

Kosten und Nutzen der Innovationen im Rahmen des Pilotprogramms An- passung an den Klimawandel

Schlussbericht



Projektteam

Projektteam EBP

Julia Brandes, PhD, Projektleitung

Mark Sieber, StV. Projektleiter

Denise Fussen

Simone Juon

Dr. Carsten Nathani

Carmen Steg

Projektteam INFRAS

Dr. Nicole Loumeau

Dr. Quirin Oberpriller

Begleitgruppe BAFU

Dr. Roland Hohmann, Projektleiter

Guirec Gicquel

Dr. Roger Ramer

Vincent Roth, PhD

Druck: 7. Juli 2023

7. Juli 2023

Pilotprogramm Klimaanpassung KNA_Schlussbericht.docx

Zusammenfassung

Im Pilotprogramm «Anpassung an den Klimawandel», eine der Massnahmen des gleichnamigen Aktionsplans des Bundesrats für die Periode 2020–2025, werden innovative Projekte zur Anpassung an den Klimawandel auf kantonaler, regionaler und lokaler Ebene unterstützt. Im Rahmen von zwei Programmphasen wurden bislang 81 Pilotprojekte durchgeführt. Die vorliegende Studie soll nun die Nutzen und Kosten der Projekte beider Phasen auf Schweizer Ebene abschätzen.

Die Nutzen und Kosten setzen sich dabei aus verschiedenen Komponenten zusammen und treten zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf (Abbildung 1):

— Nutzen:

- Vermiedene Transaktionskosten: Auf der Nutzenseite kann ein Pilotprojekt Transaktionskosten verringern, wenn Informationen einfacher zugänglich werden.
- Nutzen der Innovation: Bei den meisten Pilotprojekten lässt sich der erzielte Nutzen noch weitergehend identifizieren, da es direkt zu einer Nutzung der Erkenntnisse und einer Umsetzung von Empfehlungen kommen kann. Dadurch entsteht mit zeitlicher Verzögerung der konkrete Nutzen der Innovation letztlich in Form von vermiedenen Schadenskosten infolge der Anpassung an den Klimawandel.
- Daneben gibt es weitere nicht quantifizierbare Nutzen, wie beispielsweise Wirkungen auf das Wohlbefinden

— Kosten:

- Projektkosten: Kosten der Durchführung des Pilotprojekts
- Umsetzungskosten: Kosten, die durch die Umsetzung und Skalierung der Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt entstehen.
- Externe Kosten: Kosten, die ggf. ausserhalb des Pilotprojekts entstehen.

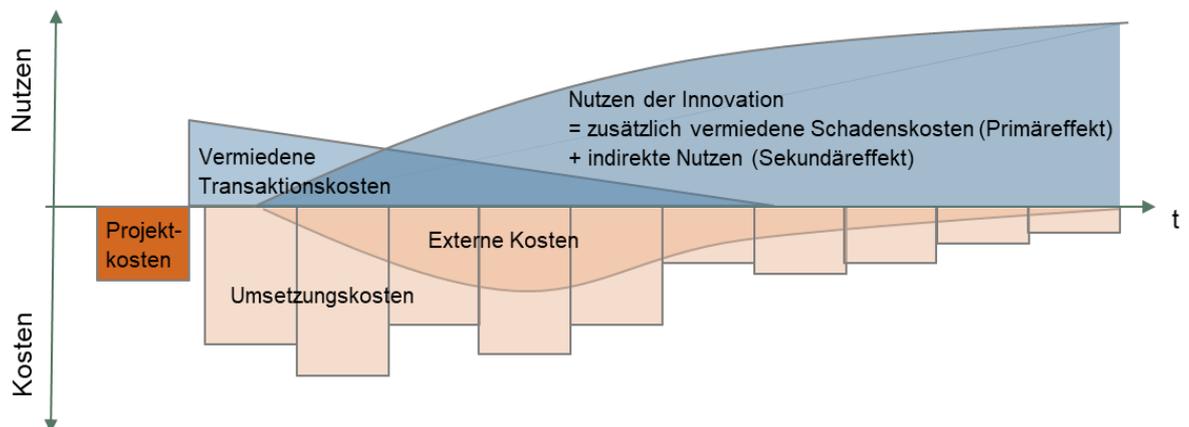


Abbildung 1: Kosten und Nutzen im Zeitverlauf

Zur Bestimmung der Nutzen und Kosten werden die Pilotprojekte gemäss ihrer Wirkungsweise in vier verschiedene Cluster unterteilt. Aus jedem der Cluster werden repräsentative Beispielprojekte ausgewählt, für die sich unter bestimmten Annahmen die Nutzen und Kosten abschätzen lassen (Tabelle 1).

Cluster (Anzahl Projekte)	Ausgewähltes Pilotprojekt (Projektnummer, Titel, Thema)
Sensibilisierung (11)	F.12: Kunst, Begrünung, Klima (Sensibilisierung) (Qualitativ)
Grundlagen (28)	A.15: Aktuelle Klimadaten für Bauplanende (Hitzebelastung) D.01: Weinbau im Kanton Neuenburg (Lebensräume) E.05: Ausbreitung von Waldschädlingen (Schadorganismen)
Handlungsempfehlungen (36)	F.09: Fischgerechter Wasserbau (Sensibilisierung, Information) 12: Vorbereitung der Futterproduktion auf den Klimawandel (Sommertrockenheit) 14: Lösungsansätze zur Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore (Steigendes Hochwasserrisiko)
Umsetzen von Massnahmen (6)	A.05: Kühle Strassenbeläge (Hitzebelastung) 3: ACCLIMATASION: Eine klimaangepasste Stadtentwicklung für Sitten (Hitzebelastung)

Tabelle 1: Ausgewählte Pilotprojekte nach Cluster

Zur Abschätzung der Nutzen und Kosten werden abhängig vom Beispielprojekt unterschiedliche Methoden wie Literaturrecherche, Experteninterviews und Datenauswertung angewendet. Nach Bestimmung der einzelnen Nutzen und Kosten der Beispielprojekte werden mithilfe der Methode der relativen Rangierung die Nutzen und Kosten auf alle Pilotprojekte der Cluster «Grundlagen», «Handlungsempfehlungen» und «Umsetzen von Massnahmen» übertragen. Da die Projekte des Clusters «Sensibilisierung» nicht quantifizierbar sind, werden sie in die Aufrechnung nicht miteinbezogen.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei jedem der zur quantitativen Einschätzung ausgewählten Beispielprojekte übersteigen die zusätzlichen Nutzen der Umsetzung der aus dem Pilotprojekt hervorgegangenen Innovation in den Jahren 2020 bis 2050 die zur Umsetzung notwendigen zusätzlichen Kosten.
- Auch nach Übertragung der Nutzen und Kosten der ausgewählten Beispielprojekte auf alle anderen Projekte lässt sich insgesamt ein Nutzen-Kosten Verhältnis von deutlich grösser als 1 erzielen.

Die 81 bisher durchgeführten Pilotprojekte decken eine sehr grosse thematische Vielfalt ab. Auch setzen ihre Grundlagen und Empfehlungen an unterschiedlichen Stellen in den Wirkungspfaden der Umsetzung an. Insgesamt kann damit davon ausgegangen werden, dass sich die Umsetzung der aus den Pilotprojekten erzielten Erkenntnisse lohnt. Die Nutzen, in der Regel vermiedene Schadenskosten, übersteigen die Umsetzungskosten deutlich.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage und Ziel der Studie	7
2.	Konzeptioneller Hintergrund und Wirkungsmodell	7
3.	Cluster und Beispielprojekte	8
4.	Abschätzung der Nutzen und Kosten der Innovationen der neun Beispielprojekte	10
5.	Gesamtnutzen und -kosten der erzielbaren Innovation	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ausgewählte Pilotprojekte nach Cluster	4
Tabelle 2:	Bewertungskriterien für die Auswahl der Pilotprojekte	9
Tabelle 3:	Thematische Verteilung der Pilotprojekte auf Cluster	10
Tabelle 4:	Ausgewählte Beispielprojekt	10
Tabelle 5:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Klimadaten für Bauplanende»	17
Tabelle 6:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Weinbau im Kanton Neuenburg»	20
Tabelle 7:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Ausbreitung von Waldschädlingen»	23
Tabelle 8:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore»	25
Tabelle 9:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Vorbereitung der Futterproduktion auf den Klimawandel»	28
Tabelle 10:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Fischgerechter Wasserbau»	30
Tabelle 11:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «ACCLIMATASION»	32
Tabelle 12:	Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Kühle Strassenbeläge»	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kosten und Nutzen im Zeitverlauf.....	3
Abbildung 2	Nutzen eines Pilotprojekts durch Erhöhung der Adoptionsrate	8
Abbildung 3	Nutzen eines Pilotprojekts durch Anstoss in einem neuen Bereich	8
Abbildung 4:	Kosten und Nutzen im Zeitverlauf.....	11
Abbildung 5	Fotomontage des Pausenhofs des Schulhauses Borzuat, Siders	13
Abbildung 6	Künstlerische Gestaltung mit Hitze-inspirierten Motiven	13
Abbildung 7:	Raupe des Schwammspinners (Lymantria dispar)	21
Abbildung 8:	Qualitative Einordnung der Pilotprojekte	36
Abbildung 9:	Quantitative Zuordnung der Projekte	37
Abbildung 10	Nutzen-Kosten-Verhältnis der Mittelwerte je Massnahmencluster und je Thema der Pilotprojekte	38

1. Ausgangslage und Ziel der Studie

1.1 Ausgangslage und Ziele der Studie

Im Aktionsplan «Anpassung an den Klimawandel» des Bunderates für die Periode 2020–2025 sind 75 Massnahmen zusammengefasst. Eine der Massnahmen ist das «Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel», welches innovative Projekte zur Anpassung an den Klimawandel auf kantonaler, regionaler und lokaler Ebene unterstützt. In den zwei Phasen dieses Pilotprogramms führten die Kantone, Regionen, Städte und Gemeinden insgesamt 81 Projekte durch. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) möchte mit der vorliegenden Studie die Kosten und Nutzen der mit dem Pilotprogramm erzielten Innovationen untersuchen lassen.

Das Hauptziel der Studie ist die Abschätzung des Gesamtnutzens und der Gesamtkosten aller Projekte auf Schweizer Ebene. Dafür sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Kosten und welche Nutzen haben neun ausgewählte Pilotprojekte, von denen acht monetär eingeschätzt werden können?
- Wie verhalten sich Kosten und Nutzen der ausgewählten Pilotprojekte, wenn sie auf die ganze Schweiz angewendet werden?
- Welchen Gesamtnutzen und welche Gesamtkosten haben die 81 Pilotprojekte – sofern quantifizierbar – wenn sie in der gesamten Schweiz, dort wo möglich, umgesetzt werden?

1.2 Aufbau des Berichts

Kapitel 2 beschreibt den konzeptionellen Hintergrund des Projekts. In Kapitel 3 wird die Auswahl der Pilotprojekte für eine genauere Quantifizierung dargestellt. Kapitel 4 stellt die einzelnen Projekte näher vor, beschreibt das jeweilige Vorgehen zur Abschätzung der Kosten und Nutzen und präsentiert die Ergebnisse. In Kapitel 5 werden auf Basis der ausgewählten Pilotprojekte die Gesamtnutzen und -kosten der Innovationen des Pilotprogramms bestimmt. Gleichzeitig werden die Ergebnisse in den Gesamtkontext eingeordnet.

2. Konzeptioneller Hintergrund und Wirkungsmodell

Die zentralen Herausforderungen dieser Studie sind die einheitliche Bewertung von Nutzen und Kosten sehr unterschiedlicher Pilotprojekte mit verschiedenen Wirkungsweisen, deren Hochskalierung auf die ganze Schweiz sowie die darauf basierende Ableitung von Nutzen und Kosten von 70 (quantifizierbaren) der 81 Pilotprojekte.

Bei vielen der 81 Pilotprojekte besteht der unmittelbare Nutzen darin, dass sie die Informationsbasis ihrer jeweiligen Zielgruppe verbessern. Die Kosten und Nutzen der Projekte beinhalten jedoch auch die Kosten und Nutzen der Umsetzung der neuen Information in eine neue Aktion. Als Innovation gilt dabei die durch die Projekte hervorgebrachten neuen Informationen und Massnahmen, deren Umsetzung die Anpassung an den Klimawandel gegenüber einer Referenzentwicklung verbessert. Das Pilotprojekt kann entweder eine Erhöhung der Adoptionsrate erreichen (Abbildung 2) oder die Anpassung an den Klimawandel in einem Bereich neu anstossen (Abbildung 3).

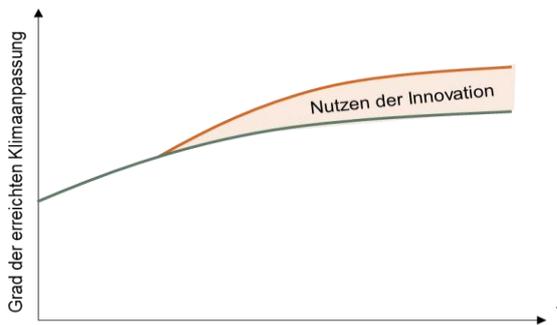


Abbildung 2 Nutzen eines Pilotprojekts durch Erhöhung der Adoptionsrate

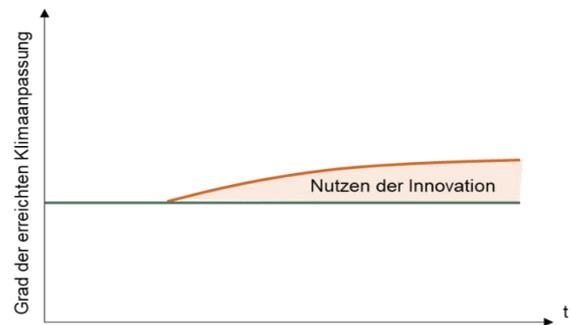


Abbildung 3 Nutzen eines Pilotprojekts durch Anstoss in einem neuen Bereich

Zur Beurteilung der Kosten und Nutzen wird das folgende *Wirkungsmodell* zugrunde gelegt:

- **Output:** Das Pilotprojekt hat in der Regel zusätzliche Informationen oder Massnahmen für bestimmte Zielgruppen hervorgebracht (Schulungsmaterial etc.).
- **Outcome:** Das Pilotprojekt vermindert die Transaktionskosten und verändert das Verhalten der Zielgruppe. In diesem Wirkungsmechanismus sind die folgenden Überlegungen zu berücksichtigen: (1) Wie viele Subjekte sind potenziell an der Information interessiert (z.B. alle Weinbauern)? (2) Wie viele davon erreicht die Information? (3) Für wie viele davon ist die Information relevant? (4) Wie viele davon setzen die Empfehlungen um? (5) Wie viele davon hätten das ohne das Informationsmaterial nicht gemacht? Damit wird eine autonome Anpassung, die auch ohne die betreffende Innovation erfolgt wäre, nicht mitgezählt. Ferner sind Mitnahmeeffekte nicht relevant, da der Nutzen unabhängig davon abgebildet wird, ob er bei Privaten oder bei der öffentlichen Hand anfällt.
- **Impact:** Die durch das Pilotprojekt ausgelöste Verhaltensänderung bewirkt eine verbesserte Anpassung an den Klimawandel und damit verminderte Kosten der Auswirkungen des Klimawandels.

3. Cluster und Beispielprojekte

3.1 Methodisches Vorgehen: Bestimmung Cluster und Auswahl der Beispielprojekte

In einem ersten Schritt wird ein Screening der 81 Projekte hinsichtlich ihrer Wirkungsarten durchgeführt, durch die eine Vergleichbarkeit der heterogenen Projekte hergestellt wird, damit sich diese später hochrechnen lassen. Dabei können die folgenden vier Wirkungsarten und damit Cluster identifiziert werden:

- **Sensibilisierung:** Das Projekt dient hauptsächlich der Sensibilisierung. Diese geschieht durch geeigneten Wissenstransfer hinsichtlich Klimawandel und Anpassung an dessen Folgen.
- **Grundlagen:** In dem Projekt werden Grundlagen wie beispielsweise Karten erarbeitet, die eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützen. Zusätzlich kann auch durch das Projekt ein regelmässiges Monitoring von ermittelten Indikatoren durchgeführt werden.

- Handlungsempfehlungen: Das Projekt erarbeitet spezifische Handlungsempfehlungen, beispielsweise in Form von Merkblättern, Leitfäden oder Strategien, aus denen sich Massnahmen direkt ableiten lassen.
- Umsetzen von Massnahmen: In dem Projekt werden bereits Massnahmen während der Projektphase konkret umgesetzt.

In einem zweiten Schritt werden aus jedem Cluster diejenigen Projekte ausgewählt, die sich für eine vertiefte Betrachtungsweise und für eine spätere Nutzenübertragung auf die anderen Projekte in ihrem Cluster eignen. Dafür wird jedes Pilotprojekt nach bestimmten Kriterien bewertet, wobei es gewisse Mindestanforderungen erfüllen muss, um ausgewählt zu werden (Tabelle 2).

Kriterium	Fragestellungen	Mögliche Ausprägungen (Mindestanforderungen)
Quantifizierbarkeit des erzielbaren Nutzens der Wirkung unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> — Lässt sich der erzielbare Nutzen quantitativ abbilden? — Gibt es Daten dafür in der Schweiz? 	<ul style="list-style-type: none"> — Nicht quantifizierbar — <u>Grob abschätzbar</u> — Detailliert quantifizierbar
Übertragbarkeit, Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> — Lässt sich das Projekt auf andere Regionen übertragen? — Ist das Projekt auf Schweizer Ebene skalierbar? 	<ul style="list-style-type: none"> — <u>Ja</u> / Nein
Repräsentativität des Projekts für das Cluster	<ul style="list-style-type: none"> — Wie repräsentativ ist das Projekt für das Cluster? (z.B. thematisch) 	<ul style="list-style-type: none"> — Niedrig — <u>Mittel</u> — Hoch
Relevanz der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> — Wie relevant ist das Projekt? (Strategie Anpassung an den Klimawandel, inkl. Handlungsfelder) 	<ul style="list-style-type: none"> — Niedrig — <u>Mittel</u> — Hoch

Tabelle 2: Bewertungskriterien für die Auswahl der Pilotprojekte

Bei der Auswahl der Beispielprojekte wird ebenfalls die Zugehörigkeit der Projekte zu einem der sechs Themen gemäss der beiden¹ Phasen des Pilotprogramms berücksichtigt. Diese Themen sind: Grössere Hitzebelastung, Zunehmende Sommertrockenheit, Steigendes Hochwasserrisiko, abnehmende Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen, Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft, Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten und Sensibilisierung, Information und Koordination. Das heisst, es wird sichergestellt, dass von jedem Thema mindestens ein Projekt ausgewählt wird, so dass bei der späteren Hochrechnung zur Unterstützung der Vergleich von Projekten eines Themas berücksichtigt werden kann.

3.2 Auswahl Cluster und Beispielprojekte

Alle Pilotprojekte lassen sich einem der beschriebenen Cluster (Sensibilisierung, Grundlagen, Handlungsempfehlungen, Umsetzen von Massnahmen) zuordnen. Dabei fällt der Grossteil der Projekte in das Cluster Handlungsempfehlungen (36), gefolgt von Grundlagen (28) und Sensibilisierung (11). Nur sechs der Pilotprojekte gehören zum Cluster Umsetzen von Massnahmen. Thematisch verteilen sich die Projekte wie folgt auf die jeweiligen Cluster:

1 Die Zuordnung der Projekte aus der Pilotphase 1 gemäss dieser Themen ist ersichtlich in: BAFU (Hrsg.) (2017): Impulse für eine klimaangepasste Schweiz. Erkenntnisse aus 31 Pilotprojekten zur Anpassung an den Klimawandel. Bundesamt für Umwelt. Bern. Umwelt-Info Nr. 1703.

Thema	Sensibilisierung	Grundlagen	Handlungsempfehlungen	Umsetzen von Massnahmen	Total
Hitzebelastung	0	4	12	2	18
Lebensräume	0	6	1	1	8
Naturgefahren (Hochwasser, Erdbeben)	2	3	6	0	11
Schadensorganismen	0	4	5	0	9
Sensibilisierung, Information und Koordination	9	3	7	0	19
Sommertrockenheit	0	8	5	3	16
Total	11	28	36	6	81

Tabelle 3: Thematische Verteilung der Pilotprojekte auf Cluster

Thematisch fällt der Grossteil der Projekte im Bereich der Sensibilisierung, Information und Koordination an, gefolgt von Hitzebelastung und Sommertrockenheit. Die Themen in den Bereichen Naturgefahren, Lebensräume und Schadensorganismen sind weniger stark vertreten.

Nach der Bewertung der einzelnen Projekte und unter Berücksichtigung, dass jedes Thema möglichst gemäss der auftretenden Häufigkeit vertreten ist, werden die in Tabelle 4 dargestellten Projekte zur näheren Betrachtung ausgewählt.

Cluster (Anzahl Projekte)	Ausgewähltes Beispielprojekt (Thema)
Sensibilisierung (11)	F.12: Kunst, Begrünung, Klima (Sensibilisierung, Information und Koordination) (Qualitativ)
Grundlagen (28)	A.15: Aktuelle Klimadaten für Bauplanende (Hitzebelastung) D.01: Weinbau im Kanton Neuenburg (Lebensräume) E.05: Ausbreitung von Waldschädlingen (Schadorganismen)
Handlungsempfehlungen (36)	F.09: Fischgerechter Wasserbau (Sensibilisierung, Information und Koordination) 12: Vorbereitung der Futterproduktion auf den Klimawandel (Sommertrockenheit) 14: Lösungsansätze zur Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore (Steigendes Hochwasserrisiko)
Umsetzen von Massnahmen (6)	A.05: Kühle Strassenbeläge (Hitzebelastung) 3: ACCLIMATASION: Eine klimaangepasste Stadtentwicklung für Sitten (Hitzebelastung)

Tabelle 4: Ausgewählte Beispielprojekt

4. Abschätzung der Nutzen und Kosten der Innovationen der neun Beispielprojekte

Im Folgenden werden die Nutzen und Kosten der Innovationen der neun Beispielprojekte hergeleitet. Unterkapitel 4.1 beschreibt dazu das allgemeine methodische Vorgehen. Die nachfolgenden Unterkapitel stellen dann, unterteilt nach Clustern, jedes Projekt inklusive des Wirkungspfadens kurz vor, beschreiben die betrachteten Szenarien, die Annahmen für die Nutzen- und Kostenherleitung und präsentieren die Ergebnisse.

4.1 Methodisches Vorgehen: Bestimmung der Kosten und Nutzen der Beispielprojekte.

Die Kosten und Nutzen setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen und treten zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf (Abbildung 4).

Die Kosten bestehen aus den Kosten des Pilotprojekts, den weiteren Umsetzungskosten und der Skalierung auf die Schweiz sowie externen Kosten, die ausserhalb des Projekts anfallen könnten. Auf der Nutzenseite kann ein Pilotprojekt Transaktionskosten verringern, wenn Informationen einfacher zugänglich und umsetzbar werden, und dadurch eine Aktion begünstigt wird. Dies betrifft insbesondere Pilotprojekte, die auf eine allgemeine, unspezifische Sensibilisierung im Bereich der Anpassung an den Klimawandel abzielen. Bei den meisten Pilotprojekten geht der mögliche Nutzen jedoch deutlich weiter: Sie verändern potenziell das Verhalten der betroffenen Zielgruppe und begünstigen die Umwandlung von Information in Aktion. Durch die Umsetzung der Empfehlungen aus den Pilotprojekten entsteht mit zeitlicher Verzögerung der konkrete Nutzen der Innovation. Dieser besteht hauptsächlich in vermiedenen Schadenskosten infolge der Anpassung an den Klimawandel einerseits und indirekten Nutzen (Sekundäreffekten) andererseits. Die Schadenskosten sind in einigen Beispielprojekten nicht konstant, sondern entwickeln sich entlang einer zu definierenden Schadensfunktion. Der vermiedene Nutzen kann in diesen Fällen auch über die Zeitachse veränderlich sein. Die Transaktionskosten müssen nur bei einigen der Pilotprojekte explizit berücksichtigt werden, da sie ansonsten durch die Verhaltensfunktion bereits abgedeckt sind. Daneben gibt es weitere nicht quantifizierbare Nutzen, wie beispielsweise Wirkungen auf das Wohlbefinden.

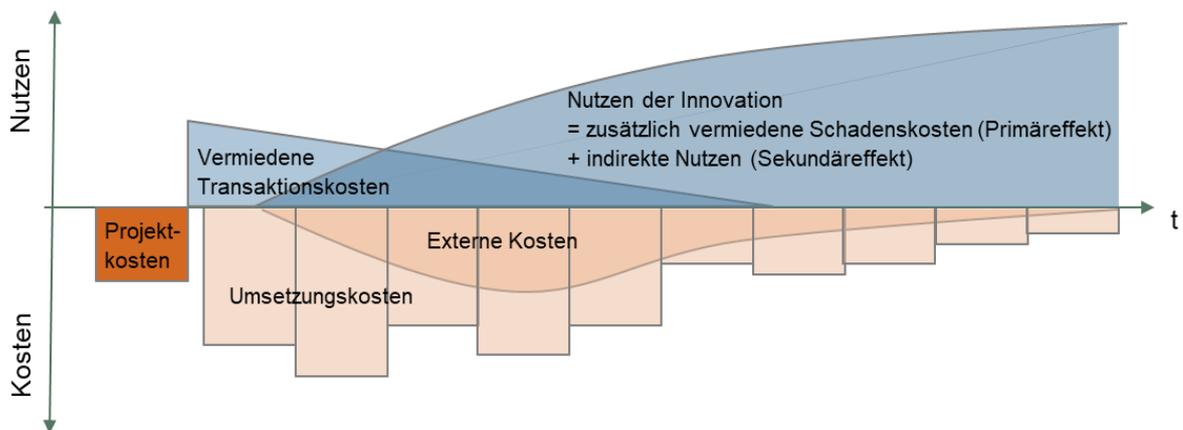


Abbildung 4: Kosten und Nutzen im Zeitverlauf

Zur Abschätzung der Kosten und Nutzen werden zudem die folgenden Überlegungen vorgenommen bzw. Annahmen getroffen:

- Zeitliche Dimension: Für alle Beispielprojekte wird eine Periode von 30 Jahren betrachtet (die Jahre 2020-2050). Abhängig vom Projekt können davon zu Beginn aber gegebenenfalls individuell einige Jahre abgezogen werden, um zu berücksichtigen, dass die Umsetzung der Erkenntnisse nicht 2020 begann, sondern beispielsweise erst 2025 beginnen wird. Dazu sind folgende zeitlichen Informationen erforderlich: Periode der Umsetzung, zeitliche Verzögerung zwischen Umsetzung und Wirkung und Lebensdauer der Investitionen bzw. der umgesetzten Anpassungsmassnahmen.

- Diskontierungssatz: Für die Bestimmung der möglichen Gesamtkosten und Gesamtnutzen für die Jahre 2020-2050 eines Projekts werden die einzelnen Komponenten mit einem jährlichen Diskontierungssatz von 2% diskontiert.
- Klimaszenario: Für das Ausmass der Auswirkungen des Klimawandels wird das Klimaszenario von RCP 8.5 angenommen, soweit dies für die Beispielprojekte möglich ist.

Ebenfalls ist die Betrachtung von verschiedenen Szenarien im Zeitablauf vorgesehen, um den zusätzlichen Nutzen eines Projekts bestimmen zu können (d.h. den Nutzen, der nur durch das Projekt zustande kommt). Insgesamt können bis zu vier Szenarien beschrieben werden:

- Nullszenario: Es werden keine autonomen Anpassungsmassnahmen umgesetzt.
- Referenzszenario: Das Referenzszenario beschreibt die wahrscheinliche zeitliche Entwicklung, d.h. die Akteure passen ihr Verhalten im Zeitraum sowieso an.
- Projektszenario: Die Massnahmen der Innovationen werden zum Teil von einigen Akteuren (aber nicht allen) umgesetzt (teilweise Skalierung).
- Optimalszenario: Alle betroffenen Akteure setzen die möglichen Massnahmen der Innovation um (vollständige Skalierung).

Für die Abschätzung der Nutzen und Kosten der Innovation werden das Referenz- und das Projektszenario miteinander verglichen. Zusätzlich können aber auch das Null- und/oder das Optimalszenario bestimmt werden, falls es die Berechnungen und den Vergleich vereinfacht.

Aufgrund der Heterogenität der Massnahmen lässt sich keine einzelne Methode für alle acht Pilotprojekte finden. Vielmehr kommen für jedes Projekt verschiedene Methoden zur Anwendung wie beispielsweise: Evaluationsberichte der Projekte, Interviews mit Projektverantwortlichen, Literaturanalyse und Nutzung bestehender Datensätze sowie Experteneinschätzungen.

Eine weitere Herausforderung besteht im Umgang mit Unsicherheiten: Da kein Wirkungsmonitoring zu den Pilotprojekten vorliegt, sind sämtliche Ergebnisse das Resultat von Abschätzungen und Hochrechnungen. Die Unsicherheit der Ergebnisse wird daher für jedes Pilotprojekt angegeben. In Ausnahmefällen werden die Ergebnisse als Bandbreiten angezeigt.

4.2 Projekte des Clusters «Sensibilisierung»

In diesem Cluster sind naturgemäss Quantifizierungen und Monetarisierungen kaum möglich bzw. es fehlen verhaltensökonomische Ansätze dazu. Aus diesem Grund wird das Projekt F.12: Kunst, Begrünung, Klima des Pilotprogramms ausschliesslich qualitativ beurteilt.

4.2.1 F.12: Kunst, Begrünung, Klima

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Schülerinnen und Schüler des Schulhauses Borzuat in Siders (VS) waren wichtige Akteurinnen und Akteure dieses Sensibilisierungsprojekts. Sie erarbeiteten eine Vision und ein Projekt für die Bepflanzung ihres Pausenhofs und setzten dieses um. Durch die Beschattung sind sie besser vor zu grosser Hitze auf dem Pausenhof geschützt. Zugleich lernten sie über die Anpassung an den Klimawandel. Das abstrakte Thema wurde durch konkretes Gestalten und Erleben fassbar. Mit den Schülerinnen und Schülern zusammen wurden auch Lehrmodule erarbeitet, die an anderen Schulen eingesetzt werden sollen. Ausgehend von den Kindern beschäftigten sich auch ihre Eltern und das weitere Umfeld mit dem Thema.



Abbildung 5 Fotomontage des Pausenhofs des Schulhauses Borzuat, Siders
(Quelle: INFOSIERRE N° 40)

Das Engagement von Kindern schien von besonderem Interesse zu sein und wurde deshalb in den regionalen Medien breit aufgenommen. Die Berichterstattung erhöhte die Sensibilisierungswirkung des Projekts. Entsprechend gut bekannt dürfte die Umgestaltung des Pausenhofs des Schulhauses Borzuat sein.

Als zweites konkretes Element umfasste das Projekt die Umgestaltung eines öffentlichen Raums in der Stadt Siders, der Place d'Orzival. Kinder und erwachsene Quartierbewohnerinnen und -bewohner entwarfen in partizipativen Workshops Teile der Umgestaltung und setzten diese um. Dabei spielten praktische Massnahmen wie die sogenannten «Frische-Inseln» eine Rolle, aber auch künstlerische Elemente, die für das Thema Hitzeminderung sensibilisieren sollen. Dazu wurde ebenfalls ein Lehrmodul erarbeitet, das von den Lehrpersonen selbständig durchgeführt werden kann.



Abbildung 6 Künstlerische Gestaltung mit Hitze-inspirierten Motiven
(Quelle: édhéa)

Wirkungspfad: Durch die Beschäftigung mit der Anpassung an den Klimawandel und durch die konkrete Umsetzung von Projekten erfuhren Schülerinnen und Schüler, ihre Eltern und weitere Quartierbewohnerinnen und -bewohner, was Anpassung an den Klimawandel bedeuten kann. Die Wirkung wurde mit künstlerischen Mitteln unterstützt. Dadurch wurde das Bewusstsein sowohl für den Klimawandel als auch für die Möglichkeiten und die Bedeutung von Anpassungsmassnahmen gestärkt. Durch die breite Aufnahme des Beispiels durch die Medien und in Fachberichten konnten auch Unbeteiligte sensibilisiert werden. Damit wurden günstige Voraussetzungen dafür geschaffen, dass das Beispiel Nachahmerinnen und Nachahmer findet. Unter dem Titel «Schule machen» strebt das Projekt die Übertragung der Projektergebnisse auf andere Schulen bzw. öffentliche Räume in verschiedenen Städten an.

Szenarien und Annahmen: Auch im Referenzszenario wächst das Bewusstsein für die Notwendigkeit der Anpassung an den Klimawandel. Durch die Sensibilisierung mit diesem Projekt kann dieser Prozess lokal beschleunigt werden. Das Besondere am Projekt ist, dass es Kinder ins Zentrum stellte, also jene Generation, welche die Auswirkungen des Klimawandels am stärksten zu spüren bekommen wird. Die Kinder gestalteten mit dem Projekt ihren Lebensraum lebenswert, und zwar sowohl den heutigen als auch den künftigen. Wenn dies den Eltern und ihrem Umfeld genügend deutlich vermittelt werden konnte, dürfte sich auch die erwachsene Bevölkerung emotional stärker betroffen fühlen, was eine Voraussetzung für das konkrete Handeln und damit für die Verminderung der Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz ist.

Beschrieb der Nutzen

Der Nutzen des Projekts besteht in der Sensibilisierungswirkung, die zu einer rascheren oder wirksameren Umsetzung von Klimaanpassungsmassnahmen führt. Die Wirkung lässt sich nicht ohne Weiteres quantifizieren, da dafür Befragungen notwendig wären. Sie ist somit auch nicht auf die Schweiz skalierbar. Bezogen auf die beiden im Rahmen des Pilotprojekts umgesetzten Massnahmen kann der Nutzen jedoch wie folgt beschrieben werden:

Der direkte Nutzen besteht darin, dass Schülerinnen und Schüler auf dem Pausenhof bzw. Quartierbewohnerinnen und -bewohner auf dem öffentlichen Platz besser vor der Hitze geschützt sind. Der vermutlich gewichtiger indirekte Nutzen ist jedoch die Bildung des Bewusstseins um den Klimawandel und seine Folgen bzw. um Massnahmen, diesen zu begegnen. Eine Voraussetzung für zusätzlichen Nutzen bei Nachahmerinnen und Nachahmern besteht zudem durch die Berichterstattung und die erarbeiteten Lehrmittel.

Der Nutzen setzte mit der Umsetzung der Projekte in Sierre ein und dauert an.

Beschrieb der Kosten

Die gesamten Projektkosten betragen rund CHF 177'000. Als weitere Ressource wurde die Zeit der Lehrpersonen, der Schülerinnen und Schüler sowie der Quartierbewohnerinnen und -bewohner eingesetzt. Die für die Beschäftigung mit dem Thema notwendige Zeit ist denn auch die hauptsächliche Voraussetzung für die Realisierung des Nutzens. Dies wird auch für Projekte gelten, welche das Beispiel von Siders kopieren: Die monetären Kosten können bescheiden sein, hingegen ist der zeitliche Aufwand für eine erfolgreiche Sensibilisierung erheblich.

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Den Projektkosten steht ein Nutzen gegenüber, der sich über die Zeit entwickelt. Das Vorgehen bei den Umgestaltungen als auch die Lehrmodule fördern das Bewusstsein für den Klimawandel und seine Folgen sowie das schulische und zivilgesellschaftliche Engagement zur Anpassung des öffentlichen Raums an den Klimawandel.

4.3 Projekte des Clusters «Grundlagen»

4.3.1 A.15: Aktuelle Klimadaten für Bauplanende



(Quelle: Projektbroschüre, Foto: Jörg Dietrich)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Das Projekt stellt physikalisch konsistente Klimadatenätze für Bauplanende in stündlicher Auflösung bereit, welche mit Hilfe von Gebäudesimulationen evaluiert und plausibilisiert werden. Die Datensätze ermöglichen Planenden, das Innenraumklima der Zukunft zu berechnen und dadurch Gebäude optimal zu planen. Das Projekt bildet die Grundlage für eine Aktualisierung des SIA-Klimadaten Merkblattes 2028. Die ersten Testsimulationen zeigen, dass aufgrund steigender Temperaturen Gebäude künftig klimaangepasster geplant werden müssen, um die thermische Behaglichkeit in Innenräumen aufrecht zu erhalten. Die konkreten Handlungsempfehlungen für Bauplanende umfassen:

- Anpassung der Grösse und Lage der Fenster
- Verstärkter Einbau von Verschattungstechnik und Technik zur konsequenten Nachtauskühlung
- Platz für aktive Kühlung vorsehen

Wirkungspfad: Das Projekt stellt den Bauplanenden die Datensätze sowie die Ergebnisse aus den Gebäudesimulationen mittels einer wissenschaftlichen Publikation zur Verfügung. Die Datengrundlage trägt dazu bei, dass Bauplanende in der Schweiz für eine klimabedingte Anpassung der Gebäudeplanung sensibilisiert werden und die Handlungsempfehlungen im Rahmen der individuellen Bausituation umsetzen.

Szenarien und Annahmen:

- Referenzszenario: Infolge fehlender (bzw. nicht verwendeter) Daten zu Klimaszenarien werden Gebäude nicht klimagerecht geplant. Die Planung stützt sich auf veraltete Klimadaten.
- Projektszenario: Die Handlungsempfehlungen aus den aktuellen Klimadaten für Bauplanende werden in die Gebäudeplanung in der Schweiz aufgenommen. Sowohl die Anpassung der Grösse und Lage der Fenster als auch der Verbau von zusätzlichen natürlichen Kühlungsmechanismen werden umgesetzt.

Abschätzung der Nutzen

Spezifische Annahmen für Nutzen: Die Herleitung des Nutzens stützt sich auf eine wissenschaftliche Anwendung der aktuellen Klimadaten für Bauplanende, welche von der Hochschule Luzern im Auftrag des Bundesamts für Energie erstellt wurde.² In dieser Studie haben die

² Büttner, S., Stampfli, J., Domingo-Irigoyen, S., Settembrini, G., Schrader B. (2021): «Bereit für den Klimawandel? Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften und Planende». Hochschule Luzern, Institut für Gebäudetechnik und Energie im Auftrag von energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE.

Autoren das Potenzial einer klimawandelgerechten Planung simuliert. Das Gebäude wurde anhand von fünf Massnahmen klimagerecht optimiert:

- Reduktion des Fensteranteils und Einsatz von Oberlichtern
- Fensterabrüstung statt Fenstersturz
- Beweglicher Sonnenschutz (Lamellenstoren)
- Zusätzliche Bauliche Elemente: Verglaste Loggia
- Heller Keramikboden und weisse Wände/Decken in Innenräumen

Die Simulation errechnet das resultierende Energieeinsparungspotenzial, als Differenz des Endenergieverbrauchs eines Referenzgebäudes (d.h. ohne klimagerechte Anpassung) mit dem Endenergieverbrauch eines optimierten Gebäudes (d.h. mit klimagerechter Anpassung).³ Diese Simulation erlaubt es, den Nutzen des Projekts zu bestimmen. Zudem wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Gebäudetyp: Obwohl das Projekt Klimadaten für drei Gebäudetypen erhebt (Wohngebäude, Bürogebäude und Schulgebäude), simuliert die Potentialanalyse einer klimawandelgerechten Planung lediglich ein typisches Wohngebäude. Der hier ermittelte Nutzen des Projektes bezieht sich demnach auf typologisch repräsentative Neubauten für die Wohnnutzung, welche zwischen 2020-2050 schweizweit errichtet werden.⁴ Laut der Gebäude- und Wohnstatistik des Bundesamts für Statistik (2021) wurden zwischen den Jahren 2018-2021 im Durchschnitt 5'164 Neubauten mit Wohnnutzung (3+4 Geschosse) errichtet. Ein Gebäude hat somit 12 Wohnungen. Für die Analyse wird angenommen, dass diese Anzahl der Neubauten pro Jahr stabil bleibt.
- Repräsentativität für die gesamte Schweiz: Die Potentialanalyse simuliert ein repräsentatives Wohngebäude anhand Zürcher Klimadaten. Laut den Autoren der Studie ist die Ermittlung des Endenergieverbrauches demnach repräsentativ für Neubauten im Schweizer Mittelland. Für die Analyse wird angenommen, dass das Energieeinsparungspotenzial für Zürich in etwa dem Mittel über alle Schweizer Region entspricht und somit repräsentativ für alle Neubauten in der Schweiz ist.
- Nutzen durch Einsparung elektrischer Energie: Es wird davon ausgegangen, dass ohne die Kühlung durch die Optimierungsmassnahmen dieselbe Kühlleistung durch Klimaanlage stattfinden würden. Die Kosten für elektrische Energie werden zwischen 0.27 CHF/kWh (Jahr 2020) und 0.35 CHF/kWh (2050) angenommen.⁵
- Eingesparte Endenergie: Die in der Simulation angegebenen Energiewerte beziehen sich auf die Reduktion des Endenergieverbrauchs. Berücksichtigt werden dabei neben Klimakälte auch der Heizwärmebedarf. Die Simulation bezieht sich auf die Periode 2045 bis 2074. Daher wird davon ausgegangen, dass sich die eingesparte Endenergie im Betrachtungszeitraum 2020-2050 linear auf den Maximalwert (gemäss Studie) von 2 kWh/m²EBF/Jahr

3 Der Endenergieverbrauch ist eine Kombination aus Heizwärmebedarf, Klimakältebedarf und Elektrizität und Beleuchtung.

4 Ein typologisch repräsentativer Neubau für die Wohnnutzung hat eine Energiebezugsfläche (EBF) von 1'512 m², die auf vier Geschosse mit drei 3½-Zimmer-Wohnungen pro Stockwerk aufgeteilt ist. Der Fensteranteil beträgt im Mittel 53 % der Fassadenfläche (NW 37.9 %, NO 58.7 %, SO 64.2 %, SW 53.9 %) (siehe Schlussbericht: Klimaszenarien fürs zukünftige Innenraumklima, SIA 2028).

5 Der heutige Medianwert für den typischen Haushalt der Schweiz ist 0.27 CHF/kWh (siehe Strompreise Schweiz (admin.ch)). Es wird von einem moderaten Anstieg der Strompreise ausgegangen.

erhöht. Die Energiebezugsfläche EBF pro Neubau bezieht sich auf die Annahmen der Simulation und wird mit 1'512 m² beziffert.

- **Referenz:** Bei einem Teil der Neubauten wird durch die Innovation keine Anpassung hervorgerufen. Einerseits werden Neubauten Loggias teilweise nicht verglasten (z.B. aus optischen Gründen). Andererseits kann man davon ausgehen, dass ein gewisser Anteil an Verglasungen auch ohne die Innovation umgesetzt würde (und dass dieser Anteil im Laufe der Jahre steigt). Für die Analyse wird angenommen, dass der Anteil der Neubauten, auf den die Innovation keinen Einfluss auf die Entscheidung bezüglich Verglasung hat, im Jahr 2020 50% beträgt und bis ins Jahr 2050 auf 90% ansteigt.

Herleitung der Nutzenschätzung: Der Nutzen entspricht der Summe des jährlichen Energieeinsparungspotenzials (elektrische Energie) für alle typologisch repräsentativen Neubauten mit Wohnnutzung (3+4 Geschosse, schweizweit).

Abschätzung der Kosten

Spezifische Annahmen für Kosten: Die Massnahmen zur Gebäudeoptimierung sind nur teilweise mit zusätzlichen Kosten verbunden. Die Annahme ist, dass die Planung der Lage und Grösse der Fenster, die Fensterabrüstung, der bewegliche Sonnenschutz und das Innenraumdesign der Böden und Wände keine zusätzlichen Kosten verursacht. Die Kosten der Verglasung einer Loggia werden mit 750 CHF pro Loggia angenommen.⁶

Herleitung der Kostenschätzung: Die Kosten für eine klimagerechte Anpassung von Neubauten mit Wohnnutzung in der Schweiz bezieht sich somit auf die einmaligen Kosten für den Verbau verglaster Loggien. Pro Gebäude wird von 12 Loggien ausgegangen (eine pro Wohnung).

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen für die Schweiz: Der Nutzen (2020-2050, diskontiert) beläuft sich schweizweit auf 580 Mio. CHF. Die Kosten (2020-2050, diskontiert) liegen bei 350 Mio. CHF. Das entspricht einem Nutzen-Kosten Verhältnis von 1.7. Das Nutzen-Kosten Verhältnis ist in Tabelle 5 zusammengefasst.

Nutzen und Kosten	Klimadaten für Bauplanende	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Einsparung des elektrischen Energieverbrauches aufgrund von klimaoptimierter Planung Total Nutzen	580 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Projektkosten Investitionskosten Total Kosten	<1 Mio. CHF 350 Mio. CHF 350 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		230 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		1.7

Tabelle 5: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Klimadaten für Bauplanende»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Die Herleitung der Energieeinsparungen stützt sich auf eine Studie, die genau für den konkreten Fall anwendbar ist. Dies ist — im Vergleich zu anderen Pilotprojekten — eine gute Grundlage. Unsicherheitsfaktoren sind unter anderem die Kosten der optimierten Gebäudeplanung sowie Annahmen zur Referenz.

6 Die Kosten für eine Nachrüstung einer verglasten Loggia werden z.B. auf folgender Webseite aufgeschlüsselt (<https://www.ofri.ch/kosten/balkon-verglasen>). Ein Teil dieser Kosten entfallen auf Anfahrt, Gerüst, Arbeitskosten und Margen. Diese Kosten dürften bei einem Neubau mit professioneller Bauherrenschaft geringer ausfallen.

4.3.2 D.01: Weinbau im Kanton Neuenburg



(Quelle: Projektbroschüre, Foto: Valentin Comte)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene bioklimatische Indizes basierend auf Temperaturmessungen an 29 Standorten im Kanton Neuenburg erhoben und ausgewertet. Ziel war es, die Folgen des Klimawandels für den Weinbau im Kanton Neuenburg abzuschätzen und mögliche Handlungsempfehlungen für eine klimabedingte Anpassung der Weinproduktion abzugeben. Die Auswertung hat gezeigt, dass die *Growing Season Temperature* (dt. Temperatur der Vegetationszeit) aufgrund des Klimawandels zunimmt und die Weinernte zukünftig immer früher stattfinden wird. Dies hat zur Folge, dass die Qualität temperaturanfälliger Rebsorten, wie z.B. Pinot Noir, abnehmen wird. Die Autoren der Studie haben daraufhin zwei Handlungsempfehlungen ausgesprochen, um dem zu erwartenden Ertragsverlust langfristig entgegenzuwirken:

- In tieferen Lagen auf temperaturresistentere Rebsorten (z.B. Merlot) umsteigen.
- Pinot Noir in höheren Lagen (über 550m) anbauen.

Wirkungspfad: Das Projekt stellte die erhobenen Grundlageninformationen zu bioklimatischen Indizes mittels einer öffentlichen Datenbank zur Verfügung und publizierte die Ergebnisse der Auswertung in einem wissenschaftlichen Artikel und in zahlreichen Zeitungsartikeln. Die veröffentlichten Informationen tragen dazu bei, dass Weinbauern im Kanton Neuenburg ein Bewusstsein für eine klimabedingte Anpassung ihrer Pinot-Noir-Produktion entwickeln und die Handlungsempfehlungen gegeben ihrer individuellen Weinbausituation umsetzen.

Annahmen: Die Nutzen-Kosten Abschätzung basiert auf folgenden allgemeinen Annahmen:

- Handlungsempfehlung Rebsortenwechsel: Die folgende Abschätzung bezieht sich darauf, dass Weinbauern im Kanton Neuenburg langfristig auf temperaturresistentere Rebsorten umsteigen (Handlungsempfehlung 1). Eine Verlagerung der Weinproduktion in höhere Lagen ist aus Sicht der Expertinnen und Experten nicht wahrscheinlich. Der Grund dafür ist, dass dies eine Gesetzesänderung voraussetzt, welche erlaubt, dass Weinreben auch über 550 m angebaut werden dürfen. Des Weiteren bestehen Unsicherheiten über die Bodenverfügbarkeit sowie die Bodeneignung in höheren Lagen.
- Art der Umsetzung: Ein Rebsortenwechsel kann durch Pfropfung oder Neupflanzung erfolgen. Welche Form der Umsetzung ein Weinbauer wählt, hängt massgeblich vom Alter der bestehenden Weinreben ab. Generell haben Weinreben eine Lebenserwartung von ca. 30 Jahren. Basierend auf den Einschätzungen der Expertinnen und Experten wird davon ausgegangen, dass Weinreben, welche jünger als 15 Jahre sind, gepfropft und Weinreben, die

15 Jahre oder älter sind, ersetzt werden. Eine Pfropfung der Weinbaufläche erfolgt sequenziell (jedes Jahr 10%). Im ersten Jahr nach der Pfropfung ist mit einer Produktivität von nur 20% zu rechnen. Erst ab dem zweiten Jahr erreicht die gepfropfte Rebe dann die volle Produktivität. Wenn die Weinbaufläche ersetzt wird, dann ist im ersten Jahr zunächst mit keinem Ertrag, im zweiten Jahr mit 30% Ertrag, im dritten Jahr mit 60% Ertrag und ab dem vierten Jahr 100% Ertrag zu rechnen.

- Merlot als Ersatz für Pinot Noir: Es gibt verschiedene rote Rebsorten, welche als temperaturresistent gelten und somit als Ersatz für Pinot Noir in Frage kämen. Die Expertinnen und Experten sehen es als wahrscheinlich an, dass Weinbauern im Kanton Neuenburg den Empfehlungen der Studie folgen und auf Merlot umsteigen. Der Anbau von Merlot gilt als unkompliziert und es kann davon ausgegangen werden, dass Pinot Noir-Weinbauern ohne zusätzliche Kenntnisse Merlot produzieren können.
- Merlot wird AOC klassifiziert: Der Anbau von Merlot-Reben ist für die Weinbauern nur profitabel, wenn Merlot AOC klassifiziert wird und somit einen ähnlich hohen Verkaufspreis wie andere AOC klassifizierte Weine (z.B., Pinot Noir) erzielen kann. Laut den Expertinnen und Experten ist es wahrscheinlich, dass der Kanton Neuenburg auf Antrag eine AOC Klassifizierung von Merlot vornimmt. Die Annahme ist, dass die Klassifizierung 5 Jahre dauert. Der hypothetische Verkaufspreis pro Liter Merlot (AOC klassifiziert) orientiert sich am Preis anderer AOC klassifizierter Rotweine in der 3-Seen Region.⁷

Szenarien:

- Referenzszenario: Ohne die Wissens- und Datengrundlage zu klimatischen Veränderungen in der Weinbauregion Neuenburg würden die Weinbauern im Kanton Neuenburg den Lebenszyklus der Weinreben ausschöpfen und erst danach den Austausch von Pinot Noir zu Merlot vornehmen. Der Austausch erfolgt durch den Ersatz der gesamten Weinbaufläche (Neupflanzung von Merlot-Reben).
- Projektszenario: Die Wissens- und Datengrundlage bringt Weinbauern im Kanton Neuenburg dazu, zeitnah zu handeln. Sobald Merlot AOC klassifiziert ist, werden sie Pinot Noir mit Merlot ersetzen. Der Rebsortenwechsel erfolgt je nach Alter der Weinreben durch Pfropfung oder Neupflanzung.

Abschätzung der Nutzen

Der Nutzen des Projektes entspricht der Verringerung der Ertragsausfalls aufgrund des frühen Umstiegs auf Merlot, d.h. aus der Differenz des Produktionsertrags im Projektszenario gegenüber dem Referenzszenario. Massgebend für die Höhe des Nutzens ist die Annahme zur Schadensfunktion. Sie gibt an, wie stark der Pinot Noir Ertrag aufgrund steigender Temperaturen und damit einhergehender Qualitätsminderung sinken wird. Die Höhe der Schadensfunktion konnte von den Expertinnen und Experten nicht mit genügend hoher Sicherheit beziffert werden. Es wird von der folgenden Schadensfunktion ausgegangen: Durch den Klimawandel sind jedes Jahr additive Umsetzeinbussen von 1-3% zu erwarten. Für die nachfolgende Berechnung wird von 1% pro Jahr aus ausgegangen. Das heisst, im Jahr 1 in der Umsatzrückgang gegenüber dem Ausgangsjahr 1%, im Jahr 2 ist der gegenüber dem Ausgangsjahr 2%, etc. Des Weiteren wird angenommen, dass im Jahr 2020 die Hälfte der Pinot-Noir-Weinbauflächen im Kanton Neuenburg jünger als 15 Jahre war und die andere Hälfte 15 Jahre oder älter war. Grundlegende Informationen zur Weinbaufläche, Produktivität und des Verkaufspreises des

7 Siehe Caneaux de distribution des vins suisse, Etude spécifique 2021 – Résumé 3 Lacs.

Pinot Noir wurden dem Weinbericht 2017 des Kanton Neuenburgs⁸ sowie dem Jahresbericht des Schweizer Weinmarkts 2021⁹ entnommen.

Abschätzung der Kosten

Die Kosten unterteilen sich in Projektkosten und Investitionskosten. Die direkten Projektkosten belaufen sich auf 230'000 CHF. Die Investitionskosten, welche nur im Projektszenario anfallen, sind die Kosten für die Pfropfung der jüngeren Weinreben, sowie die Kosten der «verlorenen Lebenszeit» älterer Weinreben (> 15 Jahre), da diese im Schnitt 5 Jahre vor Ablauf ihrer normalen Lebenserwartung ausgetauscht werden. Die Kosten der Pfropfung sind eine Schätzung, welche von den Expertinnen und Experten abgegeben wurde. Sie setzen sich aus den Material- und Arbeitskosten (25'000 CHF/ha) sowie den Kosten für die Bewässerung nach der Pfropfung (3'000 CHF/ha) zusammen.

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen für den Kanton Neuenburg: Der Nutzen (2020-2050, diskontiert) bezogen auf die Weinbauflächen im Kanton Neuenburg beläuft sich auf 15 Mio. CHF, mit einer Schadensfunktion mit einem erwarteten Umsatzrückgang von 1% pro Jahr. Die Kosten (2020-2050, diskontiert) liegen bei 7.65 Mio. CHF. Das entspricht einem Nutzen-Kosten Verhältnis von 1.9.

Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen für die gesamte Schweiz: Da sich das Pilotprojekt spezifisch mit der Rebsorte Pinot Noir befasste, wurde die Aufskalierung auf die Schweiz bezogen auf die gesamte Weinbaufläche von Pinot Noir gemacht. Die Aufskalierung unterliegt der Annahme, dass die zukünftige Entwicklung der Temperaturen in allen anderen Kantonen vergleichbar zu der im Kanton Neuenburg ist. Des Weiteren wurden die Produktivität und der Verkaufspreis für Pinot Noir und Merlot identisch für alle anderen Kantone angenommen. Das Nutzen-Kosten Verhältnis für die gesamte Schweiz ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

Nutzen und Kosten	Weinbau	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Verringerung Ertragsausfall durch früheren Umstieg auf Merlot (Schweizweit) Total Nutzen (1% Schadensfunktion)	167 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Projektkosten Investitionskosten Total Kosten	0.23 Mio. CHF 84.90 Mio. CHF ca. 85 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		81 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		1.9

Tabelle 6: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Weinbau im Kanton Neuenburg»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Die grösste Unsicherheit liegt bei der Ermittlung der Schadensfunktion. Des Weiteren ist nicht mit abschliessender Sicherheit zu sagen, dass Weinbauern tatsächlich auf Merlot umsteigen. Sollten sie zukünftig eine andere Rebsorte anbauen, hat dies starke Auswirkungen auf den Nutzen, da der Verkaufspreis pro Liter Wein die Höhe des Nutzens massgeblich beeinflusst. Zudem ist unklar, in welchem Umfang vergleichbare Massnahmen auch in der Referenz umgesetzt worden wären.

8 Siehe Année viticole 2017

9 Siehe Caneaux de distribution des vins suisse, Etude spécifique 2021 – Résumé 3 Lacs

4.3.3 E.05: Ausbreitung von Waldschädlingen



Abbildung 7: Raupe des Schwammspinners (*Lymantia dispar*)
(Quelle: Projektbroschüre, Foto: Beat Wermelinger, WSL)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Aufgrund des Klimawandels wird voraussichtlich die Anzahl und Verbreitung von Waldschädlingen in der Schweiz zunehmen. Um ein besseres Verständnis für das Gefährdungspotenzial von Waldschädlingen zu erhalten, wurden in dem Projekt die aktuelle und zukünftige Verbreitung von Schadorganismen in der Schweiz abgeschätzt. Für fünf der ausgewählten Schädlinge konnte für die Abschätzung der zukünftigen Verbreitung und somit Identifikation von Risikogebieten in der Schweiz das bioklimatische Simulationsmodell CLIMEX unter Berücksichtigung des Klimaszenarios RCP8.5 verwendet werden.

Wirkungspfad: Das Projekt stellt Karten zur Identifikation von zukünftigen Risikogebieten zur Verfügung, sowie zusätzliches Informationsmaterial und eine genaue Beschreibung des methodischen Vorgehens zur Bestimmung der Risikogebiete. Für die möglicherweise betroffenen Gebiete können somit frühzeitig verstärkte Massnahmen zur Überwachung und Prävention von Schädlingsbefall eingeleitet werden.

Szenarien: Zur Abschätzung der zusätzlichen Nutzen und Kosten durch das Projekt wird ein Projektszenario mit einem Referenzszenario verglichen. Bei den Szenarien wird einer der fünf mit CLIMEX modellierten Schädlinge berücksichtigt – der Kiefernholznermatode, dessen Hauptwirt Föhren¹⁰ sind. Der Kiefernholznermatode gilt als besonders gefährlicher Schädling¹¹, der seit 1. Januar 2020 als prioritärer Quarantäneorganismus gelistet ist. Obwohl er zurzeit noch nicht in der Schweiz nachgewiesen ist, besteht für ihn bereits ein Leitfaden zum Risikoumgang, der als Modul 5 in der Vollzugshilfe Waldschutz¹² integriert ist. Die Übertragung von Baum zu Baum dieses Fadenwurms erfolgt über Bockkäfer-Arten.

- Referenzszenario: Die bestehende Vorgehensweise wird wie bisher durchgeführt. Verstärkte Monitoringmassnahmen werden vergleichsweise verspätet eingeführt (erst einige Zeit nach Auftreten des Kiefernholznermatoden), so dass befallene Bäume nicht sofort identifiziert werden können.
- Projektszenario: Ein verstärktes Monitoring wird in Wäldern mit einer Oberflächendeckung von Föhren von mindestens 50% so eingesetzt, dass eine mögliche Ausbreitung sofort identifiziert werden kann. Ein Teil der befallenen Bäume kann somit schneller identifiziert werden als im Referenzszenario. Die befallenen Bäume werden gefällt und entsorgt.

10 Insbesondere Waldföhren, aber Bergföhren sind theoretisch auch geeignet (Könz et al. (2020): Ausbreitung von Schadorganismen im Wald. Chur, Abenis AG).

11 Hölling et al. (2020): Factsheet Waldschutz Schweiz: Kiefernholznermatode (KHN). Eidg. Forschungsanstalt WSL.

12 BAFU (Hrsg.) (2020): Modul 5: Kiefernholznermatoden. Ein Modul der Vollzugshilfe Waldschutz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1801.

Abschätzung der Nutzen

Der Primärnutzen, d.h. der Zusatznutzen dieses Projekts gegenüber dem Referenzszenario entspricht den vermiedenen Schäden der Ökosystemleistungen des Waldes. Betrachtet werden dabei im Folgenden die Schutzfunktion des Waldes und die Holzproduktion. Weitere Funktionen des Waldes betreffen beispielsweise die Biodiversität und Erholung. Beide Funktionen sind schwieriger monetär abzuschätzen und werden daher hier nicht berücksichtigt.

Der Nutzen der Schutzfunktion des Waldes wird mit 100'000 CHF/ha¹³ angenommen, der Wert der Holzproduktion basiert auf der forstwirtschaftlichen Gesamtrechnung für das Jahr 2020¹⁴. Da der Kiefernholznermatode zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht in der Schweiz verbreitet ist, wird für die Modellrechnung zusätzlich die Annahme getroffen, dass er ab 2030 in der Schweiz beginnt sich auszubreiten¹⁵. Zu diesem Zeitpunkt findet in dem Projektszenario bereits ein verstärktes Monitoring statt, so dass die Ausbreitung des Kiefernholznermatoden in den beschriebenen Gebieten von Anfang an verlangsamt werden kann. Zur Abschätzung der Ausbreitung wird dabei von einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 0.2 Prozentpunkte der betrachteten Fläche (Waldfläche über 50% Föhren) pro Jahr ausgegangen. Ohne verstärktem Monitoring wird eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 0.5 Prozentpunkte der betrachteten Fläche angenommen.

Abschätzung der Kosten

Als zusätzliche Kosten wird der Aufwand durch verstärkte Monitoringmassnahmen und damit verbunden der verfrühten Entfernung von Bäumen bestimmt. Aufgrund des Projekts wird ein verstärktes Monitoring ab 2025 in den identifizierten Regionen eingesetzt, so dass der Kiefernholznermatode gleich bei Auftreten entdeckt und dessen Ausbreitung eingeschränkt werden kann. Für die zusätzlichen Monitoringkosten werden 273 CHF/ha angenommen. Das Monitoring wird zweimal im Jahr durchgeführt. Die Kosten für die Zwangsnutzung betragen knapp 900 CHF /m³.¹⁶

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Insgesamt entsteht aus dem Projekt das Potenzial für einen Zusatznutzen gegenüber dem Referenzszenario von über 377 Mio. CHF. Es wird davon ausgegangen, dass auch im Referenzszenario umfangreiche Präventivmassnahmen eingeführt werden, sobald der Schädling entdeckt wird. Auf Kostenseite führt insbesondere das früher durchgeführte Monitoring und damit auch die frühere Entfernung der Bäume zu einem zusätzlichen Kostenaufwand von knapp 136 Mio. CHF. Damit ergibt sich ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis des Projekts von 2.8.

13 Der gleiche Wert wird für das EconoMe Tool verwendet.

14 Bundesamt für Statistik.: Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung: Kontensequenz.

15 Der Kiefernholznermatode kann auch durch Importware in die Schweiz gelangen. So wurde er im Jahr 2011 in einer Lieferung von Nadelholzrinde abgefangen, und die Lieferung vernichtet. Es ist also durchaus möglich, dass er in Zukunft auf Importwege in die Schweiz gelangen könnte.

16 Sowohl die Monitoring- als auch die Tilgungskosten beruhen auf Expertenmeinungen bzw. auf Daten einzelner Fälle von anderen Schädlingen, da es den Nematoden noch nicht in der Schweiz gibt.

Nutzen und Kosten	Ausbreitung von Waldschädlingen	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Verringerung der Abnahme der Schutzfunktion und Holzproduktion (Waldfläche > 50% Föhren) Total Nutzen	377 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Projektkosten Aufdatierung der Karten Dissemination von Informationen Mehrkosten Monitoring und Tilgung Total Kosten	0.14 Mio. CHF 0.10 Mio. CHF 0.05 Mio. CHF 135.27 Mio. CHF 135.56 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert) Nutzen-Kosten-Verhältnis		241.44 Mio. CHF 2.8

Tabelle 7: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Ausbreitung von Waldschädlingen»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Gering bis mittel. Um die Kosten und Nutzen schätzen zu können, mussten für dieses Projekt verschiedene Annahmen getroffen werden, die das Ergebnis stark beeinflussen könnten. Dazu zählen gewisse Unsicherheiten bei der Annahme der Schadensfunktion (d.h. der Ausbreitung des Kiefernholznmato-den), des Zeitpunkts des Auftretens des Nematoden in der Schweiz und der Kosten für die verstärkten Monitoring- und Bekämpfungsmassnahmen.

4.4 Projekte des Clusters «Handlungsempfehlungen»

4.4.1 14: Lösungsansätze zur Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore



(Quelle: Projektbroschüre)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Hochwasserkorridore sind eine geeignete zukunftsgerichtete Massnahme, um künftigen Überschwemmungsrisiken, unter anderem auch ausgelöst durch den Klimawandel, begegnen zu können. Zudem gelten sie oftmals im Gegensatz zu anderen (baulichen) Massnahmen zum Hochwasserschutz als eine No-Regret Massnahme. Eine frühzeitige Umsetzung von Hochwasserkorridoren kann daher in Gebieten, die einem erhöhten Hochwasserrisiko ausgesetzt sein werden, sinnvoll sein. Um diese Umsetzung zu erleichtern, wurde in diesem Projekt ein Leitfaden zuhanden von Fachleuten aus Raumplanung und Wasserbau in Kantonen und Gemeinden entwickelt. Der Leitfaden zeigt u.a. das Vorgehen für die nötige Flächensicherung für Hochwasserkorridore und Lösungsansätze für raumplanerische Fragestellungen auf.

Wirkungspfad: Das Projekt stellt einen Leitfaden in einem Schlussbericht zur Verfügung und erhöht durch die Publikation eines Leporellos zu Hochwasserkorridoren die Sichtbarkeit dieses Instruments zur Risikominderung von Hochwassern, auch bei den relevanten Fachstellen auf Kantons- und Gemeindeebene. Es kann damit die Umsetzung von Hochwasserkorridoren erleichtern und effizienter gestalten.

- Nullszenario: Aufgrund der möglichen Komplexität im Hinblick auf raumplanerische Fragestellungen und aufgrund von geringer Kenntnis der Vorteile von Hochwasserkorridoren, werden keine weiteren Hochwasserkorridore in der Schweiz eingerichtet werden.
- Referenzszenario: Es werden vereinzelt Hochwasserkorridore in der Schweiz realisiert.
- Projektszenario: Hochwasserkorridore werden als Anpassungsmassnahme an den Klimawandel früher und verbreiteter in der Schweiz umgesetzt.

Annahmen zur Nutzen-Kosten-Schätzung

Die Bestimmung der potenziellen Nutzen und Kosten dieses Projekts unterscheidet sich von dem Vorgehen bei anderen Beispielprojekten. Im Zuge dieses Pilotprojekts wurde bereits eine detaillierte Abschätzung der Nutzen und Kosten von Hochwasserkorridoren für das Fallbeispiel Stanser Talboden im Kanton Nidwalden vorgenommen.¹⁷ Berücksichtigt wurden dabei unter anderem die Bevölkerungs- und damit die Siedlungsentwicklung bis ins Jahr 2085 und die benötigten Bauflächen für Wohnen, Gewerbe, Industrie und Verwaltung. Das in diesem Beispiel ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3:1 wird im Folgenden für die Grobabschätzung auf

17 Ernst Basler + Partner AG (2015): Flächen für Hochwasserkorridore sichern. Faltblatt.

Schweizer Ebene verwendet. Ferner wird davon ausgegangen, dass eine gewisse Vorlaufzeit benötigt wird – der Zusatznutzen wird somit erst ab dem Jahr 2025 betrachtet.

Abschätzung der Nutzen

Die Nutzen werden auf Ebene der Gesamtschweiz betrachtet. Als Grundlage dient die Schadenssumme des Hochwassers im Jahr 2005 in der Schweiz und die erwarteten jährlichen Kosten gemäss Vöhringer et al. (2017).¹⁸ Gemäss Expertenmeinung liessen sich in der Schweiz in etwa 12% der Schäden durch Hochwasserkorridore reduzieren.¹⁹

Zusätzlich zum potenziellen Nutzen von Hochwasserkorridoren insgesamt stellt sich die Frage, inwieweit das Projekt zum Einrichten derselben beiträgt (Projektszenario). Durch das Projekt werden die Entscheidungsträger in Kantonen und Gemeinden bezüglich Hochwasserkorridore als «gute» Hochwasserschutzmassnahme sensibilisiert. Zudem zeigt das Projekt auf, wie die Umsetzung erfolgen kann. Damit sollte das Projekt einen erheblichen Anteil daran haben, dass Hochwasserkorridore gebaut werden. Dieser Anteil wird gemäss Expertensicht grob auf 30% geschätzt. Ausgehend von den beschriebenen Annahmen ergibt sich ein Zusatznutzen von 46.3 Mio. CHF.

Abschätzung der Kosten

Die Kosten ergeben sich aus dem bereits im Voraus bestimmten Nutzen-Kosten Verhältnis aus dem Pilotprojekt, den Projektkosten und möglichen Transaktionskosten. Insgesamt wird hier ebenfalls die Annahme getroffen, dass nur ein Teil der Nutzen von Hochwasserkorridoren dem Projekt zugeschrieben werden kann und somit kann auch nur ein Teil der Kosten auf das Projekt (vergleichbar mit dem Nutzenanteil) zurückgeführt werden. Sie betragen somit 15.7 Mio. CHF.

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Das Nutzen-Kosten Verhältnis galt bei dieser Berechnung als Grundlage und beträgt unter Berücksichtigung der möglichen zusätzlichen Kosten 2.9.

Nutzen und Kosten	Hochwasserkorridore	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Verringerung der Hochwasserschäden Total Nutzen	46.3 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Projektkosten Dissemination von Informationen Einrichten von Hochwasserkorridoren (geschätzt) Total Kosten	0.18 Mio. CHF 0.1 Mio. CHF 15.4 Mio. CHF 15.7 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		30.6 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		2.9

Tabelle 8: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore»

18 Vöhringer et al. (2017): Assessing the impacts of climate change for Switzerland: Final Report. i.A. Bundesamt für Umwelt.

19 Es kann angenommen werden, dass 80% der Schäden (grob geschätzt und abhängig von den lokalen Gegebenheiten) durch einen Hochwasserkorridor reduziert werden könnten. Darüber hinaus kann angenommen werden, dass aufgrund beispielsweise des Terrains, der Platzverhältnisse oder auch Eigentumsrechte nicht überall Hochwasserkorridore realisiert werden können. Grob geschätzt könnten in einem Kanton nicht mehr als 2 bis 6 Grossprojekte bzw. grosse Abflusskorridore und 10 bis 30 Kleinprojekte umgesetzt werden. Ausgehend vom Beispiel des Kantons Kanton Zürich liessen sich damit möglicherweise 24 Hochwasserkorridore (4 Grossprojekte und 20 Kleinprojekte) umsetzen. Damit wären möglicherweise 15% der Schäden reduzierbar, die übrigen 85% wären nicht beeinflusst. Damit kann das Projekt zur Minderung von 12% der Schäden durch Hochwasser beitragen.

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Die grössten Unsicherheiten bei der Schätzung der Nutzen und Kosten für dieses Projekt bestehen in der Bestimmung der zukünftigen Schäden durch Hochwasser in der Schweiz. Ebenfalls bestehen gewisse Unsicherheiten bei der Bestimmung des Schadenanteils, der durch Hochwasserkorridore vermindert werden kann.

4.4.2 12: Vorbereitung der Futterproduktion auf den Klimawandel



(Quelle: Projektbericht)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Das Pilotprojekt erforschte gute Praktiken für die Grünlandbewirtschaftung unter trockenen Bedingungen im Kanton Waadt, insbesondere im Bereich des Juras und des Jura fasses. Unter anderem wurde das Produktionspotenzial in Trockenjahren charakterisiert. Die Eignung einjähriger Futterpflanzen und von Gräser-Leguminosen-Mischungen zur Verbesserung der Futterproduktion in Trockenjahren wurden erforscht. Im Untersuchungsgebiet ging die Futtermittelproduktion in Trockenjahren um 35-40% zurück. Verschiedene Massnahmen zur Verringerung des Rückgangs sowie zum Umgang mit einer geringeren Futtermittelproduktion wurden ermittelt.

Empfehlungen sprachen die Autorinnen und Autoren auf zwei Ebenen aus:

- Präventiv zur Vermeidung oder Verringerung des Rückgangs der Futtermittelproduktion: u.a. Ausdehnung der Grünlandfläche, Produktion der trockenresistenteren Luzerne sowie Trocknung, längerfristige Reduktion der Tierbestände.
- Kompensatorisch zur Verringerung der Wirkungen in einem Trockenjahr: u.a. Zukauf von Heu oder Trocken-Luzerne, Verlängerung der Weideperiode, Nutzung von Randlagen, kurzfristige Reduktion der Tierbestände.

Wirkungspfad: Das Pilotprojekt bewirkt einen besseren Wissensstand der Futtermittel produzierenden Bauern zum konkreten Umgang mit Trockenjahren. Die Bauern ergreifen dank dessen schneller präventive Massnahmen, indem sie beispielsweise Grasmischungen mit der trockenresistenteren und ertragsreicheren Luzerne nutzen und damit in Trockenjahren weniger von Produktionsausfällen betroffen sind. Treffen solche ein, ergreifen sie zudem kompensatorische Massnahmen, damit sie den Raufutterbedarf ihres Viehs decken können und kein Raufutter zukaufen müssen.

Szenarien: Zur Abschätzung von Nutzen und Kosten werden ein Referenz- und ein Projektszenario verglichen:

- Nullszenario: Teilweiser Produktionsausfall in Trockenjahren. Importe notwendig.

- Referenzszenario: Reduktion der Tierbestände. Geringere Produktionsdefizite in Trockenjahren, die teilweise kompensiert werden. Importe sind notwendig, um genügend Futter zu haben.
- Projektszenario: Anbau von Gräsermischungen mit der trockenresistenteren Luzerne. In Trockenjahren zusätzlich Bewirtschaftung von Randlagen, längere Weideperiode etc. Reduktion der Importe im Vergleich zum Referenzszenario.

Abschätzung der Nutzen

Aufgrund der Häufigkeitsentwicklung in den letzten Jahren wird zusammen mit Interviewpartnern geschätzt, dass jedes fünfte Jahr in der Periode 2020-2050 ein Trockenjahr ist, in der Westschweiz jedes vierte. In diesen ist die Produktion von Raufutter um 30%, in der Westschweiz um 35% geringer²⁰. Mehrimporte von ca. 100'000 t Raufutter werden pro Trockenjahr nötig²¹, was Mehrkosten von jeweils ca. 35 Mio. CHF verursacht.²²

Die Szenarien einer umweltverträglicheren Lebensmittelproduktion, auf welche sich die langfristige Klimastrategie des Bundes²³ stützt, geht von einer Reduktion des Viehbestands 2020-50 um 20% aus²⁴. Entsprechend sinkt der Raufutterbedarf. Mit dem Anbau von Gräsermischungen mit Luzerne können gemäss Pilotprojekt sowohl der Ertrag gesteigert als auch die Versorgungssicherheit in Trockenjahren erhöht werden. Dadurch können die Schäden reduziert werden, indem die in Trockenjahren notwendigen zusätzlichen Importe von Raufutter verringert oder ganz vermieden werden: Für die Jahre ab 2025 wird von einer Schadensreduktion in Trockenjahren im Umfang der vermiedenen Mehrimporte ausgegangen.

Abschätzung der Kosten

Die Kosten errechnen sich aus dem Preis für Luzerne. Damit wird angenommen, dass der Preisunterschied gegenüber konventionellem Heu die Mehrkosten spiegelt, welche die Produktion von Grasmischungen mit Luzerne mit sich bringt.²⁵

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Über die betrachtete Zeitdauer von 30 Jahren resultiert aus dem Projekt eine geschätzte Schadensminderung in Form vermiedener Importe von Raufutter von CHF 147 Mio. Die zusätzlichen Kosten der Produktion des Raufutters werden auf CHF 70 Mio. geschätzt. Damit resultiert aus der Umsetzung der Projektinnovation ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 2.1.

20 Für Westschweiz Ergebnis Pilotprojekt, für Gesamtschweiz: Calanca et al. (2022): Auswirkungen der Trockenheit auf die Produktivität des Schweizer Grünlands. Agrarforschung Schweiz 13. 2022.

21 Dito.

22 Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit: Importstatistik.

23 Bundesrat (2021): Langfristige Klimastrategie der Schweiz.

24 Zimmermann et al. (2017): Umwelt- und ressourcenschonende Ernährung: Detaillierte Analyse für die Schweiz. Agroscope Science Nr. 55 / 2017.

25 Schweizer Bauernverband: Webseite, Richtpreise für Heu, Emd, Ökoheu, 2022. Eine Tonne getrocknete Gras / Luzerne kostete 2022 CHF 65.- mehr als Bioheu.

Nutzen und Kosten	Vorbereitung Futterproduktion	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Schadensminderung durch Anbau von Luzerne (Vermeidung von Importen) Total Nutzen	147 Mio. CHF 147 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Studien Mehrkosten präventive Produktion Luzerne Total Kosten	1 Mio. CHF 69 Mio. CHF 70 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		77 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		2.1

Tabelle 9: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Vorbereitung der Futterproduktion auf den Klimawandel»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Die grössten Unsicherheiten entstehen aus dem verwendeten Richtpreis für Gras-Luzerne-Mischungen als Abbild für die Mehrkosten der Produktion dieses Raufutters. Zudem ist die Annahme der Entwicklung hin zu einer umweltverträglicheren Lebensmittelproduktion zwar gut abgestützt, aber dennoch ungewiss.

4.4.3 F.09 Fischgerechter Wasserbau



(Quelle: Projektbroschüre, Foto: Sebastian Hackl)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Das Ziel dieses Projekts war die Erarbeitung einer Wissensgrundlage zu möglichen Instrumenten, die die durch den Klimawandel unter Druck geratenen kälteliebenden Fischarten schützen könnten. Dazu wurden in fünf Teilprojekten in unterschiedlichen Regionen (Aargau, Basel-Land, Bern und Freiburg) wasserbauliche, organisatorische und behördlichen Anpassungsmassnahmen näher betrachtet und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Für die Kosten-Nutzen-Analyse wird insbesondere das Teilprojekt 1 im Kanton Aargau «Fischgerechter Wasserbau» näher betrachtet, da in diesem konkrete wasserbauliche Empfehlungen mit verschiedenen Stakeholdern (Wasserbaufachleute, Baufirmen, Kantons- und Bundesbehörden und Umweltorganisationen) erarbeitet wurden. Als Grundlage für das Projekt diente eine Masterarbeit, die allgemein die verschiedenen Wasserbaumassnahmen und Habitatbedürfnisse von kälteliebenden Fischarten erarbeitete und an spezifischen Fallbeispielen im Kanton Aargau untersuchte. Die erarbeiteten Empfehlungen betreffen mögliche Massnahmen in drei Bereichen: Lebensraum schaffen, natürliche Baustoffe bevorzugen und Schatten für tiefere Wassertemperaturen. Dabei wurde insbesondere die Möglichkeit zur Beschattung von den Stakeholdern innerhalb dieses Teilprojekts sowie auch in den anderen Teilprojekten verstärkt hervorgehoben.

Qualitativ wird zusätzlich das dritte Teilprojekt «Auswirkungen auf die behördliche Praxis» herangezogen, welches sowohl kurzfristige Massnahmen wie Notfallkonzepte als auch langfristige Herausforderungen wie eine verstärkte Zusammenarbeit und Koordination verschiedener Stakeholder betrachtet.

Wirkungspfad: Der im Projekt erarbeitete Wissensstand zu Massnahmen zum Schutz von kälteliebenden Fischarten wurde den wichtigsten Stakeholdern zur Verfügung gestellt. Durch die Umfrage im dritten Teilprojekt konnte zudem das Verständnis zum jetzigen behördlichen Vorgehen verbessert werden, so dass darauf aufbauend auch die Behörden unterstützt werden können. Nachfolgend zum Projekt soll in zukünftigen Workshops zudem der Wissenstransfer zwischen den Kantonen gefördert werden.

Szenarien und Annahmen: Zur Abschätzung der zusätzlichen Kosten und Nutzen durch das Pilotprojekt werden ein Referenz- und ein Projektszenario verwendet. Das Nullszenario wird zusätzlich für ein besseres Verständnis der beiden anderen Szenarien aufgeführt.

- Nullszenario: Es werden keinerlei wasserbaulichen Massnahmen zum Schutz kälteliebender Fischarten vorgenommen.
- Referenzszenario: Es werden wasserbauliche Massnahmen erst zu einem späteren Zeitpunkt auf einigen Streckenanschnitten entlang der Fliessgewässer vorgenommen.
- Projektszenario: Es werden wasserbauliche Massnahmen früher und verbreitet geplant und umgesetzt.

Abschätzung der Nutzen

Der Nutzen des Projekts ergibt sich aus der Verringerung der Mortalitätsrate von Bachforellen durch Massnahmen zur zusätzlichen Kühlung von Fliessgewässern. Dabei stehen die wirtschaftlichen Nutzen (d.h. die vermiedenen monetarisierten Schäden) im Vordergrund, ausgedrückt durch einen Preis von 11.55 CHF pro Forelle²⁶ und den Gebühren für die Angelpatente²⁷. Zusätzliche Nutzen ergeben sich durch die Bedeutung der Bachforelle für die Biodiversität der Flüsse, welche sich aber nur schwer monetarisieren lässt. Ebenfalls von Bedeutung ist der Erholungsnutzen durch das Angeln der Bachforelle. Dieser fliesst zu einem geringen Teil durch die Berücksichtigung der Werte der Patente mit in die Nutzenbetrachtung ein. Als Grundlage für die Schadensfunktion wird von einer Verringerung des Lebensraums der Bachforelle von 44% der Fläche (bzw. 33% der Länge) bis 2050 im Vergleich zu 2002 ausgegangen.²⁸ Als Approximation für die zusätzlichen Beschattungsmöglichkeiten in der Schweiz dient die Beschattungskarte des Kanton Aargau.²⁹

Abschätzung der Kosten

Die zusätzlichen Kosten des Projekts ergeben sich aus den Projektkosten (CHF 229'500), den Transaktionskosten zur Dissemination der Informationen (Annahme: CHF 100'000) und den Investitionskosten zur Beschattung. Hier wird von einer Neubeschattung entlang der Fliessgewässer ausgegangen, deren Kosten gemäss Expertenmeinung abhängig von der Art der Bepflanzung ist und zwischen CHF 50'000 und CHF 100'000 pro Kilometer liegen kann. Im Folgenden wird ein Wert von CHF 75'000 pro Kilometer angenommen. Zusätzlich zu den Investitionskosten kämen auch noch Unterhaltskosten für die Pflege der Ufer und Beschattung hinzu.

26 Iten und Köppel (2021): Bewertung von Ökosystemleistungen in Liechtenstein.

27 Zur Bestimmung der Kosten eines Patentes wurde der gewichtete Durchschnitt der Jahres- und Tagespatente von fünf Kantonen bestimmt.

28 Notter (2009): Lebensraum der Bachforelle um 2050: Schätzung anhand eines GIS-basierten Modells. gwa 1/2009.

29 Giamboni und Zumsteg (2020): Hinweiskarte Beschattung – für eine kühlere Zukunft unserer Fliessgewässer. Umwelt Aargau Nr. 82: S. 13-16.

Dabei wird wiederum ausgehend von Experteneinschätzungen davon ausgegangen, dass der Unterhalt für die Beschattung ähnlich viel kostet wie die Pflege bei Nicht-Beschattung. Somit entstehen durch das Projekt keine zusätzlichen Unterhaltskosten. Zur Bestimmung der Zusatzkosten durch das Projekt wird von einer zusätzlichen jährlichen Beschattung ab dem Jahr 2025 ausgegangen, so dass insgesamt noch knapp 712 km Strecke beschattet werden. Im Referenzfall wird von einer zusätzlichen Beschattung ab dem Jahr 2040 ausgegangen.

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Durch die frühere Beschattung ergibt sich ein Nutzenpotenzial des Projekts im Vergleich zum Referenzszenario von knapp 13 Mio. CHF über einen Zeitraum von 30 Jahren. Die zusätzlichen Kosten betragen weniger als 4 Mio. CHF, so dass sich ein positiver Nettonutzen und ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3.4 ergibt.

Nutzen und Kosten	Fischgerechter Wasserbau	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Primärnutzen: wirtschaftlicher Nutzen der Bachforelle Total Nutzen	12.7 Mio. CHF 12.7 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Projektkosten Transaktionskosten (Dissemination der Informationen) Investitionskosten (Beschattung) Total Kosten	0.23 Mio. CHF 0.10 Mio. CHF 3.46 Mio. CHF 3.79 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		8.9 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		3.4

Tabelle 10: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Fischgerechter Wasserbau»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Unsicherheiten bestehen bei der Abschätzung der Schadensfunktion, d.h. der jährliche Rückgang der Bachforellen in den Fließgewässern sowie bei den tatsächlichen Beschattungsmöglichkeiten. Auch bei den Kosten der Beschattung bestehen gewisse Unsicherheiten, da hier von einer zusätzlichen vollständigen Beschattung ausgegangen wird und diese natürlich wiederum abhängig ist, was an den einzelnen Fließgewässern möglich ist.

4.5 Projekte des Clusters «Umsetzen von Massnahmen»

4.5.1 3: ACCLIMATASION: Eine klimaangepasste Stadtentwicklung für Sitten



(Quelle: Projektbericht)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Mit dem Pilotprojekt integriert die Stadt Sitten die Anpassung an den Klimawandel in die Stadtplanung. Grundlage dafür waren umgesetzte Pilotmassnahmen auf

öffentlichem und privatem Grund. Schrittweise wurden die Anforderungen an die Stadtplanung in Zeiten des Klimawandels in die Raumplanungsinstrumente aufgenommen. Damit soll langfristig auf die Hitzebelastung und auf den Wasserhaushalt eingewirkt werden.

Ergebnisse: Vegetation und Wasser wurden in die Planung öffentlicher Räume aufgenommen («Mehr Grün und Blau als Grau»), sowohl durch die Umsetzung konkreter Projekte als auch in Reglementen und Raumplanungsinstrumenten. Auch private Projekte (Dachbegrünung, Umgebungsgestaltungskonzept, Aussenflächengestaltung für ein neues Wohnquartier) wurden finanziell unterstützt und technisch begleitet. Die Gesamtheit der Massnahmen ist geeignet, den Wärmeinsel-Effekt zu reduzieren und den Wasserhaushalt zu verbessern.

Das Projekt bewirkte auch eine Sensibilisierung der Verwaltung und der Bevölkerung. Die Stadt nutzte das Pilotprojekt, um anhand der konkreten Ergebnisse die Themen Hitzeminderung und Wasserhaushalt bekannter zu machen.

Wirkungspfad: Die Gesamtheit der Einzelmassnahmen, insbesondere auch die langfristig wirksamen, reduziert den Wärmeinselleffekt und verbessert den Wasserhaushalt. Das Beispiel der Stadt Sion wird von anderen, auch kleinen und mittleren Städten übernommen. Menschen werden damit weniger stark durch Hitze belastet. Dies wirkt sich einerseits in einer tieferen Mortalität insbesondere bei älteren Menschen aus, andererseits in einer verringerten Reduktion der Arbeitsproduktivität.

Szenarien: Zur Abschätzung von Nutzen und Kosten werden ein Referenz- und ein Projektszenario verglichen:

- Referenzszenario: Die Hitzekosten nehmen mit der Klimaerwärmung zu, keine Umgestaltungsmassnahmen in städtischen öffentlichen Räumen (ohne Strassen).
- Projektszenario: Die Massnahmen werden auf 10% der dafür in Frage kommenden öffentlichen Räume angewendet.
- Optimalszenario: Die Städte setzen in allen hitzebelasteten öffentlichen Räumen «grüne», «blaue» und gestalterische Massnahmen um (Beschattung, höhere Verdunstung).

Abschätzung der Nutzen

Als Basis wird dasselbe Verhältnis der von Hitzebelastung besonders bedrohten Teile des Stadtgebiets verwendet, wie sie im Beispielprojekt zu Strassenbelägen (vgl. Kapitel 4.5.2) für die Städte Zürich und Winterthur ermittelt wurde. Anhand des Klimamodells des Kantons Zürich wird die Fläche bestimmt, die hitzebelastet ist.³⁰ Der Anteil dieses Gebiets am ganzen städtischen Siedlungsgebiet wird auf alle anderen Schweizer Städte angewendet. Auf der Basis der öffentlichen Räume (ohne Strassen)³¹ innerhalb des hitzebelasteten Gebiets wird die betroffene Siedlungsfläche bestimmt: Es wird abgeschätzt, dass eine Bautiefe um diese öffentlichen Räume herum im Einflussbereich derselben liegt. Analog zum Beispielprojekt in Sion wird davon ausgegangen, dass die Massnahmen auf 10% der öffentlichen Räume in Schweizer Städten (ohne Strassen) angewendet werden. Für diese werden die Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahlen abgeschätzt. Dazu wird eine mittlere Dichte verwendet.³²

Die Stadt Sion geht von 1-2°C Temperaturdifferenz im Umfeld der umgestalteten öffentlichen Räume aus. Für diese Studie wird von einer Abnahme von 1°C ausgegangen. Für diese

30 GIS-Browser Kanton Zürich.

31 Bundesamt für Statistik: Arealstatistik: Öffentliche Parkanlagen (2.8%) und der Umschwung öffentlicher Gebäude (1.5%) machen gemeinsam ca. 4% der Siedlungsfläche aus.

32 Bevölkerungsdichte von 200 Einwohnern und Beschäftigten pro Hektare. Geschätzt auf Basis der Zielwerte der Richtpläne Stadt Zürich (300) und Winterthur und Umgebung (220).

Hitzereduktion wird die Reduktion der Mortalität und die Verringerung der Einbusse an Arbeitsproduktivität ermittelt³³, und zwar für ein Temperaturniveau von 36°C im Freien und 30°C im Innern.

Ein Hauptnutzen des Pilotprojekts liegt jedoch im nicht-monetarisierbaren Bereich. Das Pilotprojekt hat die Anpassung an den Klimawandel in Sion und davon ausgehend auch andernorts beschleunigt. Der grösste Teil der Wirkung hat mehr mit dem grösseren Wohlbefinden der Bevölkerung zu tun als mit quantifizierbaren vermiedenen Gesundheitskosten und Produktivitätsverlusten. Zudem leistet das Pilotprojekt einen Beitrag an einen natürlichen Wasserhaushalt, was sich in einem geringeren Hochwasserrisiko auswirkt aber schwer quantifizierbar ist.

Abschätzung der Kosten

Die Kosten werden über die ermittelte Fläche erhoben, auf welcher Massnahmen in Städten umgesetzt werden.³⁴

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Über die betrachtete Zeitdauer von 30 Jahren resultiert aus dem Projekt eine geschätzte Schadensminderung in Form reduzierter Gesundheitskosten und einer weniger stark verringerten Arbeitsproduktivität von CHF 12.7 Mio.³⁵ Die zusätzlichen Kosten für die Umgestaltung öffentlicher Räume werden auf CHF 10.6 Mio. geschätzt. Damit resultiert aus der Umsetzung der Projektinnovation ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1.2.

Nutzen und Kosten	Klimaangepasste Stadtentwicklung	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Primärnutzen (Hitze)	12.7 Mio. CHF
	Total Nutzen	12.7 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Studien etc.	0.9 Mio. CHF
	Umgestaltung öffentlicher Räume	9.7 Mio. CHF
	Total Kosten	10.6 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		2.1 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		1.2

Tabelle 11: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «ACCLIMATASION»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Die Flächen, auf welche die Massnahmen angewendet werden, basieren auf Annahmen, die auf statistischen Grundlagen und ermittelten Flächen abgestützt sind. Die Annahme, dass Massnahmen auf 10% der dafür in Frage kommenden Fläche öffentlicher Räume angewendet werden, ist nicht fundiert. Zur Abschätzung der Senkung der Lufttemperatur wurden Angaben der Stadt Sion herangezogen. Für den Zusammenhang mit Mortalität und Arbeitsproduktivität liegen nur wenige Studien vor.

33 Stalhandske, Z. et al. (2022): Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland.

34 Angenommener Kostensatz von CHF 100'000 pro Hektare (gemäss Wegleitung Klimaanpassung Strassenprojekte des Kantons Zürich).

35 Abgeschätzt auf der Basis der Publikation Stalhandske, Z. et al. (2022) für Mortalität und Arbeitsproduktivität. Die noch vertrauliche Studie Ragetti, M. et al. (2022) wurde hier noch nicht verwendet.

4.5.2 A.05 Kühle Strassenbeläge



(Quelle: Projektbroschüre)

Kurzbeschreibung des Projekts

Projektgegenstand: Das Pilotprojekt untersuchte verschiedene Strassenbeläge, welche sich weniger stark erhitzen und nachts rascher abkühlen als heute üblicherweise verwendete Strassenbeläge. Diese Eigenschaften der zwölf in Bern und Sion getesteten Beläge beruhen hauptsächlich auf einer höheren Albedo. Zudem verringern einige von ihnen aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit die Lärmemission des Reifenrollgeräusches. Damit können sie in Städten möglicherweise sowohl Hitzeinseleffekte mindern als auch die Lärmbelastung reduzieren.

Ergebnisse: Alle getesteten Belagstypen erzielen im ersten Jahr eine Verminderung der Hitzeentwicklung. Bei einigen Belagstypen (Abstreuerung, Farbbelag) verschwindet diese aber weitgehend innert zwei Jahren ab Einbau des Belags. Am besten schneiden Beläge ab, bei denen das grobe Korn durch helles Gestein ersetzt wird und die wassergestrahlt sind. Diese Beläge erreichen auch zwei Jahre nach Einbau eine Temperaturreduktion um bis zu 4-5°C an der Belagsoberfläche. Ein Farbanstrich³⁶, der insbesondere für die Anwendung auf bestehende Strassenbeläge gedacht ist, reduziert die Temperatur um 2-3°C an der Strassenoberfläche.³⁷

Dieselben Beläge führen auch bei den Lärmmessungen zu den besten Ergebnissen: Zwei Jahre nach Einbau senken sie die Lärmemissionen um rund 5 dB. Die Empfehlungen, welche die Autorinnen und Autoren abgaben, sind differenziert für bestehende und neue Beläge und für unterschiedliche Anwendungsbereiche.

Wirkungspfad: Das Pilotprojekt belegt die klar messbare Reduktion der Erhitzung der Belagsoberfläche. Die Beläge reduzieren damit auch die Erhitzung der Luft in städtischen Strassenräumen, die von Hitzeinseleffekten betroffen sind. Menschen, die an diesen Strassen leben oder arbeiten, werden damit weniger stark durch Hitze belastet. Dies wirkt sich einerseits in einer tieferen Mortalität insbesondere bei älteren Menschen aus, andererseits in einer verringerten Reduktion der Arbeitsproduktivität.

Szenarien: Zur Abschätzung von Nutzen und Kosten werden ein Referenz- und ein Projektszenario verglichen:

- Referenzszenario: Mit der Klimaerwärmung nehmen die Kosten infolge hoher Hitze zu (Gesundheitskosten, sinkende Arbeitsproduktivität). Es werden konventionelle Strassenbeläge eingebaut, ausser wo eine übermässige Lärmbelastung vorliegt und der Einbau lärmarmen (und kühler) Beläge zur Einhaltung der Lärmgrenzwerte (LSV) erfolgt.

³⁶ Nicht dasselbe wie Farbbelag, wo farbloses Bitumen mit farbigem Stein verwendet wird.

³⁷ Bau- und Verkehrsdirektion, Tiefbauamt, Oberingenieurskreis II, Kanton Bern: Teststrecke kühle Beläge Neue Murtenstrasse, Bern. Klimamonitoring Sommer 2021 und 2022.

Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement, Service de la mobilité, Section INFRAM, Sion, Canton du Valais: Teststrecke kühle Beläge Rue de la Dixence, Sion. Klimamonitoring Sommer 2021 und 2022.

— Projektszenario: Einbau der Beläge mit Kornersatz im Rahmen der Deckbelagerneuerung, d.h. im Lebensdauerzyklus der Strassenbeläge, in von Hitzeinseleffekten betroffenen Teilen der Grossstädte.

Abschätzung der Nutzen

Betroffen von Hitzeinseln sind insbesondere grosse Städte. Für die Städte Zürich und Winterthur wird anhand des Klimamodells des Kantons Zürich die Fläche bestimmt, die hitzebelastet ist³⁸. Der Anteil dieses Gebiets am ganzen städtischen Siedlungsgebiet wird auf die anderen Schweizer Grossstädte angewendet. Auf der Basis der Strassenfläche³⁹ innerhalb dieses Gebiets wird die Siedlungsfläche abgeschätzt, die im Einflussbereich dieser Strassen liegt, und für diese werden die Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahlen abgeschätzt. Dazu wird ein Zielwert der Dichte verwendet.⁴⁰

Im Pilotprojekt gemessen wurde die Temperaturdifferenz an der Strassenoberfläche, nicht jedoch die Lufttemperatur, da dafür die Flächen der eingebauten Beläge zu klein waren. Auf der Basis einer Messung in Athen nimmt die Lufttemperatur in einem Strassenraum mit kühlen Strassenbelägen um bis zu 1.5°C ab⁴¹ im Vergleich zu herkömmlichen Belägen. Für diese Studie wird von einer Abnahme von 1°C ausgegangen. Für diese Hitzereduktion wird die Reduktion der Mortalität und die Verringerung der Einbusse an Arbeitsproduktivität ermittelt⁴², und zwar für ein Temperaturniveau von 36°C im Freien und 30°C im Innern.

Die Beläge werden im Rahmen der normalen Belagerneuerung nach Ablauf einer 20-jährigen Lebensdauer eingebaut. Pro Jahr werden also rund 5% der betroffenen Strassen in hitzebetroffenen Gebieten erneuert.

Ein Co-Benefit der kühlen Strassenbeläge ist, dass sie die Lärmbelastung reduzieren. Aufgrund von Aktivitäten in den Grossstädten wird davon ausgegangen, dass auch im Referenzzustand entsprechende Beläge zur Lärmsanierung eingebaut werden, wo dies aus Gründen der Lärmbelastung erforderlich ist.⁴³ Deshalb wird kein zusätzlicher Nutzen für die Lärmsanierung unterstellt.

Abschätzung der Kosten

Die mittleren Mehrkosten von Belägen mit Kornersatz werden für das Jahr 2025 auf CHF 30 pro m² geschätzt⁴⁴. Gemäss Einschätzung der Experten werden diese Mehrkosten abnehmen und schliesslich verschwinden. Es wird angenommen, dass dies über einen Zeitraum von 20 Jahren geschehen wird. Die jeweiligen Kosten werden auf die jährlich mit neuen Belägen auszustattenden Strassenflächen angewendet und über die betrachtete Periode diskontiert und aufsummiert.

38 GIS-Browser Kanton Zürich.

39 Bundesamt für Statistik: Arealstatistik.

40 Bevölkerungsdichte von 250 Einwohnern und Beschäftigten pro Hektare. Basis: Kanton Zürich: Richtpläne Stadt Zürich und Winterthur und Umgebung.

41 Kyriakodis, G. E., & Santamouris, M. (2017): Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates - Results from a large scale urban mitigation project.

42 Stalhandske, Z. et al. (2022): Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland.

43 Siehe auch: Tiefbauamt der Stadt Zürich (2020): Grundlagen für das Konzept über den grossflächigen Einsatz lärmarmen Beläge in der Stadt Zürich.

Es wird davon ausgegangen, dass auf rund 30% der Strassen in Stadtzentren lärmarme (und kühle) Beläge zur Anwendung gelangen.

44 Gemäss Pilotprojekt ist für Beläge mit Kornersatz mit Mehrkosten von 10-50 CHF pro m² zu rechnen.

Zusammenfassung Kosten und Nutzen

Über die betrachtete Zeitdauer von 30 Jahren ergibt sich aus dem Projekt das Potenzial einer Schadensminderung in Form reduzierter Gesundheitskosten und einer weniger stark verringerten Arbeitsproduktivität von CHF 351 Mio.⁴⁵ Die zusätzlichen Kosten für die teureren Strassenbeläge werden auf CHF 127 Mio. geschätzt. Damit resultiert aus der Umsetzung der Projektinnovation ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 2.8.

Nutzen und Kosten	Kühle Strassenbeläge	Ergebnis
Nutzen (2020-50, diskontiert)	Primärnutzen (Hitze) Total Nutzen	351 Mio. CHF 351 Mio. CHF
Kosten (2020-50, diskontiert)	Studien etc. Mehrkosten Deckbelagererneuerung Total Kosten	1 Mio. CHF 126 Mio. CHF 127 Mio. CHF
Nettonutzen (2020-50, diskontiert)		172 Mio. CHF
Nutzen-Kosten-Verhältnis		2.8

Tabelle 12: Schätzung der Zusatznutzen und -kosten des Projekts «Kühle Strassenbeläge»

Einschätzung der «Sicherheit» der Ergebnisse: Mittel. Die Flächen, auf welche die Massnahmen angewendet werden, basieren auf Annahmen, die auf statistischen Grundlagen und ermittelten Flächen abgestützt sind. Für die Wirkung auf die Lufttemperatur sowie für den Zusammenhang mit Mortalität und Arbeitsproduktivität liegen nur wenige Studien vor. Die Kosten sind aus einer grossen Bandbreite gemittelt.

4.6 Gesamtnutzen und -kosten der quantifizierten Beispielprojekte

So heterogen die Pilotprojekte inhaltlich sind, so gross ist auch die Bandbreite ihrer potenziellen Nutzen und Kosten auf die Schweiz hochskaliert. Das Pilotprojekt zu fischgerechtem Wasserbau und zur Stadtentwicklung (ACCLIMATASION) haben jeweils einen geschätzten Zusatznutzen von ca. 13 Mio. CHF. Das Projekt zu den Klimadaten Bau hat von den ausgewählten Projekten den höchsten Nutzen mit fast 600 Mio. CHF.⁴⁶ Jedes der Projekte weist ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von über 1 aus, d.h. in jedem Projekt überwiegt der Nutzen der betrachteten Massnahmen den zusätzlichen Kosten, die durch das Projekt entstehen könnten. Insgesamt ermöglichen die mit den Beispielprojekten erarbeiteten Innovationen eine zusätzliche Schadensminderung (Nutzen) von 1.69 Mrd. CHF und erfordern zusätzliche Kosten von 737 Mio. CHF. Damit ergibt sich ein Nutzen-Kosten Verhältnis der untersuchten Projekte von 2.3. Diese Abschätzungen sollten jedoch nur als Grössenordnungen verstanden werden, da jeweils gewisse Unsicherheiten bei den einzelnen Berechnungen bestehen und die Nutzen und Kosten auch nur grob abgeschätzt werden können.

45 Abgeschätzt auf der Basis der Publikation Stalhandske, Z. et al. (2022) für Mortalität und Arbeitsproduktivität.

46 Dabei muss jedoch auch beachtet werden, dass nicht alle möglichen Massnahmen aus den Pilotprojekten quantifiziert werden konnten, so dass sowohl der Nutzen als auch die Kosten der Projekte eher unterschätzt wurden.

5. Gesamtnutzen und -kosten der erzielbaren Innovation

5.1 Methodisches Vorgehen: Gesamtnutzen und -kosten der erzielbaren Innovation

Um die Gesamtnutzen und -kosten der erzielbaren Innovation bestimmen zu können, wird die Methode der relativen Rangierung verwendet. Ausgehend von einer qualitativen Einordnung der Pilotprojekte werden alle Projekte des Pilotprogramms, die sich grundsätzlich quantifizieren lassen könnten, innerhalb ihrer Cluster zugeordnet und anschliessend ebenfalls monetarisiert. Das Vorgehen lässt sich in drei Schritte unterteilen:

- **Schritt 1:** Die acht quantifizierten Beispielprojekte werden auf insgesamt drei Achsen unter Berücksichtigung der Einschätzung von Expertinnen und Experten qualitativ pro Cluster eingeordnet (Abbildung 8). Um die qualitative Beurteilung zu erleichtern, erfolgt auf der Nutzenseite die Einordnung zunächst (i) nach dem qualitativen Ausmass des Nutzens pro Nutzniesser und (ii) nach der Anzahl der Nutzniesser. Als Nutzniesser eines Projekts gelten Gruppen, die von der Umsetzung der Projekte profitieren. Das sind zumeist Menschen, können aber beispielsweise auch Tiere oder Flächen sein. Auf Kostenseite werden die Projekte gemäss der Gesamtkosten eingeordnet.

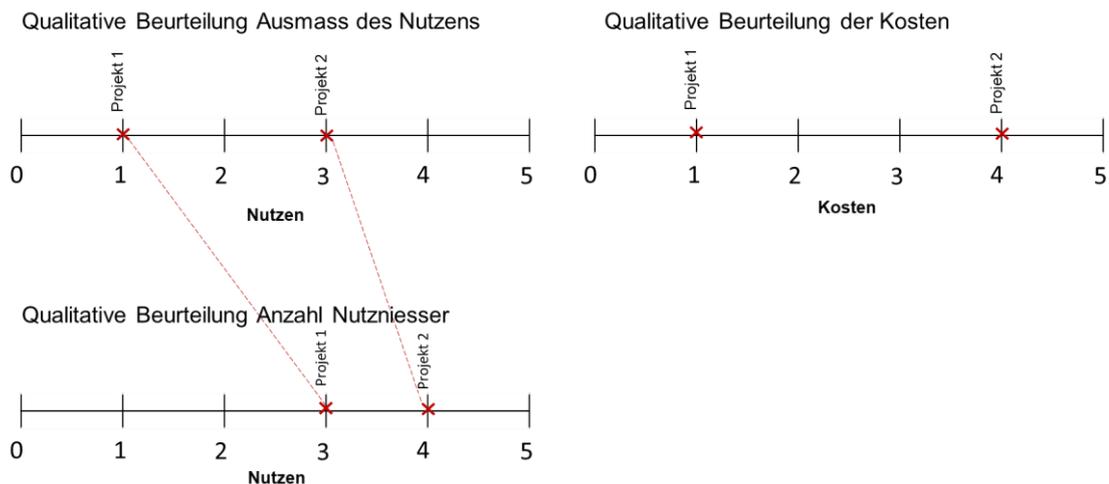


Abbildung 8: Qualitative Einordnung der Pilotprojekte

- **Schritt 2:** In einem zweiten Schritt werden alle Projekte eines Clusters relativ zu den Beispielprojekten qualitativ auf den drei Skalen eingeordnet. Dazu werden für jedes Projekt die primären Nutzniesser identifiziert. Die Anzahl der möglichen Nutzniesser eines Projekts wird jeweils qualitativ eingestuft. Ebenso wird der Ausmass des Nutzens pro Nutzniesser des Projekts qualitativ beurteilt. Diese beiden qualitativen Einordnungen werden anschliessend auf einer Skala zusammengeführt. Zusätzlich werden die Einschätzungen zwischen den Clustern und den Themenbereichen kalibriert, so dass sie im Vergleich konsistent sind.
- **Schritt 3:** Als letzter Schritt wird neben der qualitativen Skala eine monetäre Skala sowohl für Nutzen als auch für die Kosten eingeführt. Zunächst werden die Beispielprojekte auf der monetären Skala gemäss ihrer geschätzten Nutzen und Kosten eingeordnet (Abbildung 9). Ausgehend von dieser Einschätzung werden über einen funktionalen Zusammenhang die übrigen Projekte eines Clusters ebenfalls monetär eingeordnet, indem sie nach Massgabe der geschätzten Nutzen und Kosten der Beispielprojekte auf die monetäre Skala «projiziert» werden.

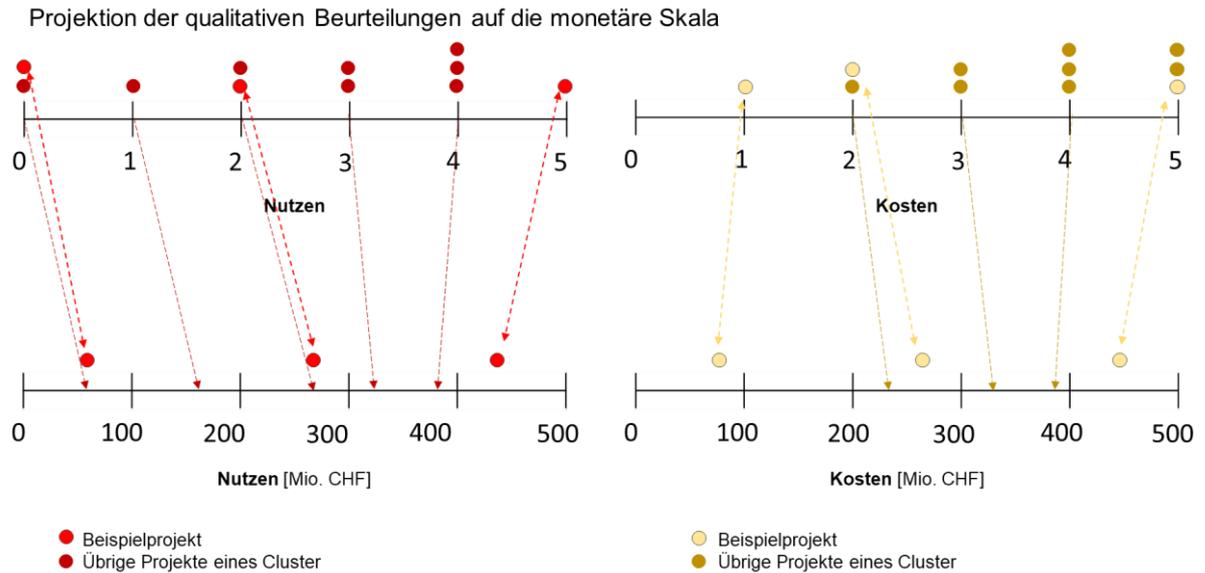


Abbildung 9: Quantitative Zuordnung der Projekte

Im Ergebnis dieser Einschätzung von Expertinnen und Experten sind alle Projekte auf der monetären Nutzenachse relativ zueinander verortet. Die geschätzten Nutzen lassen sich von der Achse «ablesen» und aufsummieren.

5.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der auf diese Weise resultierende mögliche Gesamtnutzen der Innovationsleistung des Pilotprogramms beträgt 17.6 Mrd. CHF und die resultierenden Gesamtkosten 3.8 Mrd. CHF. Das Nutzen-Kosten Verhältnis beträgt 4.7. Es ist zu beachten, dass es sich um eine Hochrechnung einzelner möglicher Massnahmen ausgehend von ausgewählten Beispielprojekten mit erheblichen Unsicherheiten handelt und somit dieses Ergebnis nur als Orientierungswert zu verstehen ist. Keinesfalls sollten die berechneten Nutzen und Kosten zum exakten Nennwert genommen werden.

Auch bei der Betrachtung jedes Clusters (vgl. Kapitel 3) sowie jedes Klimaanpassungs-Themas für sich (Hitze, Naturgefahren etc.) ergibt sich durchwegs ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis: Für jedes der acht quantitativ eingeschätzten Projekte wurde ein Nutzen-Kosten-Verhältnis grösser als 1.0 ermittelt. Die Bandbreite des Nutzen-Kosten-Verhältnisses je Cluster beträgt 3.8 bis 5.7, bei einer Betrachtung je Thema 3.4 bis 5.8 (Abbildung 10).

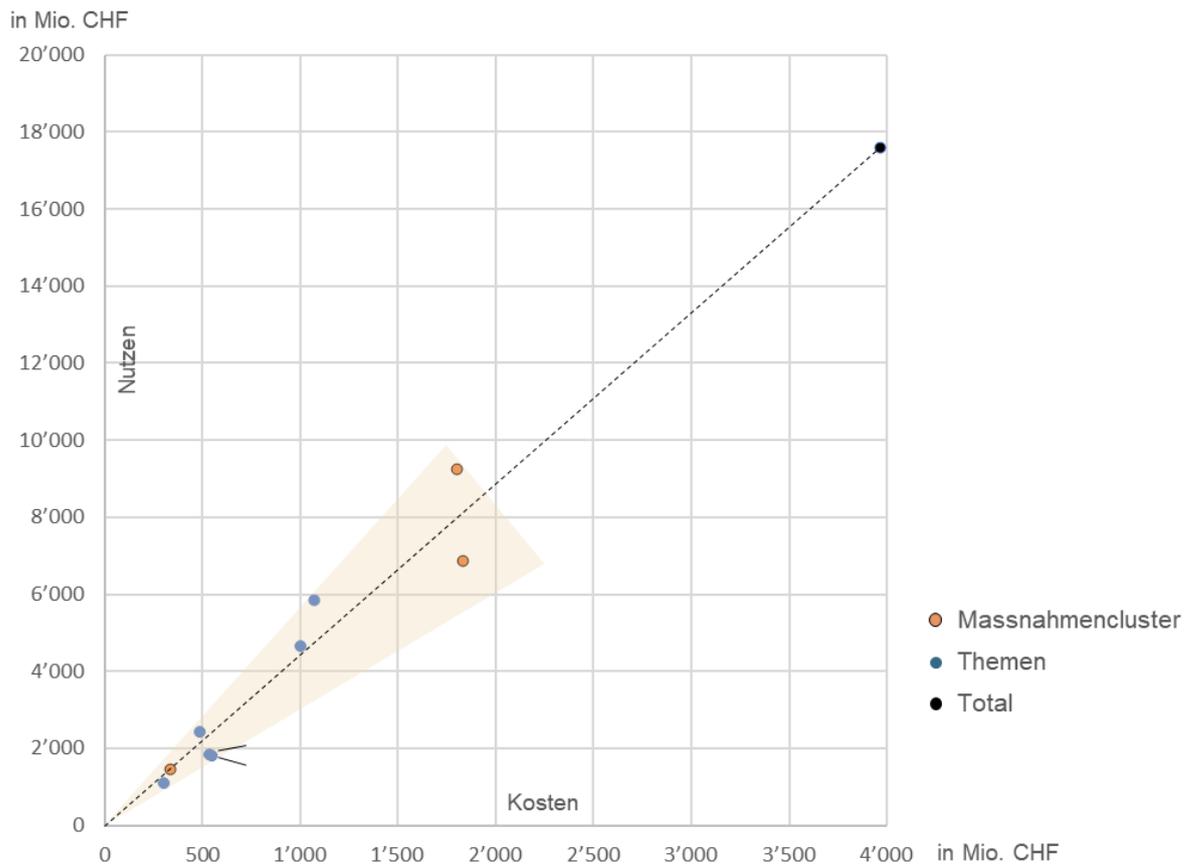


Abbildung 10 Nutzen-Kosten-Verhältnis der Mittelwerte je Massnahmencluster und je Thema der Pilotprojekte

Im Bewusstsein, dass es viele verschiedene Möglichkeiten gäbe, die Skalierung auf der Grundlage der qualitativen Skalen und der eingeschätzten Projekte durchzuführen, soll hier beispielhaft ein weiterer Ansatz angesprochen sein: Die Skalen der qualitativen Beurteilung werden als nominal aufgefasst, so dass mit den Werten der qualitativen Beurteilung aller Projekte gerechnet werden kann. Wird eine Hochrechnung über alle Projekte auf dieser Basis durchgeführt, ergibt dies ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3.6. Dies zeigt einerseits die Variabilität der Höhe des Nutzen-Kosten-Verhältnisses, andererseits aber, dass das Ergebnis auf der Basis der eingeschätzten Beispielprojekte positiv bleibt.

Einordnung der Ergebnisse

Die Abschätzungen der Nutzen und Kosten der einzelnen Pilotprojekte wurde jeweils mit einer Einschätzung der «Sicherheiten» der Ergebnisse eingeordnet. Dies ist notwendig, da jeweils grobe Annahmen getroffen werden mussten, damit eine monetäre Quantifizierung überhaupt möglich war. Dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Wichtiger als die genauen Zahlenwerte ist somit die generelle Einstufung der überwiegenden Nutzen im Vergleich zu den zusätzlichen Kosten.

5.3 Fazit

Die vorliegende Studie hat damit das Folgende gezeigt:

- Trotz der ausgeprägten Heterogenität der Projekte lassen sich Wirkungspfade identifizieren, mit deren Hilfe die Kosten und Nutzen der Projekte verglichen und zusammengefasst werden können (Cluster).
- Bei jedem der zur quantitativen Einschätzung ausgewählten Beispielprojekte übersteigen die zusätzlichen Nutzen der Innovation in den Jahren 2020 bis 2050 die Umsetzungskosten.
- Auch nach Übertragung der Nutzen und Kosten der ausgewählten Beispielprojekte auf alle anderen (potenziell quantifizierbaren) Projekte lässt sich insgesamt ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von deutlich grösser als 1 erzielen.

Die 81 bisher durchgeführten Pilotprojekte decken eine sehr grosse thematische Vielfalt ab. Auch setzen ihre Grundlagen und Empfehlungen an unterschiedlichen Stellen in den Wirkungspfaden der Umsetzung an. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass sich die Umsetzung der aus den Pilotprojekten erzielten Erkenntnisse lohnt. Die Nutzen, in der Regel vermiedene Schadenskosten, übersteigen die Umsetzungskosten deutlich.

Aus der Bearbeitung dieser Studie wurde auch augenfällig, dass unterschiedliche Lösungsansätze für dieselben Probleme möglich sind. Zum Beispiel kann der Gefahr der Bildung von Hitzeinseln in den Grossstädten mit verschiedenen Mitteln begegnet werden, die in den bisherigen Pilotprojekten gut untersucht wurden und alle ihre Berechtigung haben und auch parallel umgesetzt werden können. So lassen sich Strassenbeläge einbauen, die sich weniger aufheizen, die Strassen und Plätze können aber auch durch Bepflanzung beschattet werden. Diese Studie hat allerdings nicht untersucht, welche Synergien zwischen den einzelnen Pilotprojekten bestehen oder wo sich Wirkungen auch partiell überlagern oder einander allenfalls zuwiderlaufen.

Angesichts der Vielfalt von Klimaanpassungsmassnahmen, welche die 81 Pilotprojekte bereits abdecken, könnten bei der Weiterentwicklung des Pilotprogramms neben der Ergänzung zusätzlicher Pilotprojekte folgende Ansätze verfolgt werden:

- Ergebnisse verschiedener Pilotprojekte einer Thematik (z.B. Hitze in Städten) könnten verdichtet und im Vergleich zueinander eingeordnet werden, um klare Empfehlungen abgeben zu können.
- Pilotprojekte, die bislang Grundlagen erarbeitet haben, aber den Akteuren noch keinerlei Massnahmen und Empfehlungen aufgezeigt haben, könnten weitergeführt werden. Auf dem bisher Erreichten aufbauend könnten Empfehlungen erarbeitet werden.
- Die Akteure könnten bei der Umsetzung zentraler Massnahmen begleitet und unterstützt werden, d.h. beispielsweise, dass Anleitungen und Weiterbildungseinheiten angeboten werden.
- Den Bearbeitenden von Pilotprojekten könnte zudem die Aufgabe gestellt werden, dass sie zum Schluss auch die quantitativen Wirkungen in physikalischen oder monetären Einheiten abschätzen und die nicht quantifizierbaren Wirkungen benennen.

Während die vorliegende Studie aufzeigt, dass die bisher hervorgebrachten Innovationen einen Nutzen ermöglichen, der die Kosten deutlich übersteigt, könnte eine 3. Phase des Pilotprogramms auf dem Bisherigen aufbauen und sicherstellen, dass die aufgezeigten Potenziale auch mit hoher Wahrscheinlichkeit genutzt werden.