist der Prozess zur Beurteilung von Gesuchen digitalisiert? Sehen Sie diesbezüglich in Zukunft weiteres Optimierungspotenzial?
- Wie beurteilen Sie die formelle Korrektheit der Beitragsgesuche? Läuft die Beurteilung von Gesuchen hinsichtlich formeller Kriterien unkompliziert ab oder sind häufig mehrere Zusatzschlaufen (aufgrund formeller Unstimmigkeiten) notwendig?

[Bei beantragten Beträgen von mehr als 50'000 Franken entscheidet die Expertengruppe des Bundes für Umwelttechnologie (KOKO UT) über die Vergabe.]

- Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit zwischen der Sektion Innovation des BAFU und der KOKO UT?
- Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit innerhalb der KOKO UT?
- Sehen Sie Optimierungspotenzial hinsichtlich der Rollen der Sektion Innovation des BAFU und der KOKO UT im Rahmen des Genehmigungsverfahrens?
- Wie beurteilen Sie die Qualität der Beurteilung der Gesuche insgesamt?

Begleitung von Projekten

Administrative Begleitung (Berichterstattungen durch Projektträger, Rechnungsabwicklung usw.)

- Wie läuft die administrative Begleitung der geförderten Projekte ab? Sehen Sie diesbezüglich Optimierungspotenzial?
- Inwieweit nutzen Sie digitale Möglichkeiten für die administrative Begleitung der Projekte? Sehen Sie diesbezüglich in Zukunft weiteres Optimierungspotenzial?

Fachliche Begleitung und Austausch unter Projekten

- Ist eine fachliche Begleitung der geförderten Projekte durch das BAFU vorgesehen? Wenn ja, in welcher Form, und wie beurteilen Sie diese hinsichtlich des Mehrwerts, den diese für das Projekt bringt? Sehen Sie diesbezüglich Optimierungspotenzial?
- Sind für die geförderten Projekte Begleitgruppen vorgesehen? Wenn ja, wie setzen sich diese Begleitgruppen in der Regel zusammen und welche Rolle haben sie?
- Ist ein Austausch unter den geförderten Projekten vorgesehen? Wenn ja, in welcher Form findet dieser Austausch statt und wie beurteilen Sie diesen? Wenn nein, würde ein solcher Austausch Ihrer Ansicht nach einen Mehrwert bringen?

Generelle Fragen zum Vollzug

- Welche finanziellen und personellen Ressourcen sind aktuell für den Vollzug der UTF vorgesehen?
- Reichen diese finanziellen und personellen Ressourcen aus Ihrer Sicht aus, um den Auftrag gemäss Art. 49 Abs. 3 des Umweltschutzgesetzes erfüllen zu können? Wenn nein, in welcher Hinsicht wäre eine bessere Ressourcenausstattung notwendig (finanziell, personell, Know-how ...)?
- Sehen Sie Optimierungspotenzial bezüglich des Umgangs mit der Vertraulichkeit der durch die Gesuchsteller eingereichten Unterlagen (Gesuche, Anhänge, Schlussbericht)? Wenn ja, welches?

I Wirkung der UTF

Hinweis: Fragen zur Wirkung werden im Rahmen von Modul 2 auf Ebene ausgewählter Projekte vertieft. Im Rahmen der Interviews mit den Umsetzungsakteuren sollen soweit möglich erste qualitative Einschätzungen abgeholt werden.

- Im Frageblock zum Vollzug haben wir Sie nach den Zielen und den Zielgruppen der UTF gefragt:
- Wurden respektive werden Ihrer Ansicht nach die Ziele der UTF erreicht? Wo sehen Sie allenfalls Optimierungspotenzial?
- Wurden respektive werden Ihrer Ansicht nach die Zielgruppen der UTF erreicht? Wo sehen Sie allenfalls Optimierungspotenzial?
- Wie gingen Sie bisher vor, um bereits im Genehmigungsverfahren die Umweltwirkung eines Projekts einzuschätzen?
- Was sind aus Ihrer Sicht relevante Kontextfaktoren, die die Umweltwirkung eines Projekts beeinflussen? (politisches, sozioökonomisches Umfeld)
- Für die geförderten Projekte besteht eine Rückzahlungspflicht im Falle einer kommerziellen Verwertung: Gemäss Ihrer generellen Einschätzung: Hat sich diese Klausel bewährt? Entsprechen die Rückzahlungen Ihren Erwartungen?

I Abschluss

- Welche spezifischen Erwartungen haben Sie an die Evaluation?
- Haben Sie abschliessende Bemerkungen?

A 7 Interviewleitfaden für die 25 UTF-Projekte

I Leitfaden für Interviews mit Projektverantwortlichen geförderter Projekte (25) zur Wirkungsmessung UTF

Hinweis: Beim vorliegenden Leitfaden handelt es sich um einen generischen Leitfaden. Je nach Interviewperson und Ergebnissen aus der Dokumentenanalyse entfallen gewisse Fragen, müssen gegebenenfalls «nur» validiert werden oder werden vertieft. Der Leitfaden dient der Strukturierung des Gesprächs. Er ist in drei Teile gegliedert: Teil 1 umfasst allgemeine Fragen zum Förderinstrument, Teil 2 beinhaltet Fragen zum geförderten Projekt (Grundlagen, Umsetzung und erstellte Produkte/Leistungen) und Teil 3 enthält Fragen zu Wirkung(en) des Projekts und/oder der entwickelten Technologie.

Teil 1 Ebene Förderinstrument: Konzept und Vollzug UTF

1.1 Konzept

1.1.1 Weshalb haben Sie die Umwelttechnologieförderung als Fördergefäß für Ihr Projekt gewählt?

1.1.2 Wie beurteilen Sie Ihre Erfahrungen mit der UTF im Vergleich zu anderen Förderinstrumenten (z.B. F&E-Projektförderung Innosuisse, P+D-Programm BFE)? *(falls Erfahrungen vorhanden)*

1.1.3 Würden Sie es begrüßen, wenn die UTF im Unterschied zu heute Ausschreibungen mit thematischen Schwerpunkten machen würde? Wieso ja, wieso nein? Und wenn ja, welche Themen?

1.1.4 Wie wichtig war die Unterstützung im Rahmen der UTF (z.B. finanzieller Beitrag) hinsichtlich Realisierung (inkl. in zeitlicher Hinsicht, dass das Projekt ohne UTF allenfalls viel später umgesetzt worden wäre), Umfang und Qualität des Projekts oder für die Generierung zusätzlicher Mittel (welchen [Stellen-]Wert hat das Label «unterstützt durch BAFU/Bund»)?

1.1.5 Wie beurteilen Sie die Rückzahlungspflicht, die die UTF bei erfolgreicher Kommerzialisierung eines Projekts vorsieht? Hat diese für Sie eine Rolle gespielt bei der Wahl des Förderinstruments?

1.2 Vollzug

1.2.1 Wie beurteilen Sie die Verhältnismässigkeit des Aufwands für die Gesucheingabe und die Berichterstattung zuhanden des BAFU während des Projekts? *(Evtl. auch im Vergleich zu anderen Förderprogrammen, falls Sie schon entsprechende Erfahrungen gemacht haben.)*

1.2.2 Würden Sie eine Online-Plattform, auf der die Gesucheingabe und die Projektbegleitung abgewickelt wird, bevorzugen, gegenüber der jetzigen Gesucheingabe, die auf Word-basierten Formularen beruht? (vgl. z.B. *mySNF* oder *Innosuisse-Plattform*) Sehen Sie in anderer Hinsicht Potenzial für eine Effizienzsteigerung bei der Gesucheingabe?

1.2.3 Haben die Rückmeldungen durch die BAFU-Experten/-innen bei der Projektausgestaltung und im Laufe des Projekts zu einer Qualitätssteigerung des Projekts geführt? Falls ja, inwiefern?

1.2.4 Gibt es vertrauliche Daten, die im Laufe des Projekts entstanden sind? Wie beurteilen Sie den Umgang des BAFU mit diesen vertraulichen Daten?

Teil 2 Ebene Projekt: Grundlagen, Umsetzung und Output

2.1 Grundlagen

2.1.1 In den Gesuchunterlagen wurde beschrieben, zu welchem «Umweltproblem» Ihr Projekt wie einen Beitrag leisten will und welches die Zielgruppen (Endnutzer/-innen) sind. Gab es im Projektverlauf eine Veränderung des Lösungsansatzes oder der Zielgruppen? Falls ja, welche?

2.1.2 Auf welcher empirischen/wissenschaftlichen Evidenz basierte die Annahme, dass das Projekt/die Technologie einen Lösungsbeitrag leisten kann?

2.2 Organisation

2.2.1 Inwieweit ist/war die Projektorganisation darauf angelegt, dass das Produkt/die Leistung auch über das von der UTF geförderte Pilotprojekt hinaus entwickelt, produziert oder vermarktet werden kann (z.B. durch Patente, Reproduktion durch Dritte, Expansion)?

2.2.2 Stehen/standen Ihnen genügend Ressourcen (Finanzen, Personal, Fachwissen, Umsetzungspartner) zur Verfügung, um die Projektziele zu erreichen? Oder zeigt sich (im Rückblick), dass es von etwas mehr braucht?

2.2.3 Welches waren die grössten Schwierigkeiten/Herausforderungen in Ihrem Projekt?

2.3 Output

2.3.1 Welche Leistungen/Produkte wurden (bisher, über alle Phasen gesehen) erbracht/entwickelt?

2.3.2 Inwiefern entsprechen die Leistungen/Produkte dem vorgesehenen (vertraglich festgehaltenen oder geplanten) Umfang und der erwarteten Qualität?

2.3.3 Wie beurteilen Sie das Verhältnis zwischen Mitteleinsatz und erbrachten Leistungen/Produkten? Hätten die Leistungen auch ressourcenschonender erbracht werden können?

2.3.4 Wurden Massnahmen zur Marktsensibilisierung (z.B. Zielgruppen, Endnutzer, Multiplikatoren) oder zur öffentlichen Kommunikation (z.B. zu Projektergebnissen, Zielen) umgesetzt oder sind solche (noch) geplant?

Teil 3 Ebene Projekt: Wirkung

3.1 Outcome (Wirkungen Zielgruppe)

3.1.1 Konnten die Zielgruppen erreicht werden (z.B. indem sie eine neue Technologie nutzen)? Konnten gewisse Zielgruppen nicht erreicht werden? Welche?

3.1.2 Glauben Sie, dass in Zukunft die Zielgruppen des Produkts/der Leistung mit einem verhältnismässigen Aufwand erreicht werden können?

3.1.3 Gab es Reaktionen von Zielgruppen, die Sie so nicht erwartet haben? Falls ja, welche?

3.1.4 Könnte es aus Ihrer Sicht Rebound-Effekte⁴⁸ bei der Nutzung der Produkte/Leistungen durch die Zielgruppen geben? Falls ja, welche?

⁴⁸ Rebound-Effekt = Effizienzsteigerungen führen aufgrund frei werdender Mittel in einem anderen Bereich zu Mehrverbrauch, was die Umweltwirkung (teilweise) wieder aufhebt.

3.2 Impact (Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft)

In diesem Teil geht es darum, die positiven Auswirkungen auf die Umwelt soweit möglich quantitativ abzuschätzen. Soweit machbar und sinnvoll werden wir dazu die Methode der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment [LCA]) in einer vereinfachten Form anwenden. Dies wird nicht bei allen Projekten möglich sein. Dann werden wir andere Methoden verwenden, wie zum Beispiel die Bewertung der Risikominderung. Um diese Berechnungen/Abschätzungen zu machen, benötigen wir Angaben zu Ressourcenaufwand und zum Nutzen. Wir sind uns bewusst, dass bei Forschungs- oder Pilotprojekten diese Angaben oft auf Hochrechnungen und Schätzungen beruhen werden. Entsprechend soll deklariert werden, was auf der Basis des Projekts dazu gesagt werden kann und welche Optimierungen und Potenziale für die Zukunft zu erwarten sind.

3.2.1 Übergeordnete Frage zur Wirksamkeit (ermittelt via LCA, Teil LCA, andere Methoden): Welche Wirkungen hinsichtlich welcher Zielgrößen des Projekts wurden bereits ermittelt?

- Wurden bereits Ökobilanzen im Rahmen des Projekts erstellt oder Daten für eine Beurteilung von Aufwand/Nutzen gesammelt? Falls ja, können Sie uns diese zur Verfügung stellen?
- Stehen Daten oder andere Grundlagen zur Verfügung, die für eine Ökobilanzierung verwendet werden können? Gibt es quantitative Angaben zur Situation Ist-Zustand vor dem Projekt und der erzielten Reduktion der Umweltbelastung Soll-Zustand mit dem Projekt? (Dabei kann es sich z.B. um Folgendes handeln: reduzierte Emissionen, Reduktion Energie- oder Materialbedarf, Verwendung anderer Materialien, Rückgewinnung von Materialien usw.)
- Welche (zusätzlichen) Aufwände sind mit der neuen Technologie verbunden (Prozessaufwände wie z.B. Materialien, Energien, Abfälle)?

*Wir haben für die Sammlung dieser Angaben ein **Excel File** erstellt (vgl. Anhang E-Mail). Wir bitten Sie, dieses soweit möglich vor dem Gespräch auszufüllen, damit wir es am Gespräch zusammen sichten können (Bildschirmteilen oder vorgängige E-Mail an uns). **Ist Ihr Projekt auf eine direkte⁴⁹ Umweltwirkung ausgelegt, bitte Tabellenblatt 1 nutzen. Bei indirekten⁵⁰ Wirkungen Tabellenblatt 2 verwenden.***

Da die Entwicklung typischerweise mit dem Abschluss eines UTF-Projekts nicht abgeschlossen ist, sondern weitere Optimierungen, zum Beispiel bei einer grossmassstäblichen Umsetzung, zu erwarten sind, sollte soweit möglich jeweils der Stand nach Projektabschluss und die zu erwartende Situation in Zukunft (5 Jahre) angegeben werden (unter «optimiert»).

1. Falls keine Daten/Grundlagen zu den Umweltwirkungen (vgl. Fragen oben) vorliegen: Gibt es Studien/Publicationen für eine Abschätzung der fehlenden Daten zu Ressourcenaufwand und Umweltnutzen? Falls ja, können Sie uns diese zur Verfügung stellen?

⁴⁹ Die Leistung/das Produkt/die Technologie trägt direkt dazu bei, dass ein bestimmtes Umweltproblem gemindert wird (z.B. Minderung von Emissionen bei Fahrzeugen, Förderung von Ressourceneffizienz, Rückgewinnung von Materialien).

⁵⁰ Die Leistung/das Produkt/die Technologie trägt indirekt dazu bei, dass ein bestimmtes Umweltproblem gemindert wird (z.B. Messinstrumente zur Erkennung von Emissionen oder Risiken, Reduktion von Umweltrisiken).

2. Gibt es Wirkungen der entwickelten Leistungen/Produkte, die schlecht über eine Ökobilanzierung erfassbar sind (z.B. Biodiversität, Effekte auf die menschliche Gesundheit, Risikoverminderung bei Naturgefahren ...). Können diese mit einer anderen Methode quantitativ beurteilt werden?
3. Gibt es neben dem Beitrag des Projekts zur Lösung bestimmter Umweltprobleme zusätzlichen Nutzen aus dem Projekt beispielsweise für die Gesellschaft (z.B. Ausbildung, Arbeitsplätze, Sensibilisierung der Bevölkerung/Branche, Wissenstransfer)?

3.2.2 *Übergeordnete Frage zu Potenzial/Skalierbarkeit/Übertragbarkeit:* Wie ist das Potenzial der Wirkung über das Projekt hinaus zu beurteilen?

1. Wie viele Einheiten/Produkte/Leistungen konnten bisher verkauft werden?
2. Was ist aus Ihrer Sicht das maximale Potenzial des Produkts/der Leistung in der Schweiz oder international?
3. Welche Entwicklung (z.B. Bestückung von Anlagen mit der Technologie, Verkäufe des Produkts) erwarten Sie mittel- (5 Jahre) und langfristig (10 Jahre)?

3.2.4 *Fragen zu Hürden und Einfluss externer Faktoren:*

- a) Welche Hürden schränken die Marktumsetzung ein und müssen überwunden werden und welche Voraussetzungen erleichtern den Marktzugang?
- b) Von welchen externen Faktoren ist der Erfolg Ihres Projekts auf dem Markt abhängig (z.B. gesetzliche Rahmenbedingungen, Konkurrenzentwicklungen o.ä.)? Wie schätzen Sie die zeitliche Entwicklung dazu ein?

4 Abschluss

4.1 Haben Sie generelle Verbesserungsvorschläge, Wünsche oder Anregungen zuhanden der Umwelttechnologieförderung?

4.2 Das BAFU möchte in der Berichterstattung⁵¹ zur Umwelttechnologieförderung zehn Projekte als Fallbeispiele aufbereiten. Können Sie sich vorstellen, Ihr Projekt für eine entsprechende Publikation zur Verfügung zu stellen?

⁵¹ Aktuell wird im Rhythmus von fünf Jahren über die Wirkung der Förderung im Rahmen des «Berichts des Bundesrats über die Umwelttechnologieförderung» Bericht erstattet (zuletzt 2018). Es ist ein definiertes Ziel des BAFU, die Berichterstattung stärker auf die Wirkungen des Förderinstruments auszurichten.

A 8 Literaturverzeichnis

Balthasar, A.; Lehmann, L. (2002): Evaluation der Umwelttechnologieförderung des BUWAL, Luzern

Bolt, P.; Dinkel, F. (2021): Nachhaltige öffentliche Beschaffung durch die Betrachtung von Lebenszykluskosten und Umweltbelastungen. Bern: BAFU.

de Bruyn, S.; Ahdour, S.; Bijleveld, M.; de Graaff, L.; Schep, E.; Schroten, A.; Vergeer, R. (2018): Environmental Prices Handbook 2017 - Methods and numbers for valuation of environmental impacts. Delft: CE Delft.

de Bruyn, S. ; Korteland, M. ; Markowska, A. ; Davidson, M. ; de Jong, F. ; Bles, M. ; Sevenster, M. (2010) : Shadow Prices Handbook - Valuation and weighting of emissions and environmental impacts. Delft: CE Delft. <https://www.cedelft.eu/publicatie/shadow-prices-handbook-valuation-and-weighting-of-emissions-and-environmental-impacts/1032>, Zugriff am 03.06.2022.

Buendia, E; Tanabe, K; Kranjc, A; Baasansuren, J; Fukuda, M.; Ngarize S. (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Switzerland.

Frischknecht, R.; Dinkel, F.; Braunschweig, A.; Ahmadi, M.; Kägi, T.; Krebs, L.; Stettler, C.; Zschokke, M. (2021): Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit – Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz (S. 260). Bern: Bundesamt für Umwelt.

Hammer, Stephan; Wunderlich, Alexander; Weber, Felix; Iten, Rolf (2018): Externe Evaluation des Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramms. Bern. S. 48.

Goedkoop, M.; Heijungs, R.; Huijbregts, M. (2013): ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (version 1.08). Report I: Characterisation.

ISO (2006): ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Geneva.

ISO/TC. (2006): Environmental management–Life cycle assessment–Principles and framework. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

KBOB, ecobau, IPB 2009/1:2022 (2022): UVEK-Ökobilanzdatenbestand 2022. https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html, Zugriff am 05.07.2022.

Kuik, O.; Brander, L.; Nikitina, N.; Navrud, S.; Magnussen, K.; Fall, E. H. (2007): Energy-related External Costs due to Land Use Changes, Acidification and Eutrophication, Visual Intrusion and Climate Change.

Landis, F.; Walker, D.; Tschannen, A.; Strotz, Ch.; Schaffner, D.; Feck, V. (2020): Evaluation Aktionsplan Holz, Bericht zuhanden des Bundesamtes für Umwelt, Programmsteuerung und Programmleitung Aktionsplan Holz.

NEEDS. (2007): Final Report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution (RS 1b D 6.7). <http://www.needs-project.org>, Zugriff am 03.06.2022.

Schweizerischer Bundesrat (Hrsg.) 2018: Umwelttechnologieförderung 2012–2016. Bericht des Bundesrates, Bern. Umwelt-Info Nr. 1808: 53 S.