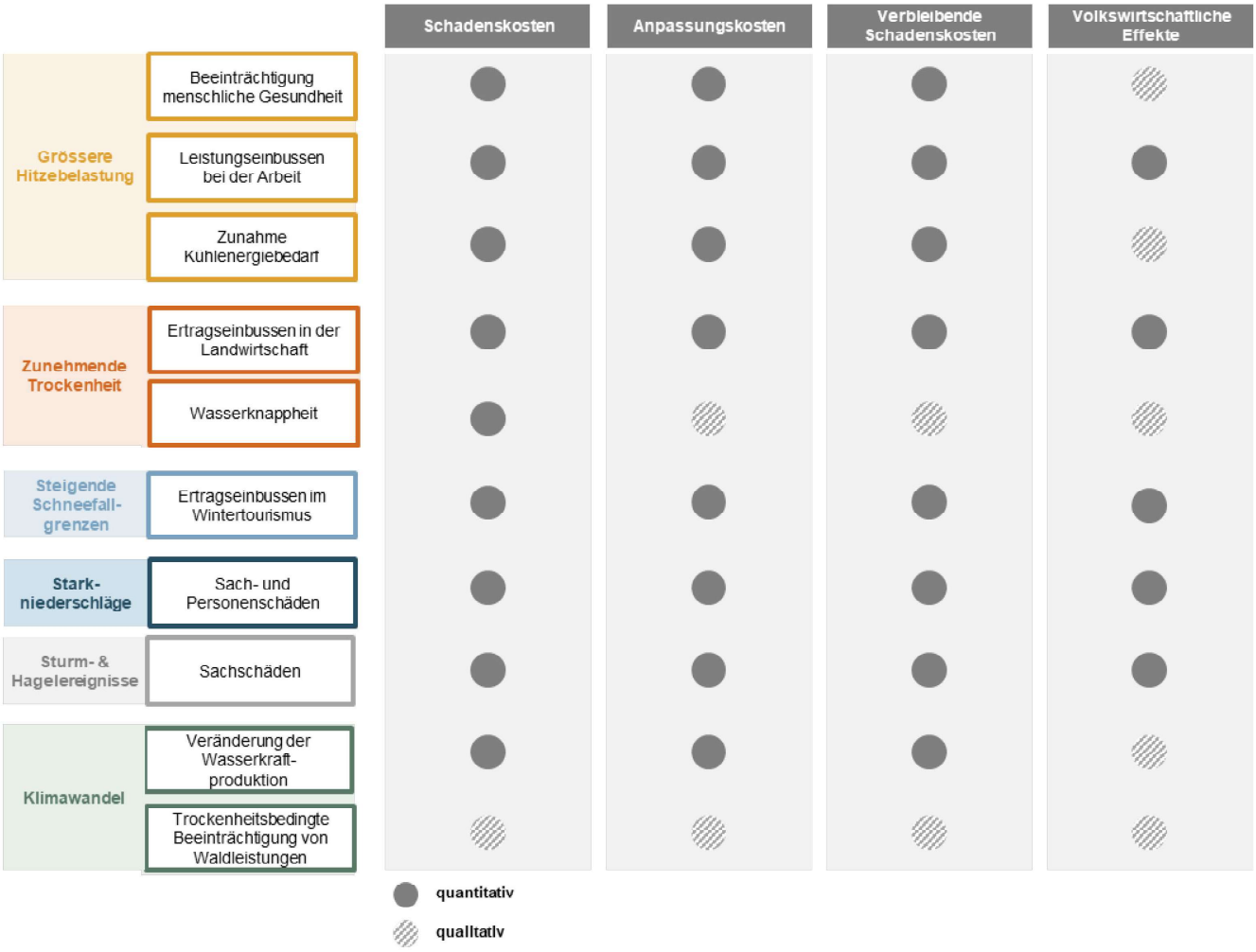
NCCS-Impacts P5 - Die Kosten von ausgewählten Klimarisiken

Ergebnisbericht (Modellierungen und Ergebnisse)
August 2026



Projektteam

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11, 8032 Zürich, Schweiz
+41 44 395 16 16, info@ebp.ch, www.ebp.ch

Projektmitarbeitende: Alexis Balimann, Bettina Bartsch, Julia Brandes, Andrea Bianchin, Luzia Dasen, Myriam Erulin, Thomas Felder, Denise Fussen, Sarah Hafner, Simone Juon, Philippe Lehmann, Fiorella Linder, Carsten Nathani, Valentina Nesa, Rahel Renggli, Tonio Schwehr, Manuela Zuber

UZH – University of Zurich
Department of Geography, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich, Schweiz
https://eclim-research.ch/

Projektmitarbeitende: Saeid A. Vaghefi, Veruska Muccione, Christian Huggel, Severin Weber (Masterstudierender), Abbas Mir Mashhouri

Sustainaccount
Tramstrasse 8, 8707 Uetikon am See, Schweiz
+41 79 875 9243, info@sustainaccount.com, www.sustainaccount.com

Projektmitarbeitende: Christian Spindler, Chiara Rinaldi

ecoplan AG
Monbijoustrasse 14, 3011 Bern, Schweiz
+41 31 356 61 61, bern@ecoplan.ch, www.ecoplan.ch

Projektmitarbeitende: Andy Müller

UW-Consult
Erlenweg 64, 14532 Kleinmachnow, Deutschland
Reimund.schwarze@ufz.de

Projektmitarbeitende: Reimund Schwarze

7. September 2026
NCCS-P5_Ergebnisbericht.docx
Projektnummer: 223004.00

NCCS-Impacts

Dieser Bericht wurde im Rahmen des Programms «Entscheidungsgrundlagen für den Umgang mit dem Klimawandel in der Schweiz: Informationen zu sektorenübergreifenden Themen (NCCS-Impacts)» als Teil des Projektes «Kosten der Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz mit und ohne globale Klimaschutzmassnahmen» erstellt. Die Leitung für dieses Projekt seitens NCCS lag beim Bundesamt für Umwelt (BAFU).

Weitere Informationen: www.nccs.admin.ch/impacts

Zusammenfassung

Welche Kosten ergeben sich durch die Auswirkungen des Klimawandels für die Schweiz in den kommenden Jahren? Welche Effekte hat dies auf unsere Volkswirtschaft? Wie können wir den Auswirkungen des Klimawandels begegnen? Diesen und weiteren Fragen geht der vorliegende Bericht nach. Die Analyse beinhaltet eine grobe Abschätzung zu den Kosten und den volkswirtschaftlichen Effekten der relevantesten Klimarisiken der Schweiz.

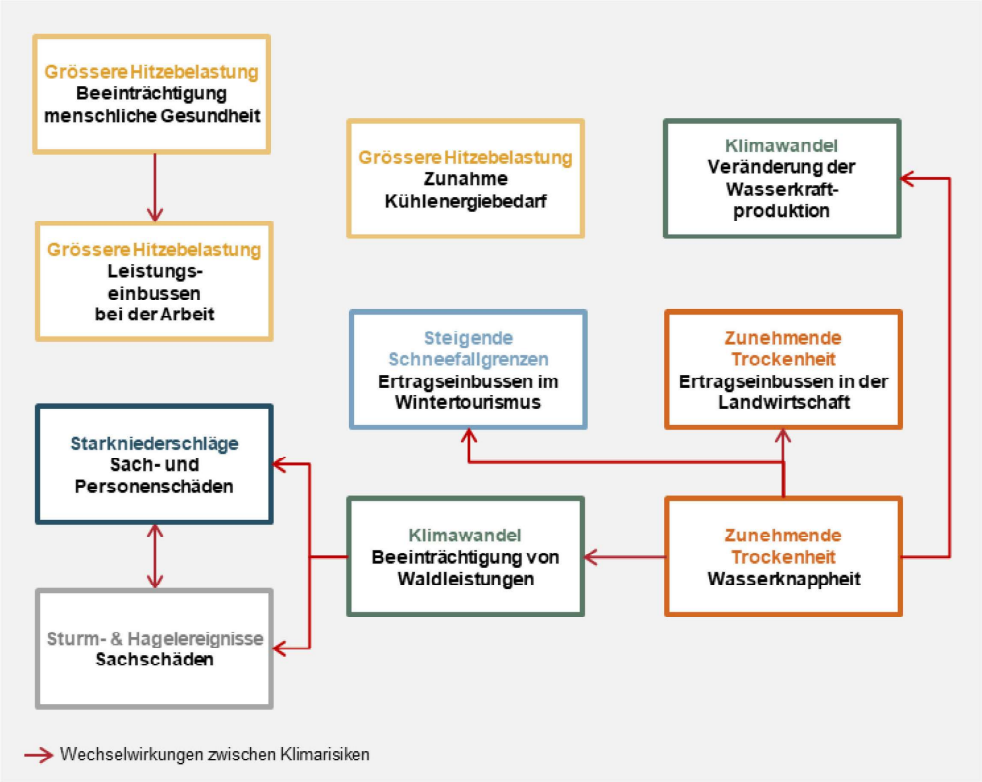


Abbildung 1 Klimarisiken und Zusammenhänge. Quelle: eigene Darstellung.

Die betrachteten Klimarisiken

Die obige Abbildung zeigt die im Rahmen des Projekts analysierten Klimarisiken und deren Zusammenhänge. Die Analyse der einzelnen, sehr unterschiedlichen Klimarisiken basiert, wo immer möglich, auf bereits bestehenden Studien und Datengrundlagen. Daraus resultieren unterschiedliche methodische Ansätze mit der Konsequenz, dass die Klimarisiken einzeln betrachtet werden und die entsprechenden Wechselwirkungen nur qualitativ berücksichtigt sind.

Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels

Die Analyse beinhaltet die Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels für die Referenzperiode von 1981 bis 2010 (analog der zum Zeitpunkt der Studie vorhandenen Klimaszenarien der Schweiz) und für das Jahr 2060. Wann immer möglich betrachtet die Analyse die drei Emissionsszenarien konsequenter (globaler) Klimaschutz (RCP 2.6), mittlerer (globaler) Klimaschutz (RCP 4.5) und kein (globaler) Klimaschutz (RCP 8.5).

Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

Im Hinblick auf die mögliche Anpassung an den Klimawandel sind für jedes Klimarisiko die wichtigsten Massnahmen zur Anpassung identifiziert und beschrieben. Die Massnahmen können in autonome und geplante

Anpassungsmassnahmen unterteilt werden. Die autonome Anpassung wird dabei selbstständig durch die verschiedenen Beteiligten umgesetzt, während die geplante Anpassung aufgrund von politischen Entscheidungen durch staatliche Intervention ausgelöst wird.

Kosten des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel

Basierend auf den Modellierungen der Auswirkungen lassen sich die Schadenskosten der jeweiligen Klimarisiken berechnen. Diese berücksichtigen ausschliesslich materielle Schäden, die direkt durch die Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz entstehen und entsprechend quantifiziert werden können. Klimarisiken, deren Kosten nicht quantitativ abgeschätzt werden können, sind im vorliegenden Bericht qualitativ beschrieben. Ergänzend zu den Schadenskosten sind die Kosten der Anpassung an den Klimawandel als auch die verbleibenden Schadenskosten mit der Anpassung berechnet. Für die Kostenabschätzung werden nur Anpassungsmassnahmen betrachtet, die quantifizierbare Kosten auslösen.

Gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Klimawandels werden für insgesamt fünf Klimarisiken modelliert. Die Berechnung erfolgt mittels Input-Output-Modellierung und auf Basis der Angaben zu getätigten Investitionen zur Behebung von Schäden sowie zur Anpassung an den Klimawandel. Klimarisiken, für die keine Investitionen anfallen und für die eine quantitative Modellierung folglich methodisch nicht möglich ist, werden qualitativ beschrieben.

Die folgende Abbildung zeigt die analysierten Klimarisiken.

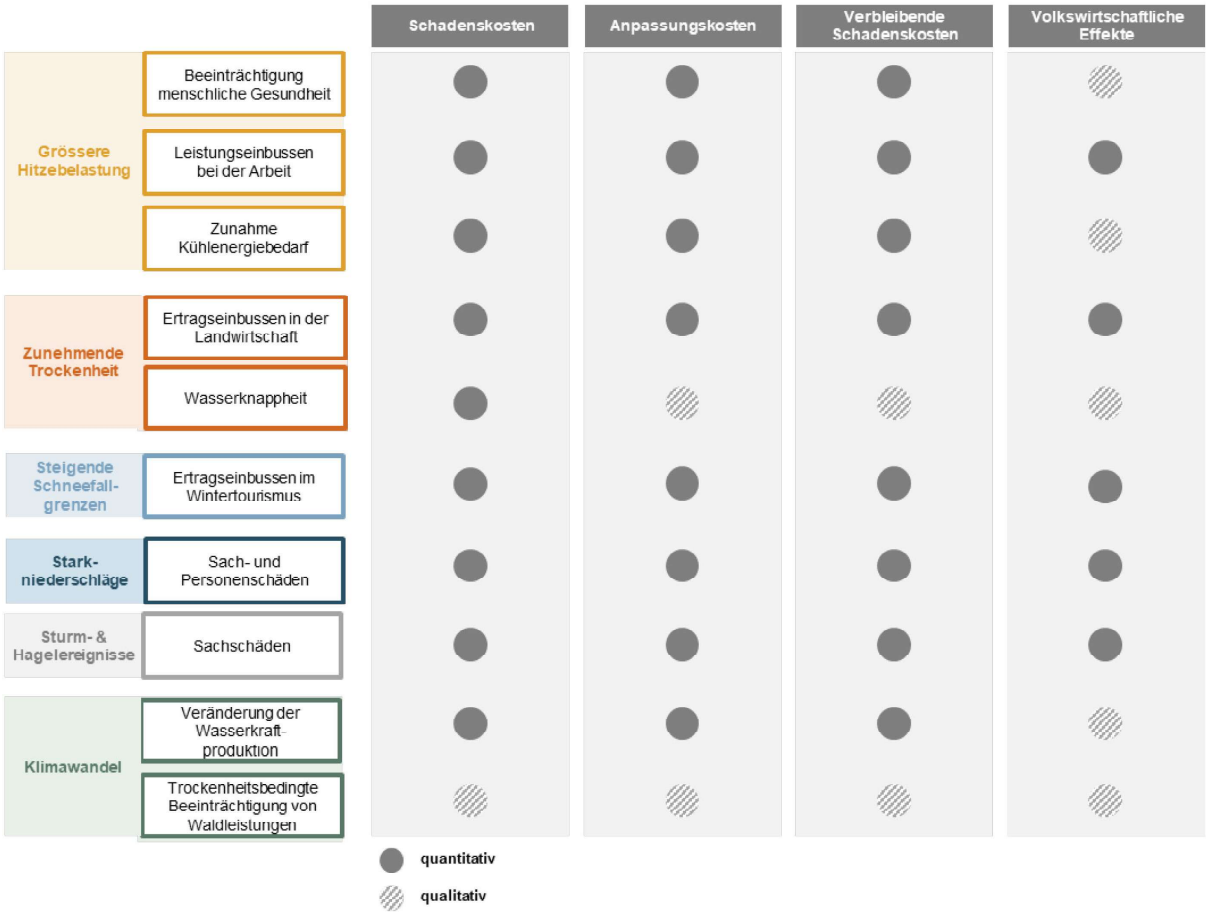


Abbildung 2 Klimarisiken und Art der Kostenberechnung (quantitativ oder qualitativ). Quelle: eigene Darstellung.

Kosten des Klimawandels

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die im Rahmen der Studie quantitativ betrachteten Klimarisiken sowie die jeweils quantifizierten Kostenkategorien. Für die einzelnen Klimarisiken werden, soweit methodisch möglich, die Schadenskosten des Klimawandels, die Kosten von Anpassungsmassnahmen, die verbleibenden Schadenskosten nach Umsetzung von Anpassungsmassnahmen sowie die Gesamtkosten ausgewiesen. Die Gesamtkosten ergeben sich aus der Summe der Anpassungskosten und der verbleibenden Schadenskosten.

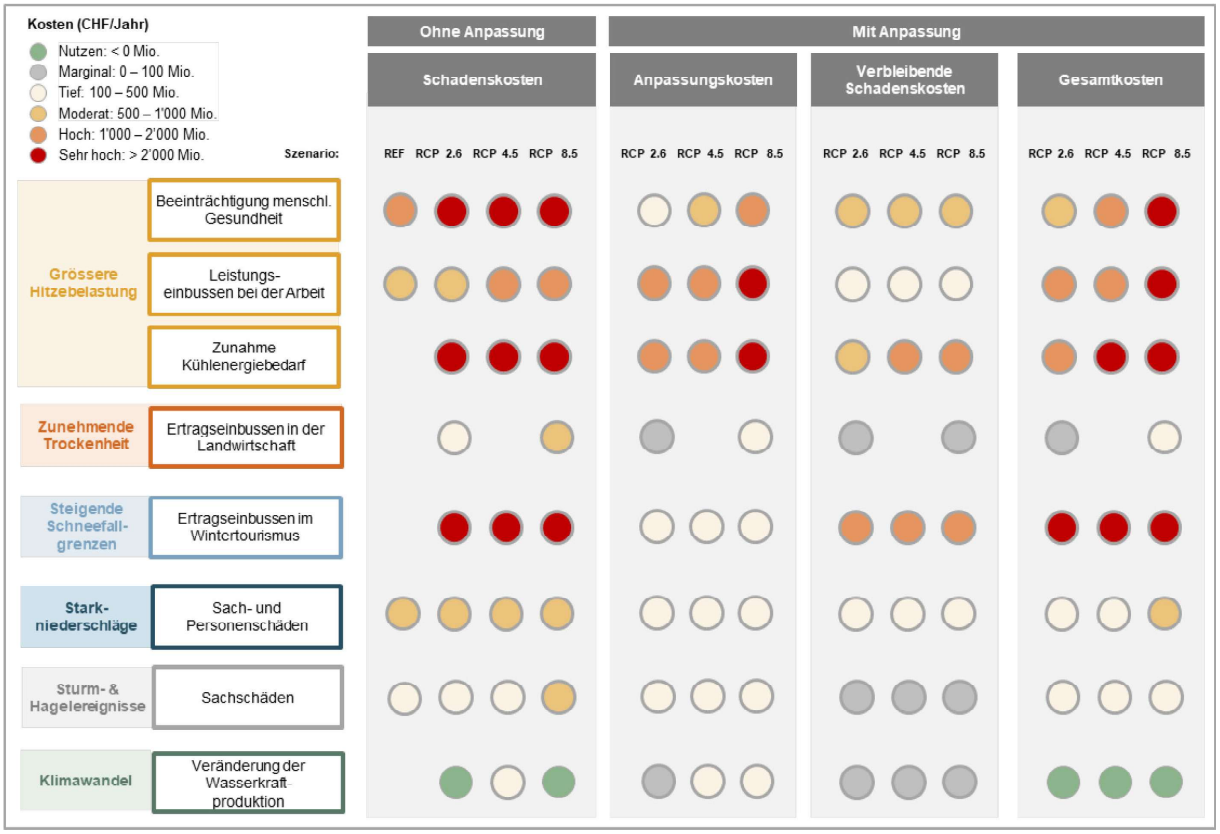


Abbildung 3 Schadens- und Anpassungskosten der quantitativ betrachteten Klimarisiken unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Darstellung.

Kosten des Klimawandels ohne Anpassung

Die Analyse ohne Anpassung zeigt sehr unterschiedliche Höhen der Schäden, wobei insbesondere die zunehmende Hitzebelastung, die steigende Schneefallgrenze und die Starkniederschläge hohe jährliche Kosten verursachen. Bei der Veränderung der Wasserkraftproduktion ergibt sich in zwei Emissionsszenarien ein Nettonutzen, dies aufgrund der Tatsache, dass die Niederschlagsmenge über das Jahr hinweg nicht abnimmt, sondern sich innerhalb des Jahres verlagert.

Kosten des Klimawandels mit Anpassung

Mit Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können die Gesamtkosten der Klimarisiken in der Regel reduziert werden. Besonders starke Kostenreduktionen ergeben sich in den Klimarisiken menschliche Gesundheit, Kühlenergiebedarf und Wintertourismus.[1] Für die Klimarisiken

[1] Die Grafik bildet die Kostendreduktion im Wintertourismus nicht ab, da die Kosten auch mit Anpassung weiterhin über 2'000 Mio. CHF/Jahr liegen. Mit Anpassung reduzieren sich diese jedoch um bis zu 20% gegenüber den entstehenden Schäden ohne Anpassung an den Klimawandel. Weiter gilt es zu beachten, dass die Anpassung nur für hohe Skigebiete quantifiziert ist und für tiefe Skigebiete der gesamte Schaden weiterhin bestehen bleibt.

Ertragseinbussen in der Landwirtschaft, Starkniederschläge und Sturm- und Hagelereignisse können die moderaten Kosten mit der Anpassung an den Klimawandel reduziert werden. Einzig im Klimarisiko *Leistungseinbussen bei der Arbeit* sind aufgrund methodischer Ansätze die Kosten der Anpassung höher als die berechneten Schäden des Klimawandels.[2]

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Die folgende Abbildung zeigt die Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Effekte. Die Ergebnisse werden für jedes Klimarisiko separat ausgewiesen, da sich die methodischen Ansätze zur Quantifizierung der einzelnen Klimarisiken unterscheiden. Ausserdem bestehen zwischen den Klimarisiken Wechselwirkungen sowie potenzielle Verstärkungs- und Kumulationseffekte. Eine Aggregation der Einzelresultate zu einem gesamtwirtschaftlichen Gesamtergebnis könnte daher zu Verzerrungen führen.

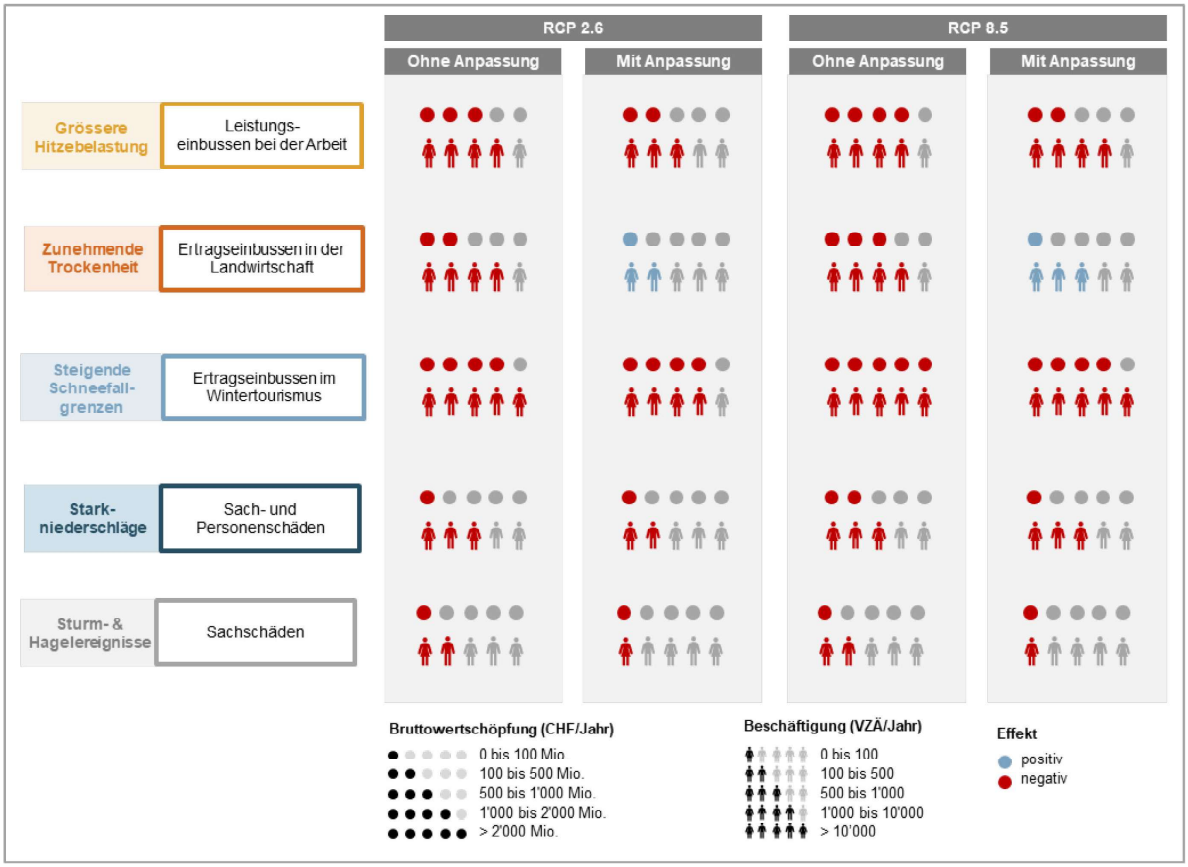


Abbildung 4 Gesamtwirtschaftliche Effekte für fünf ausgewählte Klimarisiken unter zwei Emissionsszenarien mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Gesamtwirtschaftliche Effekte ohne Anpassung

Ohne Anpassung an den Klimawandel entstehen in allen betrachteten Klimarisiken gesamtwirtschaftliche Verluste, sowohl in Bezug auf die Bruttowertschöpfung, die Beschäftigung als auch auf den Konsumverzicht. Insbesondere betroffen sind dabei der Wintertourismus, die Landwirtschaft wie auch die Wirtschaft über die Leistungseinbussen bei der Arbeit. Starkniederschläge und Sturm- und Hagelereignisse haben weniger starke Einflüsse auf

[2] Die Schadenskosten werden aufgrund vorsichtiger Annahmen auf der einen Seite eher unterschätzt und auf der anderen Seite werden die Kosten der Anpassungsmassnahmen überschätzt. So wird beispielsweise angenommen, dass Unternehmen ihre Büroräumlichkeiten auf 21 Grad kühlen. In der Realität ist jedoch davon auszugehen, dass höhere Raumtemperaturen angestrebt werden und zusätzlich kostengünstigere organisatorische Massnahmen umgesetzt werden.

Ebene der Schweiz, da diese lokal auftreten und die Auswirkungen entsprechend auf lokaler Ebene entstehen. Da die Auswirkungen auf gesamtschweizerischer Ebene betrachtet sind, fallen diese entsprechend weniger ins Gewicht.

Gesamtwirtschaftliche Effekte mit Anpassung

Mit Anpassung an den Klimawandel reduzieren sich die gesamtwirtschaftlichen Verluste in allen Klimarisiken. Im Wintertourismus bleiben die Verluste auch mit Anpassung an den Klimawandel bestehen, da die quantifizierten Massnahmen zur Anpassung nur für die höher gelegenen Skigebiete betrachtet werden. Damit bleiben die sehr hohen Verluste der tiefer gelegenen Gebiete bestehen und führen zu hohen Verlusten von Bruttowertschöpfung und Beschäftigten trotz Anpassung an den Klimawandel. Hingegen können in der Landwirtschaft dank Anpassungsmassnahmen leicht positive wirtschaftliche Effekte entstehen.

Fazit

Der vorliegende Bericht zeigt zum ersten Mal eine systematische Klimarisiken-übergreifende Analyse der Auswirkungen des Klimawandels der Schweiz, der Anpassung an diese Auswirkungen sowie der damit verbundenen Kosten und gesamtwirtschaftlichen Effekte. Die Analyse bestätigt, dass die Kosten des Klimawandels in der Schweiz hoch sind. Die Kosten im Emissionsszenario mit (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) zeigen, dass der Klimaschutz die wichtigste Massnahme zur Anpassung an den Klimawandel ist. Die Auswirkungen und die Kosten liegen in diesem Emissionsszenario auf einem deutlich tieferen Niveau als im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5). Die Anpassung an den Klimawandel ermöglicht es, die Kosten des Klimawandels zu reduzieren. Diese hohen Kosten schlagen sich auch auf die gesamtwirtschaftlichen Effekte nieder. Der Klimawandel hat erhebliche, negative gesamtwirtschaftliche Effekte und die Anpassung reduziert diese nur teilweise.

Empfehlungen

Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen können weiterführende Analysen realisiert werden, wie beispielsweise die Wirkungsabschätzung nichtkostenintensiver Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, die Wechselwirkungen zwischen den Klimarisiken als auch die Gesamtkosten des Klimawandels für die Schweiz. Diese Aspekte ermöglichen ein noch besseres Gesamtbild des Klimawandels in der Schweiz und seiner Auswirkungen auf die Kosten und die Volkswirtschaft.

Résumé

Quels coûts les effets du changement climatique entraîneront-ils pour la Suisse dans les années à venir ? Quelles en seront les répercussions sur notre économie ? Comment pouvons-nous faire face aux effets du changement climatique ? Le présent rapport examine ces questions et bien d'autres encore. L'analyse comprend une estimation approximative des coûts et des répercussions économiques des risques climatiques les plus pertinents pour la Suisse.

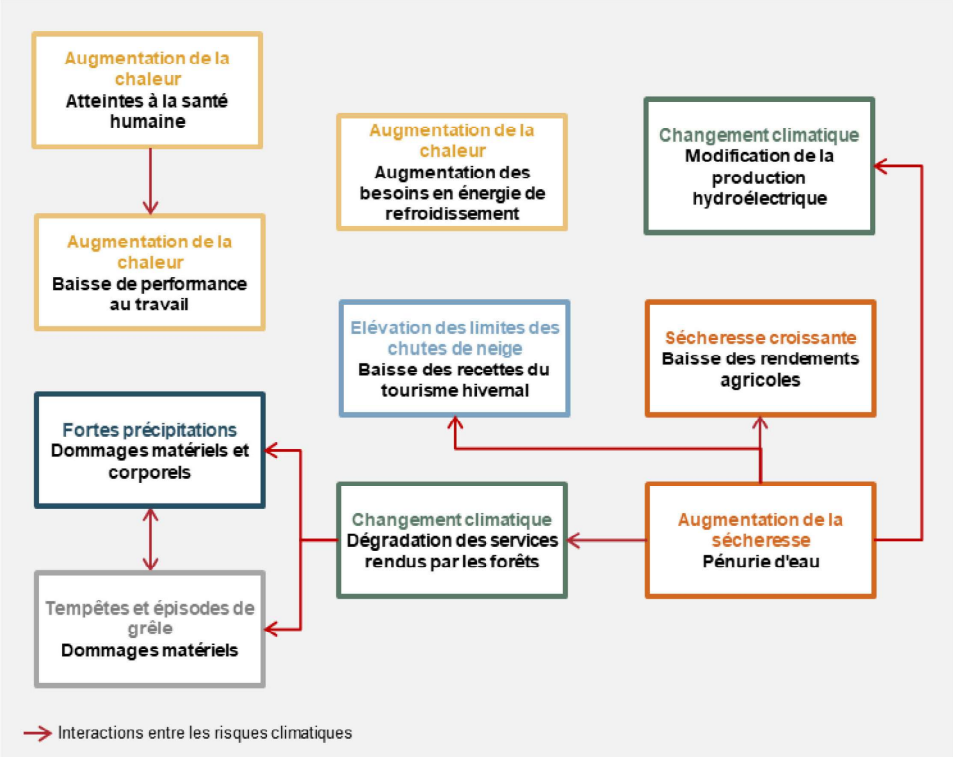


Figure 5 Risques climatiques et corrélations. Source : illustration réalisée par nos soins.

Les risques climatiques examinés

La figure ci-dessus présente les risques climatiques analysés dans le cadre du projet et leurs interrelations. L'analyse de ces risques climatiques individuels, très hétérogènes, s'appuie, dans la mesure du possible, sur des études et des bases de données existantes. Il en résulte différentes approches méthodologiques, ce qui a pour conséquence que les risques climatiques sont examinés individuellement et que leurs interactions ne sont prises en compte que de manière qualitative.

Modélisation des effets du changement climatique

L'analyse comprend la modélisation des effets du changement climatique pour la période de référence allant de 1981 à 2010 (à l'instar des scénarios climatiques disponibles pour la Suisse au moment de l'étude) et pour l'année 2060. Dans la mesure du possible, l'analyse prend en compte les trois scénarios d'émissions suivants : action (mondiale) résolue en faveur du climat (RCP 2.6), action (mondiale) modérée en faveur du climat (RCP 4.5) et absence d'action (mondiale) en faveur du climat (RCP 8.5).

Mesures d'adaptation au changement climatique

En ce qui concerne l'adaptation éventuelle au changement climatique, les principales mesures d'adaptation ont été identifiées et décrites pour chaque

risque climatique. Ces mesures peuvent être classées en deux catégories : les mesures d'adaptation autonomes et les mesures d'adaptation planifiées. L'adaptation autonome est mise en œuvre de manière indépendante par les différentes parties prenantes, tandis que l'adaptation planifiée est déclenchée par une intervention de l'État à la suite de décisions politiques.

Coûts du changement climatique et de l'adaptation au changement climatique

Sur la base des modélisations des impacts, il est possible de calculer les coûts des dommages liés aux différents risques climatiques. Ceux-ci prennent exclusivement en compte les dommages matériels directement causés par les effets du changement climatique en Suisse et pouvant être quantifiés en conséquence. Les risques climatiques dont les coûts ne peuvent être estimés quantitativement sont décrits de manière qualitative dans le présent rapport. En complément des coûts des dommages, les coûts de l'adaptation au changement climatique ainsi que les coûts résiduels des dommages après adaptation sont calculés. Pour l'estimation des coûts, seules les mesures d'adaptation entraînant des coûts quantifiables sont prises en compte.

Effets macroéconomiques du changement climatique et de l'adaptation au changement climatique

Les effets macroéconomiques du changement climatique sont modélisés pour cinq risques climatiques au total. Le calcul s'effectue à l'aide d'une modélisation des flux d'entrées-sorties et sur la base des données relatives aux investissements réalisés pour réparer les dommages et s'adapter au changement climatique. Les risques climatiques qui n'entraînent aucun investissement et pour lesquels une modélisation quantitative n'est donc pas possible d'un point de vue méthodologique sont décrits de manière qualitative.

La figure suivante présente les risques climatiques analysés.

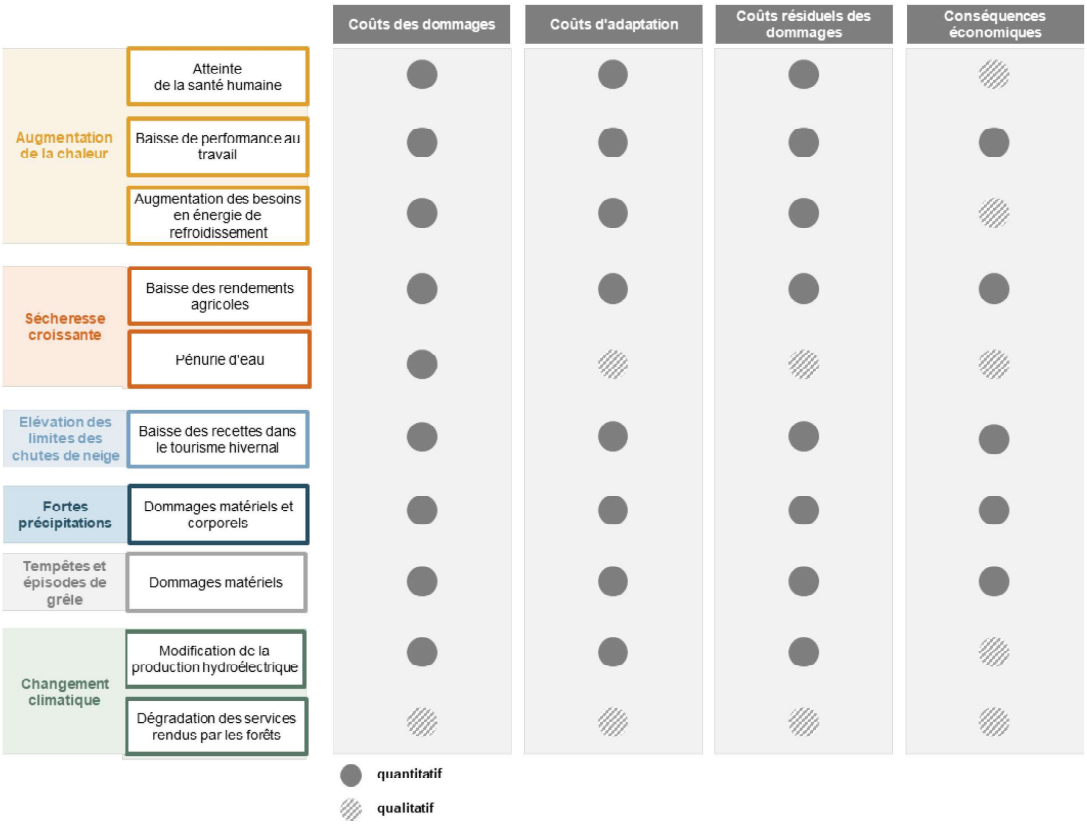


Figure 6 Risques climatiques et type de calcul des coûts (quantitatif ou qualitatif). Source : illustration réalisée par nos soins.

Coûts du changement climatique

La figure suivante donne un aperçu des risques climatiques examinés de manière quantitative dans le cadre de l'étude, ainsi que des catégories de coûts quantifiées pour chacun d'entre eux. Pour chaque risque climatique, dans la mesure où la méthodologie le permet, le tableau présente les coûts des dommages liés au changement climatique, les coûts des mesures d'adaptation, les coûts résiduels des dommages après mise en œuvre des mesures d'adaptation, ainsi que les coûts totaux. Les coûts totaux correspondent à la somme des coûts d'adaptation et des coûts résiduels des dommages.

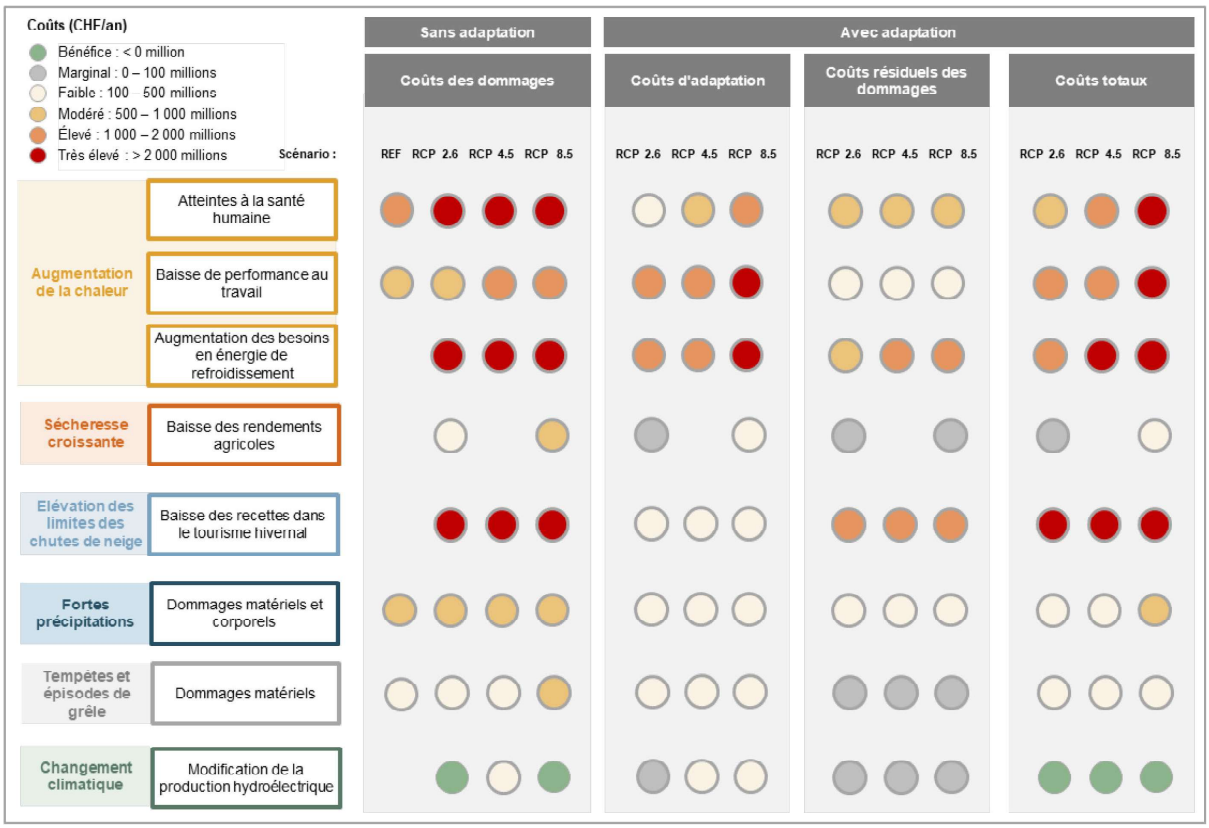


Figure 7 Coûts des dommages et des mesures d'adaptation liés aux risques climatiques considérés d'un point de vue quantitatif, selon différents scénarios d'émissions. Source : illustration réalisée par nos soins.

Coûts du changement climatique sans adaptation

L'analyse sans adaptation fait apparaître des niveaux de dommages très variables, l'augmentation de la chaleur, l'élévation des limites des chutes de neige et les fortes précipitations entraînant notamment des coûts annuels élevés. En ce qui concerne l'évolution de la production hydroélectrique, deux scénarios d'émissions font apparaître un bénéfice net, ce qui s'explique par le fait que le volume des précipitations ne diminue pas sur l'ensemble de l'année, mais se répartit différemment au cours de celle-ci.

Coûts du changement climatique avec adaptation

Les mesures d'adaptation au changement climatique permettent généralement de réduire les coûts globaux liés aux risques climatiques. Des réductions de coûts particulièrement importantes sont observées pour les risques climatiques liés à la santé humaine, aux besoins en énergie de

refroidissement et au tourisme hivernal.[3] Pour les risques climatiques pertes de rendement dans l'agriculture, les fortes précipitations ainsi que les tempêtes et les épisodes de grêle, les coûts modérés peuvent être réduits grâce à l'adaptation au changement climatique. Ce n'est que pour le risque climatique lié à la baisse de performance au travail que, en raison des approches méthodologiques utilisées, les coûts d'adaptation sont supérieurs aux dommages calculés liés au changement climatique.[4]

Effets macroéconomiques

Le graphique suivant présente l'estimation des effets macroéconomiques. Les résultats sont présentés séparément pour chaque risque climatique, car les approches méthodologiques utilisées pour quantifier les différents risques climatiques diffèrent. De plus, il existe des interactions entre les risques climatiques, ainsi que des effets potentiels d'amplification et de cumul. Une agrégation des résultats individuels en un résultat macroéconomique global pourrait donc entraîner des distorsions.

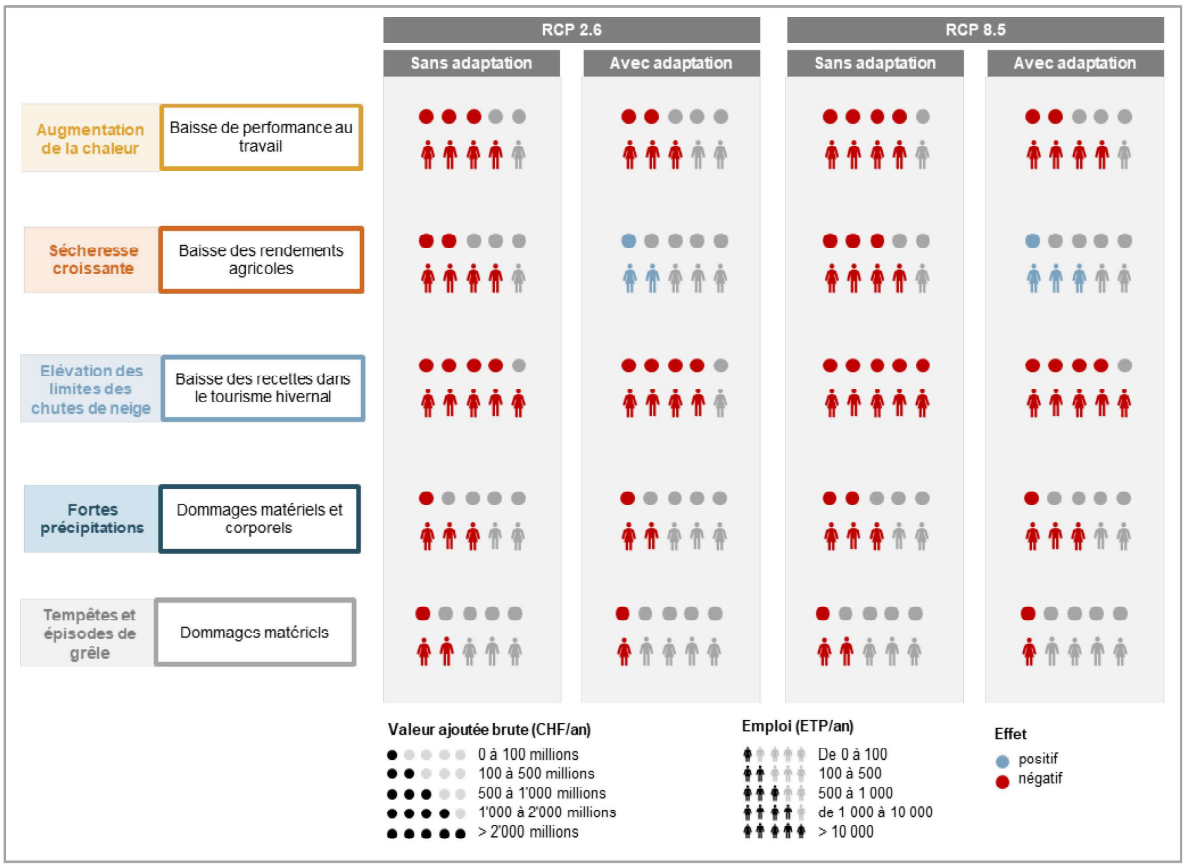


Figure 8 Conséquences macroéconomiques pour cinq risques climatiques sélectionnés selon deux scénarios d'émissions, avec et sans adaptation. Source : illustration réalisée par nos soins.

[3] Le graphique ne reflète pas la réduction des coûts dans le secteur du tourisme hivernal, car même avec une adaptation, les coûts restent supérieurs à 2 000 millions de CHF par an. Toutefois, grâce à l'adaptation, ceux-ci diminuent jusqu'à 20 % par rapport aux dommages qui seraient subis en l'absence d'adaptation au changement climatique. Il convient également de noter que l'adaptation n'est quantifiée que pour les stations de ski de haute altitude et que, pour les stations de basse altitude, l'ensemble des dommages persiste.

[4] D'une part, les coûts des dommages sont plutôt sous-estimés en raison d'hypothèses prudentes et, d'autre part, les coûts des mesures d'adaptation sont surestimés. On part ainsi du principe, par exemple, que les entreprises climatisent leurs locaux à 21 degrés. En réalité, on peut toutefois supposer que des températures ambiantes plus élevées seront privilégiées et que des mesures organisationnelles moins coûteuses seront mises en œuvre.

Conséquences macroéconomiques sans adaptation

En l’absence d’adaptation au changement climatique, tous les risques climatiques considérés entraînent des pertes macroéconomiques, tant en termes de valeur ajoutée brute et d’emploi que de perte de consommation. Le tourisme hivernal, l’agriculture ainsi que l’économie dans son ensemble, en raison des baisses de performance au travail, sont particulièrement touchés. Les fortes précipitations, les tempêtes et les épisodes de grêle ont un impact moins important à l’échelle de la Suisse, car ces phénomènes sont locaux et leurs effets se font donc sentir au niveau local. Comme les effets sont considérés à l’échelle nationale, leur poids est par conséquent moindre.

Conséquences macroéconomiques avec adaptation

Avec l’adaptation au changement climatique, les pertes macroéconomiques liées à tous les risques climatiques diminuent. Dans le secteur du tourisme hivernal, les pertes persistent même avec une adaptation au changement climatique, car les mesures d’adaptation quantifiées ne concernent que les stations de ski situées en altitude. Les pertes très importantes des zones de basse altitude persistent donc et entraînent des pertes élevées en termes de valeur ajoutée brute et d’emplois, malgré l’adaptation au changement climatique. En revanche, des mesures d'adaptation pourraient générer des effets économiques légèrement positifs dans l’agriculture.

Conclusion

Le présent rapport présente pour la première fois une analyse systématique, couvrant l'ensemble des risques climatiques, des impacts du changement climatique en Suisse, de l'adaptation à ces impacts, ainsi que des coûts et des effets macroéconomiques qui en découlent. L'analyse confirme que les coûts du changement climatique en Suisse sont élevés. Les coûts dans le scénario d’émissions avec action (mondiale) en faveur du climat (RCP 2.6) montrent que la lutte contre le changement climatique est la mesure d’adaptation la plus importante. Dans ce scénario, les impacts et les coûts se situent à un niveau nettement inférieur à celui du scénario d’émissions sans action (mondiale) en faveur du climat (RCP 8.5). L’adaptation au changement climatique permet de réduire les coûts liés à ce phénomène. Ces coûts élevés se répercutent également sur les effets macroéconomiques. Le changement climatique a des effets macroéconomiques négatifs considérables, que l’adaptation ne parvient à atténuer que partiellement.

Recommandations

Sur la base des résultats disponibles, des analyses plus approfondies peuvent être menées, telles que l’évaluation de l’impact des mesures peu coûteuses d’adaptation au changement climatique, les interactions entre les risques climatiques ainsi que le coût total du changement climatique pour la Suisse. Ces aspects permettent d’obtenir une vue d’ensemble encore plus précise du changement climatique en Suisse et de ses répercussions sur les coûts et l’économie nationale.

Sintesi

Quali saranno i costi dovuti agli impatti del cambiamento climatico per la Svizzera nei prossimi anni? Quali effetti avranno tali costi sulla nostra economia nazionale? Come possiamo affrontare gli effetti del cambiamento climatico? Il presente rapporto approfondisce queste e altre domande. L'analisi comprende una stima approssimativa dei costi e degli effetti economici dei rischi climatici più rilevanti per la Svizzera.

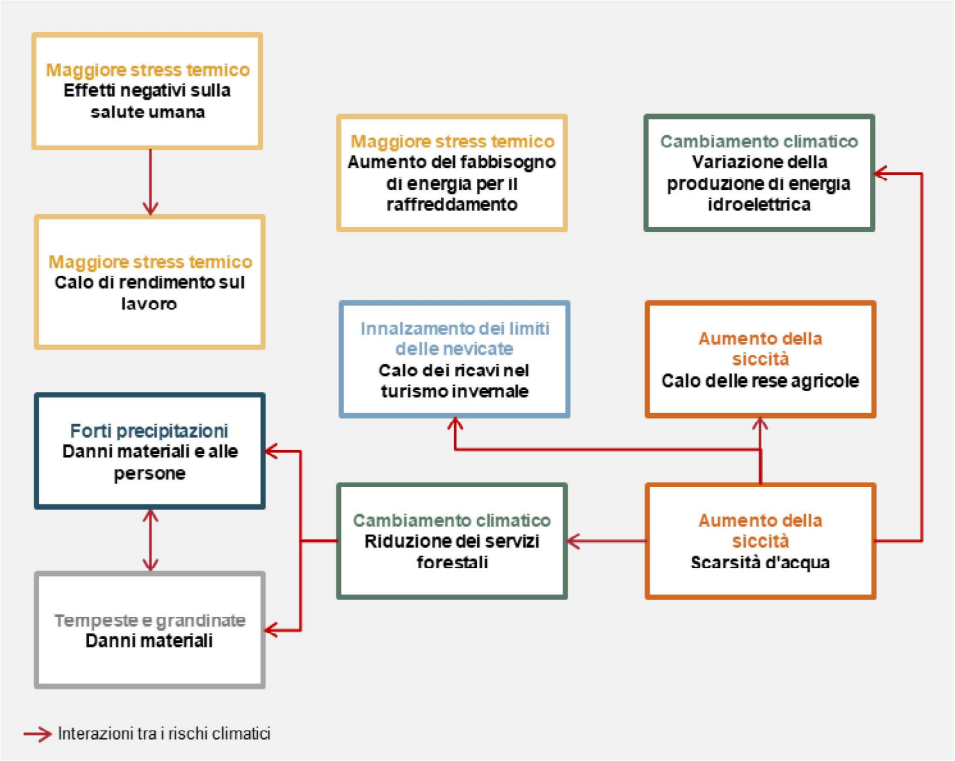


Figura 9 Rischi climatici e correlazioni. Fonte: elaborazione propria.

I rischi climatici presi in esame

La figura sopra riportata illustra i rischi climatici analizzati nell'ambito del progetto e le loro interrelazioni. L'analisi dei singoli rischi climatici, molto diversi tra loro, si basa, ove possibile, su studi e basi dati già esistenti. Ne derivano approcci metodologici diversi, con la conseguenza che i rischi climatici vengono considerati singolarmente e le relative interazioni vengono prese in considerazione solo dal punto di vista qualitativo.

Modellizzazione degli effetti dei cambiamenti climatici

L'analisi comprende la modellizzazione degli effetti dei cambiamenti climatici per il periodo di riferimento dal 1981 al 2010 (in linea con gli scenari climatici della Svizzera disponibili al momento dello studio) e per l'anno 2060. Ove possibile, l'analisi prende in considerazione i tre scenari di emissioni: misure di mitigazione (globali) rigorose (RCP 2.6), misure di mitigazione (globali) moderate (RCP 4.5) e nessuna misura di mitigazione (globale) (RCP 8.5).

Misure di adattamento ai cambiamenti climatici

In vista di un possibile adattamento ai cambiamenti climatici, per ogni rischio climatico sono state identificate e descritte le misure di adattamento più importanti. Le misure possono essere suddivise in misure di adattamento autonome e pianificate. L'adattamento autonomo viene attuato in modo

indipendente dai vari soggetti coinvolti, mentre l'adattamento pianificato deriva da decisioni politiche e dall'intervento pubblico.

Costi del cambiamento climatico e dell'adattamento al cambiamento climatico

Sulla base delle modellizzazioni degli impatti è possibile calcolare i costi dei danni relativi ai rispettivi rischi climatici. Questi tengono conto esclusivamente dei danni materiali causati direttamente dagli effetti del cambiamento climatico in Svizzera e che di conseguenza possono essere quantificati. I rischi climatici i cui costi non possono essere stimati quantitativamente sono descritti qualitativamente nel presente rapporto. Oltre ai costi dei danni, vengono calcolati sia i costi dell'adattamento ai cambiamenti climatici sia i costi residui dei danni a seguito dell'adattamento. Ai fini della stima dei costi vengono prese in considerazione solo le misure di adattamento che comportano costi quantificabili.

Effetti macroeconomici dei cambiamenti climatici e dell'adattamento ai cambiamenti climatici

Gli effetti macroeconomici del cambiamento climatico vengono modellizzati per un totale di cinque rischi climatici. Il calcolo viene effettuato mediante modellizzazione input-output e sulla base dei dati relativi agli investimenti effettuati per la riparazione dei danni e per l'adattamento al cambiamento climatico. I rischi climatici per i quali non sono previsti investimenti e per i quali, di conseguenza, non è metodologicamente possibile una modellizzazione quantitativa, vengono descritti qualitativamente.

La figura seguente mostra i rischi climatici analizzati.

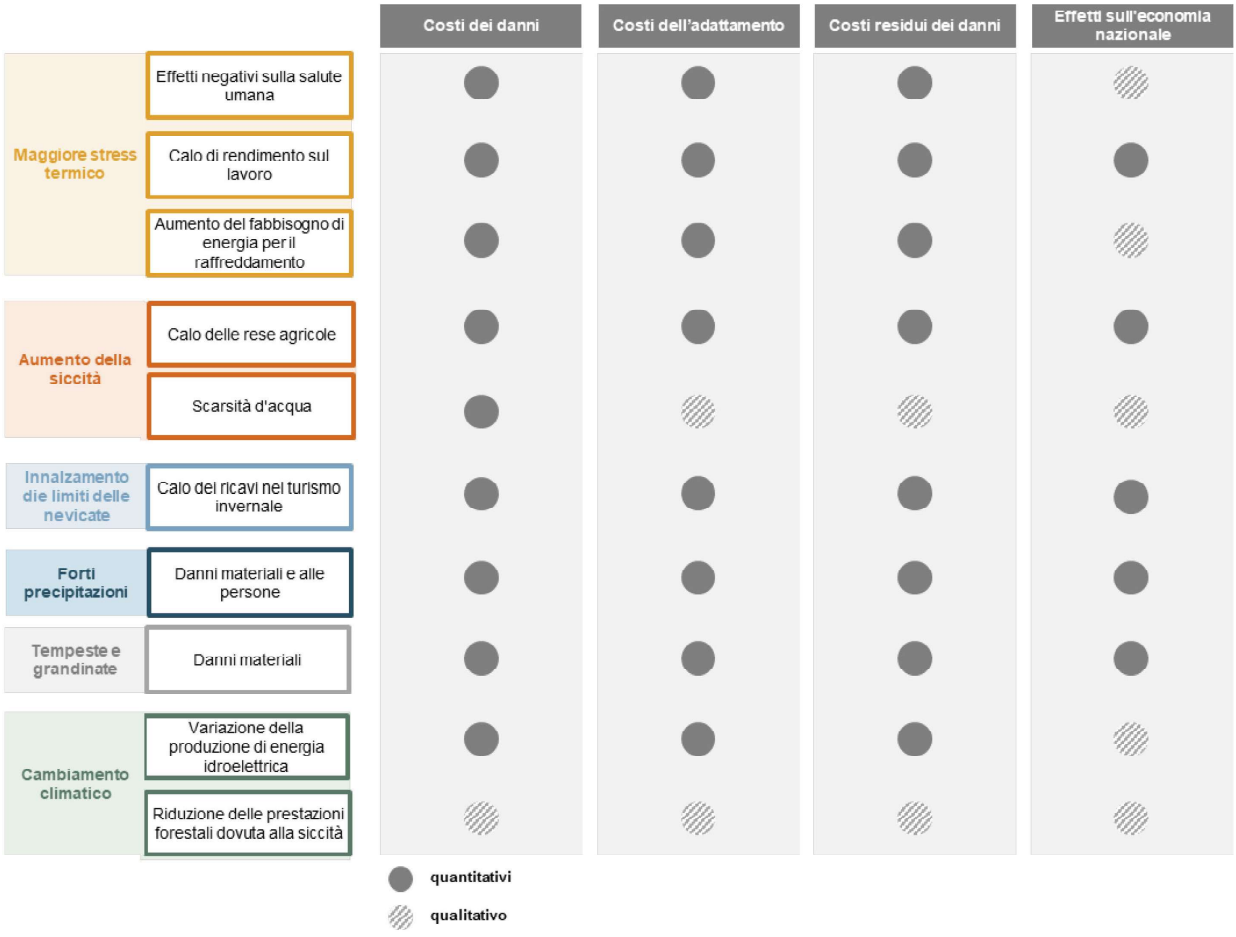


Figura 10 Rischi climatici e tipo di calcolo dei costi (quantitativo o qualitativo). Fonte: elaborazione propria.

Costi del cambiamento climatico

La figura seguente offre una panoramica dei rischi climatici considerati quantitativamente nell'ambito dello studio, nonché delle rispettive categorie di costi quantificate. Per i singoli rischi climatici vengono indicati, nella misura in cui ciò sia metodologicamente possibile, i costi dei danni causati dal cambiamento climatico, i costi delle misure di adattamento, i costi residui dei danni dopo l'implementazione delle misure di adattamento e i costi complessivi. I costi complessivi risultano dalla somma dei costi di adattamento e dei costi residui dei danni.



Figura 11 Costi dei danni e delle misure di adattamento relativi ai rischi climatici considerati dal punto di vista quantitativo in diversi scenari di emissioni. Fonte: elaborazione propria.

Costi del cambiamento climatico senza misure di adattamento

L'analisi senza misure di adattamento evidenzia livelli di danni molto diversi tra loro, dove in particolare l'aumento dello stress da calore, l'innalzamento del limite delle nevicate e le forti precipitazioni causano costi annuali elevati. Per quanto riguarda la variazione della produzione di energia idroelettrica, in due scenari di emissioni si registra un beneficio netto, dovuto al fatto che il volume delle precipitazioni non diminuisce nel corso dell'anno, ma si distribuisce in modo diverso all'interno dell'anno stesso.

Costi del cambiamento climatico con misure di adattamento

Con misure di adattamento ai cambiamenti climatici è generalmente possibile ridurre i costi complessivi dei rischi climatici. Riduzioni dei costi particolarmente significative si registrano nei rischi climatici relativi alla salute umana, al fabbisogno di energia per il raffreddamento e al turismo invernale.[5] Per i rischi climatici relativi a perdite di reddito in agricoltura, forti

[5] Il grafico non illustra la riduzione dei costi nel turismo invernale, poiché tali costi, anche con l'adeguamento, rimangono superiori a 2'000 milioni di CHF all'anno. Con l'adeguamento, tuttavia, essi si riducono fino al

precipitazioni ed eventi di tempesta e grandine, i costi moderati possono essere ridotti grazie all'adattamento ai cambiamenti climatici. Solo per quanto riguarda il rischio climatico C*alo di rendimento sul lavoro,* a causa degli approcci metodologici utilizzati, i costi dell'adattamento risultano superiori ai danni calcolati causati dai cambiamenti climatici.[6]

Effetti macroeconomici

La figura seguente mostra la stima degli effetti macroeconomici. I risultati sono riportati separatamente per ciascun rischio climatico, poiché gli approcci metodologici per la quantificazione dei singoli rischi climatici differiscono. Inoltre, tra i rischi climatici esistono interazioni, nonché potenziali effetti di amplificazione e di accumulo. Un'aggregazione dei singoli risultati in un risultato macroeconomico complessivo potrebbe quindi portare a distorsioni.

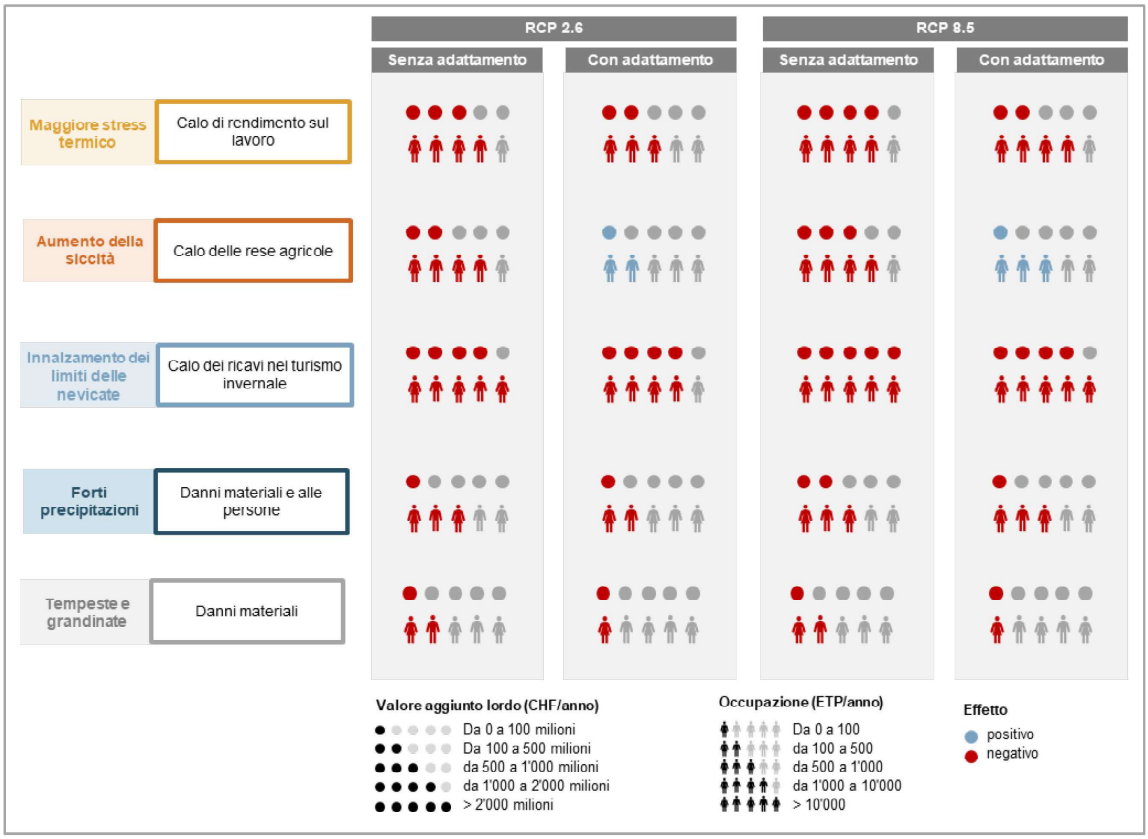


Figura 12 Effetti macroeconomici per cinque rischi climatici selezionati in due scenari di emissioni, con e senza adattamento. Fonte: elaborazione propria.

Effetti macroeconomici senza adattamento

In assenza di adattamento ai cambiamenti climatici, tutti i rischi climatici considerati comportano perdite a livello macroeconomico, sia in termini di valore aggiunto lordo e occupazione, sia in termini di rinuncia ai consumi. Particolarmente colpiti sono il turismo invernale, l'agricoltura e l'economia in generale a causa del calo di rendimento sul lavoro. Le piogge intense, le tempeste

20% rispetto ai danni che si verificherebbero in assenza di adeguamento ai cambiamenti climatici. Va inoltre tenuto presente che l'adattamento è quantificato solo per i comprensori sciistici ad alta quota, mentre per quelli a bassa quota il danno complessivo rimane invariato.

6 I costi dei danni sono, da un lato, piuttosto sottostimati a causa di ipotesi prudenziali e, dall'altro, i costi delle misure di adattamento sono sovrastimati. Si ipotizza, ad esempio, che le aziende raffreddino i propri uffici a 21 gradi. In realtà, tuttavia, è lecito supporre che si miri a temperature ambiente più elevate e che vengano inoltre attuate misure organizzative più economiche.

e le grandinate hanno un impatto meno marcato a livello nazionale, poiché si verificano localmente e i loro effetti si manifestano di conseguenza a livello locale. Poiché gli effetti vengono considerati a livello nazionale, il loro peso risulta di conseguenza minore.

Effetti macroeconomici con l'adattamento

Con l'adattamento ai cambiamenti climatici, le perdite macroeconomiche si riducono per tutti i rischi climatici. Nel turismo invernale le perdite permangono anche con l'adattamento ai cambiamenti climatici, poiché le misure di adattamento quantificate vengono prese in considerazione solo per le località sciistiche situate a quote più elevate. Di conseguenza, le perdite molto elevate delle zone a quota più bassa permangono, nonostante l'adattamento ai cambiamenti climatici, e comportano ingenti perdite in termini di valore aggiunto lordo e di occupazione. Invece, nel settore agricolo, le misure di adattamento possono generare effetti economici leggermente positivi.

Conclusione

Il presente rapporto presenta per la prima volta un'analisi sistematica e trasversale dei rischi climatici, incentrata sugli impatti dei cambiamenti climatici in Svizzera, sull'adattamento a tali impatti, nonché sui costi e sugli effetti macroeconomici ad essi associati. L'analisi conferma che i costi dei cambiamenti climatici in Svizzera sono elevati. I costi nello scenario di emissioni con (globali) misure di protezione del clima (RCP 2.6) dimostrano che la protezione del clima è la misura più importante per l'adattamento ai cambiamenti climatici. In questo scenario di emissioni, gli impatti e i costi si attestano a un livello nettamente inferiore rispetto allo scenario di emissioni senza (globali) misure di protezione del clima (RCP 8.5). L'adattamento ai cambiamenti climatici consente di ridurre i costi dei cambiamenti climatici. Questi costi elevati si ripercuotono anche sugli effetti macroeconomici. I cambiamenti climatici hanno effetti macroeconomici negativi considerevoli e l'adattamento li riduce solo in parte.

Raccomandazioni

Sulla base dei risultati disponibili è possibile effettuare ulteriori analisi, come ad esempio la valutazione dell'impatto di misure non onerose per l'adattamento ai cambiamenti climatici, le interazioni tra i rischi climatici e i costi complessivi dei cambiamenti climatici per la Svizzera. Questi aspetti consentono di ottenere un quadro ancora più completo dei cambiamenti climatici in Svizzera e delle loro ripercussioni sui costi e sull'economia nazionale.

Summary

What costs will Switzerland face as a result of the impacts of climate change in the coming years? What effects will this have on our economy? How can we address the impacts of climate change? This report examines these and other questions. The analysis includes a rough estimate of the costs and economic effects of the most relevant climate risks facing Switzerland.

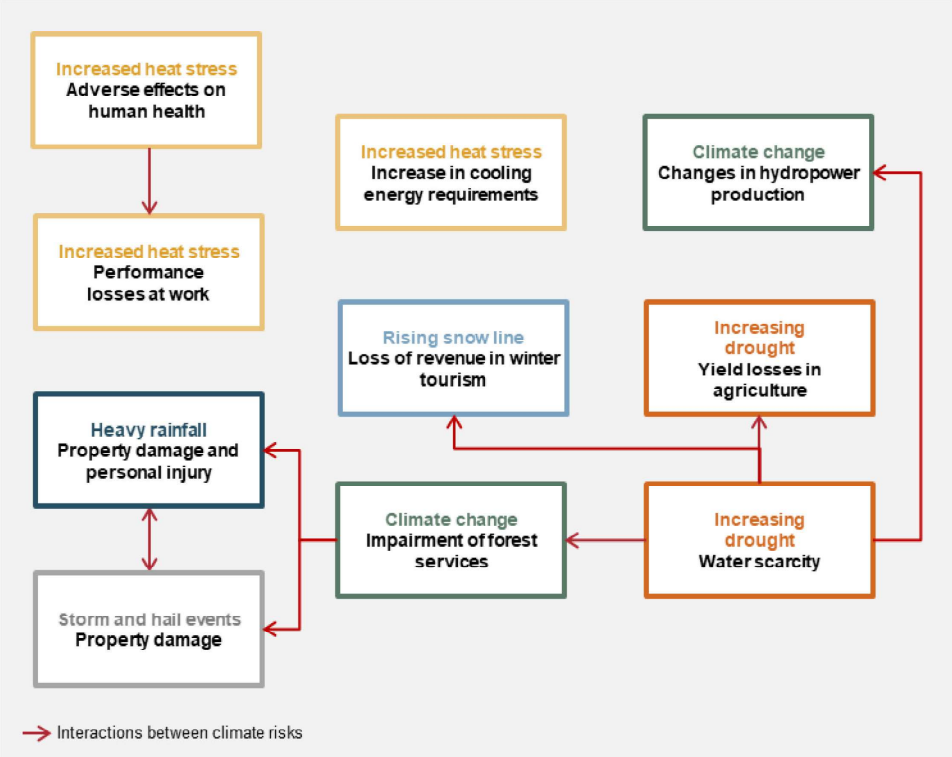


Figure 13 Climate risks and interrelationships. Source: own illustration.

The climate risks considered

The figure above shows the climate risks analysed as part of the project and their interrelationships. The analysis of the individual, highly diverse climate risks is based, wherever possible, on existing studies and data sets. This results in different methodological approaches, with the consequence that the climate risks are considered individually and the corresponding interactions are taken into account only in qualitative terms.

Modelling the impacts of climate change

The analysis includes modelling the impacts of climate change for the reference period from 1981 to 2010 (in line with the climate scenarios for Switzerland available at the time of the study) and for the year 2060. Wherever possible, the analysis considers the three emissions scenarios: consistent (global) climate action (RCP 2.6), moderate (global) climate action (RCP 4.5) and no (global) climate action (RCP 8.5).

Measures for adapting to climate change

With regard to potential adaptation to climate change, the most important adaptation measures have been identified and described for each climate risk. The measures can be divided into autonomous and planned adaptation measures. Autonomous adaptation is implemented independently by the various stakeholders, whilst planned adaptation is triggered by government intervention following political decisions.

Costs of climate change and adaptation to climate change

Based on the impact modelling, the damage costs of the respective climate risks can be calculated. These take into account only material damage that arises directly from the impacts of climate change in Switzerland and can be quantified accordingly. Climate risks whose costs cannot be estimated quantitatively are described qualitatively in this report. In addition to the damage costs, the costs of adapting to climate change, as well as the remaining damage costs after adaptation, are calculated. For the cost estimate, only adaptation measures that incur quantifiable costs are considered.

Macroeconomic effects of climate change and adaptation to climate change

The macroeconomic effects of climate change are modelled for a total of five climate risks. The calculation is carried out using input-output modelling and is based on data on investments made to repair damage and to adapt to climate change. Climate risks for which no investments are incurred – and for which quantitative modelling is therefore methodologically impossible – are described qualitatively.

The following figure shows the climate risks analysed.

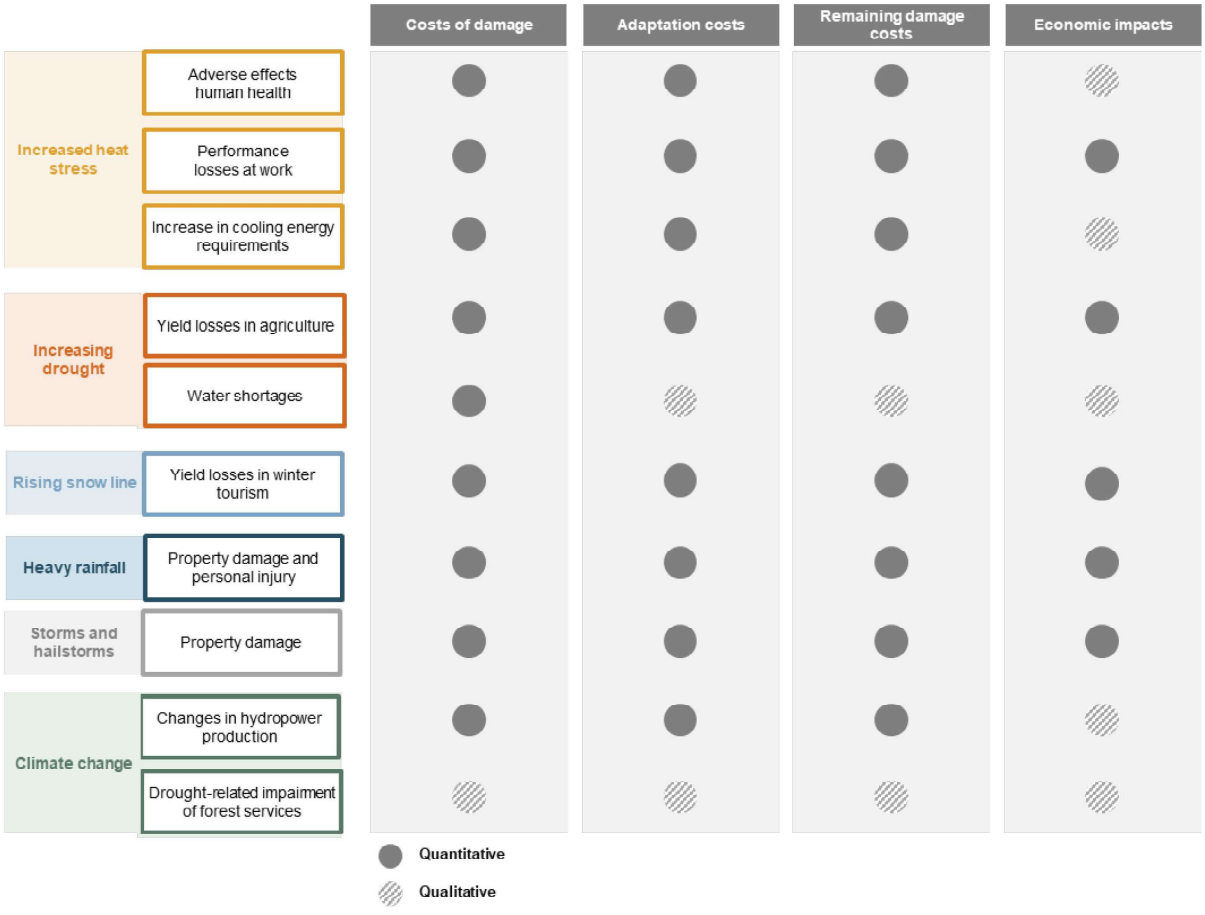


Figure 14 Climate risks and method of cost calculation (quantitative or qualitative). Source: own illustration.

Costs of climate change

The following figure provides an overview of the climate risks considered quantitatively within the scope of the study, as well as the respective quantified cost categories. For each individual climate risk, where methodologically possible, the study sets out the damage costs of climate change, the costs of adaptation measures, the remaining damage costs after adaptation measures have been implemented, and the total costs. The total costs are

calculated as the sum of the adaptation costs and the remaining damage costs.

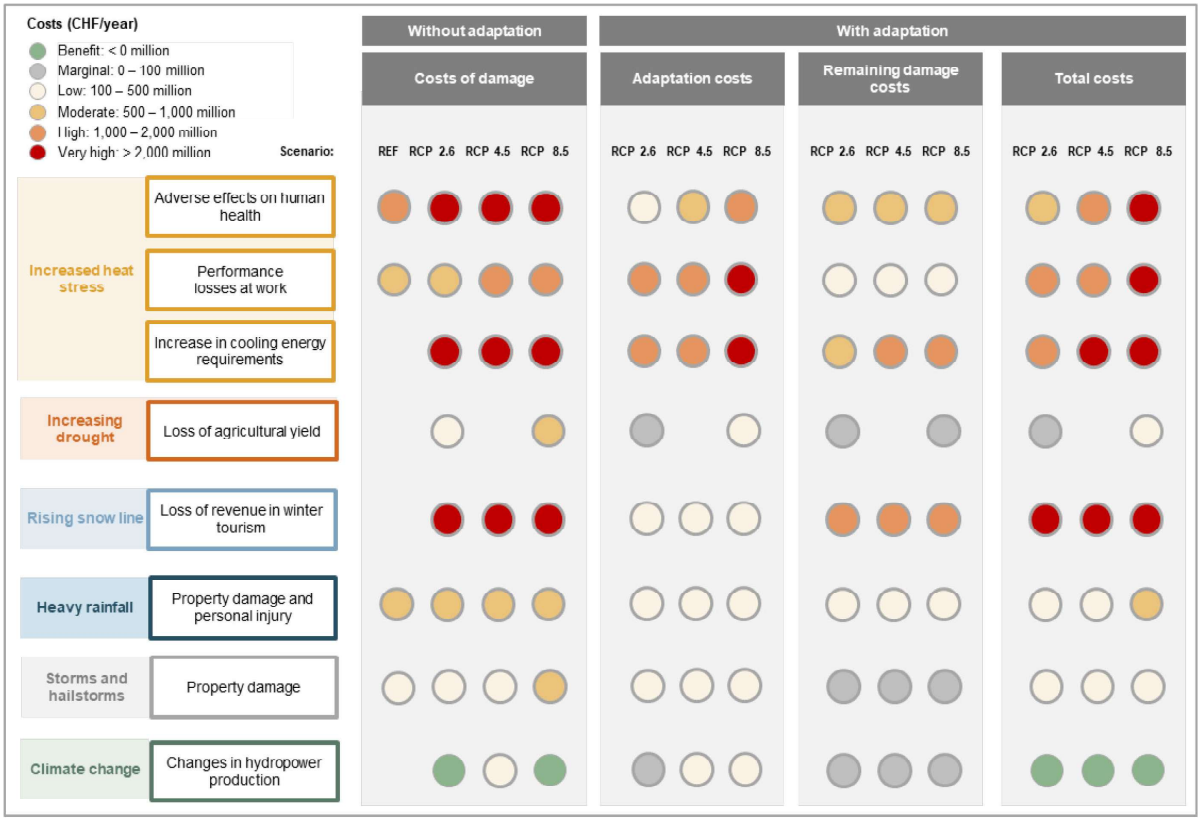


Figure 15 Damage and adaptation costs associated with the climate risks considered in quantitative terms under various emissions scenarios. Source: own illustration.

Costs of climate change without adaptation

The analysis without adaptation reveals very different levels of damage, with increasing heat stress, a rising snow line and heavy rainfall in particular causing high annual costs. Changes in hydropower generation result in a net benefit in two emissions scenarios, due to the fact that the total amount of precipitation over the course of a particular year does not decrease in the used climate models but is redistributed within the year.

Costs of climate change with adaptation

Measures to adapt to climate change can generally reduce the total costs of climate risks. Particularly significant cost reductions are seen in the climate risks relating to human health, cooling energy demand and winter tourism.[7] For the climate risks of crop yield losses in agriculture, heavy rainfall, and storm and hail events, the moderate costs can be reduced through adaptation to climate change. Only in the case of the climate risk *'loss of work productivity'* are the costs of adaptation higher than the calculated damages caused by climate change, due to the chosen methodological approach.[8]

[7] The graph does not show the cost reduction in winter tourism, as costs will still exceed CHF 2,000 million per year even with adaptation. However, with adaptation, these costs are reduced by up to 20 per cent compared with the losses that would occur without adaptation to climate change. It should also be noted that the quantification of adaptation applies only to high-altitude ski resorts; for low-altitude ski resorts, the full extent of the damage remains unchanged.

[8] Due to conservative assumptions, the costs of damage are, on the one hand, likely to be underestimated, whilst, on the other hand, the costs of adaptation measures are overestimated. For example, it is assumed that businesses cool their office premises to 21 degrees. In reality, however, it is reasonable to assume that

Macroeconomic effects

The following figure shows the estimate of the macroeconomic effects. The results are presented separately for each climate risk, as the methodological approaches used to quantify the individual climate risks differ. Furthermore, there are interactions between climate risks, as well as potential amplification and cumulative effects. Aggregating the individual results into a single macroeconomic outcome could therefore lead to distortions.

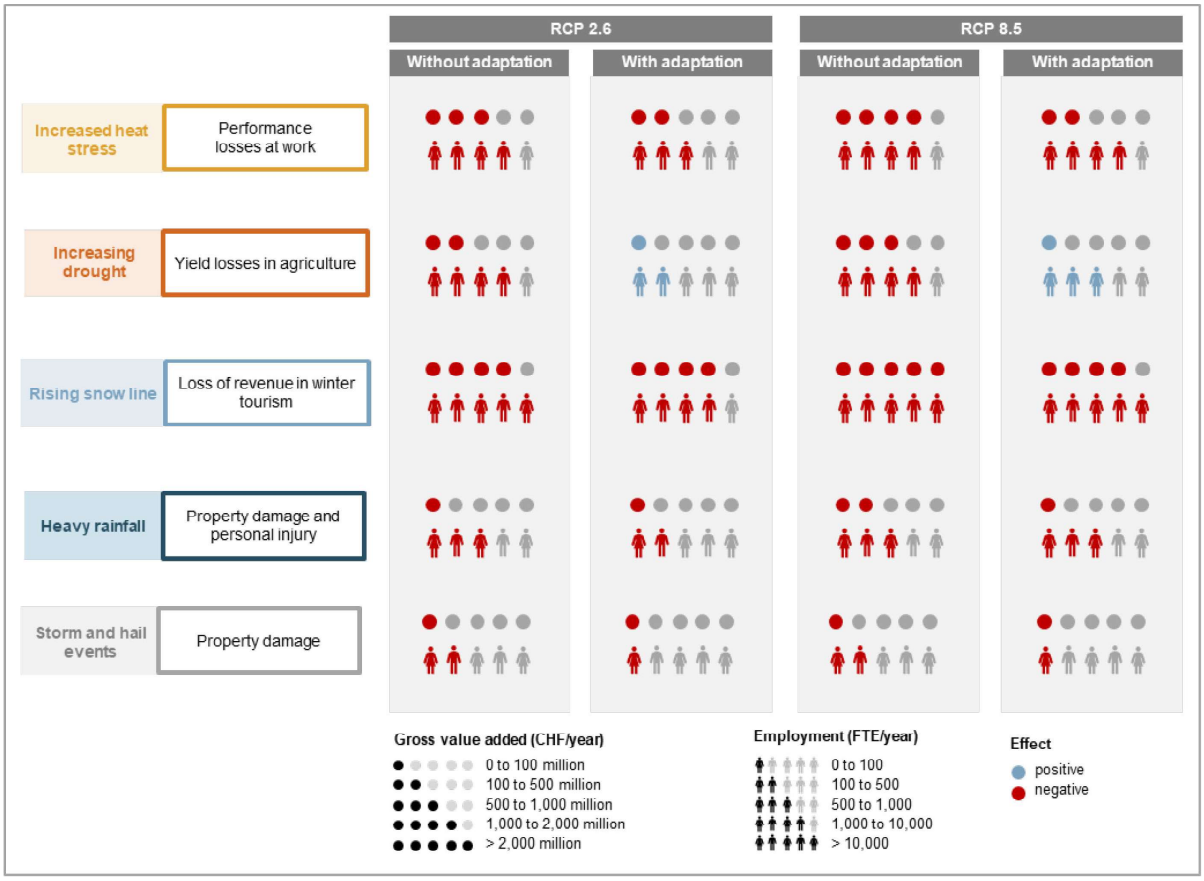


Figure 16 Macroeconomic effects for five selected climate risks under two emissions scenarios, with and without adaptation. Source: own illustration.

Macroeconomic effects without adaptation

Without adaptation to climate change, macroeconomic losses arise across all the climate risks considered, in terms of gross value added, employment and reduced consumption. Winter tourism, agriculture and the economy as a whole are particularly affected due to losses in labour productivity. Heavy rainfall, storms and hailstorms have a less significant impact for Switzerland as a whole, as these events occur locally and their effects are consequently felt at the local level. As the effects are considered at the national level, they carry correspondingly less weight.

Macroeconomic effects with adaptation

With adaptation to climate change, macroeconomic losses are reduced across all climate risks. In winter tourism, losses persist even with adaptation to climate change, as the quantified adaptation measures are considered only for higher-altitude ski resorts. Consequently, the very high losses in lower-altitude areas persist, leading to significant losses in gross value

higher room temperatures will be targeted and that, in addition, more cost-effective organisational measures will be implemented.

added and employment despite adaptation to climate change. Meanwhile, adaptation measures can lead to slightly positive economic effects in agriculture.

Conclusion

This report presents, for the first time, a systematic, cross-climate-risk analysis of the impacts of climate change in Switzerland, adaptation to these impacts, and the associated costs and macroeconomic effects. The analysis confirms that the costs of climate change in Switzerland are high. The costs under the emissions scenario involving (global) climate action (RCP 2.6) show that climate action is the most important measure for adapting to climate change. The impacts and costs under this emissions scenario are at a significantly lower level than under the emissions scenario without (global) climate action (RCP 8.5). Adaptation to climate change makes it possible to reduce the costs of climate change. These high costs are also reflected in the macroeconomic effects. Climate change has significant, negative macroeconomic effects, and adaptation only partially mitigates these.

Recommendations

Based on the available results, further analyses can be carried out, such as assessing the impact of cost-effective measures for adapting to climate change, the interactions between climate risks, and the total costs of climate change for Switzerland. These aspects provide an even better overall picture of climate change in Switzerland and its effects on costs and the economy.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis		24
Abbildungsverzeichnis		28
Abkürzungen		31
Glossar		33
1.	Einführung	37
	1.1 Auswirkungen und Kosten des Klimawandels	37
	1.2 NCCS-Impacts	39
2.	Projektbeschreibung	42
	2.1 Projektziele und Forschungsfragen	42
	2.2 Zielgruppen	43
	2.3 Projektmodule, Methoden und Werkzeuge	44
3.	Grundlagen	49
	3.1 Angewandte Systemgrenzen	49
	3.2 Betrachtete Klimarisiken	50
	3.3 Anpassungsmassnahmen	52
	3.4 Kosten des Klimawandels	53
	3.5 Gesamtwirtschaftliche Effekte	54
4.	Kosten des Klimawandels für ausgewählte Klimarisiken	59
	4.1 Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung	61
	4.2 Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung	88
	4.3 Zunahme Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung	109
	4.4 Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit	129
	4.5 Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit	153
	4.6 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Schneefallgrenze	168
	4.7 Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge	193
	4.8 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse	220
	4.9 Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel	242
	4.10 Beeinträchtigung von Waldleistungen durch den Klimawandel	261
5.	Überblick und Einordnung der Ergebnisse	271
	5.1 Kosten des Klimawandels	271
	5.2 Gesamtwirtschaftliche Effekte	277
6.	Schlussfolgerungen	283

Anhang

A1	Auswahl der Klimarisiken	286
A2	Literaturverzeichnis	288

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Verwendete Einkommens- und Preiselastizitäten nach Gütergruppen. 58
Tabelle 2 Anzahl hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien und für zwei Alterskategorien. 66
Tabelle 3 Anzahl hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien und für alle Altersgruppen.. 66
Tabelle 4 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte für verschiedene Altersgruppen in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien.. 67
Tabelle 5 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte für alle Altersgruppen in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 68
Tabelle 6 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch grössere Hitzebelastung. 69
Tabelle 7 Anzahl hitzebedingter Todesfälle mit Anpassung in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 71
Tabelle 8 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte mit Anpassung in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 71
Tabelle 9 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte mit Anpassung in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 72
Tabelle 10 Anpassungsmassnahmen zu Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch Schadorganismen. 74
Tabelle 11 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 77
Tabelle 12 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 78
Tabelle 13 Verteilung der Schadenskosten von hitzebedingten Todesfällen auf die Beteiligten 78
Tabelle 14 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 78
Tabelle 15 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 79
Tabelle 16 Verteilung der Schadenskosten von hitzebedingter Spitaleintritte auf die Beteiligten.. 79
Tabelle 17 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 79
Tabelle 18 Verteilung der Anpassungskosten auf die Beteiligten. 80
Tabelle 19 Reduzierte jährliche Schadenskosten hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 80
Tabelle 20 Reduzierte jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 81
Tabelle 21 Reduzierte jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 81
Tabelle 22 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) hitzebedingter Todesfälle und Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. 82
Tabelle 23 Anpassungsmassnahmen zu Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung..... 92
Tabelle 24 Jährliche Schadenskosten in der Schweiz von Leistungseinbussen bei der Arbeit für die Referenzperiode und 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 97
Tabelle 25 Verteilung der Schadenskosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit auf die Beteiligten. 97

Tabelle 26 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz für 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 97
Tabelle 27 Verteilung der Anpassungskosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit auf die Beteiligten. 98
Tabelle 28 Jährliche Schadenskosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung nach Szenario. 98
Tabelle 29 Jährliche Gesamtkosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung in der Schweiz für die Referenzperiode und 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien.. 98
Tabelle 30 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Beeinträchtigung Leistungseinbussen bei der Arbeit durch zunehmende Hitzebelastung mit und ohne Anpassung für zwei Emissionsszenarien. 103
Tabelle 31 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte von Schaden und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. 105
Tabelle 32 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte des Konsumverzichts nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. 105
Tabelle 33 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. 106
Tabelle 34 Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten nach Einkommensklassen der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. 108
Tabelle 35 Anpassungsmassnahmen zur Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung. 115
Tabelle 36 Jährliche Schadenskosten durch Investition und Strombedarf zur aktiven Kühlung für 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 120
Tabelle 37 Verteilung der Schadenskosten der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung auf die Beteiligten. 121
Tabelle 38 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 121
Tabelle 39 Verteilung der Anpassungskosten der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung auf die Beteiligten. 122
Tabelle 40 Jährliche Schadenskosten der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung nach Szenario. 122
Tabelle 41 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung nach Emissionsszenario. 123
Tabelle 42 Zusätzlicher Bewässerungsbedarf aufgrund Ertragseinbussen durch zunehmende Trockenheit in der Landwirtschaft. 132
Tabelle 43 Anpassungsmassnahmen für Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. 133
Tabelle 44 Anpassungsmassnahmen zu Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Schadorganismen. 135
Tabelle 45 Jährliche Schadenskosten in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit nach Sorte unter verschiedenen Emissionsszenarien. 137
Tabelle 46 Verteilung der Schadenskosten der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit auf die Beteiligten. 138
Tabelle 47 Jährliche Anpassungskosten unter verschiedenen Emissionsszenarien. 138
Tabelle 48 Verteilung der Anpassungskosten auf die Beteiligten. 138
Tabelle 49 Jährliche reduzierte Schadenskosten der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit unter verschiedenen Emissionsszenarien. 139
Tabelle 50 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit unter verschiedenen Emissionsszenarien. 139
Tabelle 51 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit mit und ohne Anpassung für zwei Emissionsszenarien. 145
Tabelle 52 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte von Schaden und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. 147
Tabelle 53 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte des Konsumverzichts nach Emissions-szenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. 147

Tabelle 54 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. 148
Tabelle 55 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte auf die Landwirtschaft und ihre Lieferkette nach Emissionsszenario ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit 150
Tabelle 56 Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten nach Einkommensklassen der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. 151
Tabelle 57 Neun Kategorien des Wasserbedarfs und getroffene Annahmen. 157
Tabelle 58 Anpassungsmassnahmen zur Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit. 161
Tabelle 59 Informationen zu den modellierten Skigebieten. 170
Tabelle 60 Anzahl Tage mit guten Schneebedingungen für die Referenz und 2060 für drei Emissionsszenarien. 172
Tabelle 61 Anpassungsmassnahmen zu Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen. 173
Tabelle 62 Annahmen bezüglich natürlichem und künstlichem Schnee nach Anpassungsintensität. 175
Tabelle 63 Anzahl Tage mit guten Schneebedingungen für die Referenz und 2060 für drei Emissionsszenarien mit und ohne Anpassung nach Anpassungsintensität. 175
Tabelle 64 Jährliche Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundene Schadenskosten je Emissionsszenario. 179
Tabelle 65 Verteilung der Schadenskosten der Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen. 179
Tabelle 66 Jährliche Anpassungskosten für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen nach Emissionsszenario und Anpassungsintensität. 180
Tabelle 67 Verteilung der Anpassungskosten für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen auf die Beteiligten. 180
Tabelle 68 Jährliche Schadenskosten für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen mit Anpassung nach Emissionsszenario und Anpassungsintensität. 181
Tabelle 69 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen mit Anpassung nach Szenario und Anpassungsintensität. 181
Tabelle 70 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse im für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 187
Tabelle 71 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte von Schaden und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 189
Tabelle 72 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte des Konsumverzichts nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 190
Tabelle 73 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 190
Tabelle 74 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten nach Einkommensklassen. 192
Tabelle 75 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge. 200
Tabelle 76 Jährliche Schadenskosten der Sachschäden durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge für die Referenzperiode und 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 202
Tabelle 77 Verteilung der Schadenskosten durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge auf die Beteiligten. 203
Tabelle 78 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz für 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 204
Tabelle 79 Verteilung der Anpassungskosten für Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge auf die Beteiligten. 204
Tabelle 80 Jährliche Schadenskosten von Sach- und Personenschäden durch Oberflächenabfluss und Murgänge mit Anpassung nach Szenario. 205
Tabelle 81 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) von Sach- und Personenschäden durch Oberflächenabfluss und Murgängen mit Anpassung nach Szenario. 206
Tabelle 82 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Sachschäden durch Starkniederschläge nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 213

Tabelle 83 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte von Schadensbeseitigung und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Sachschäden durch Starkniederschläge. 215
Tabelle 84 Sachschäden durch Starkniederschläge und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte durch Rückstellungen und Konsumverzicht nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 216
Tabelle 85 Sachschäden durch Starkniederschlägen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 216
Tabelle 86 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen.. 226
Tabelle 87 Jährliche Schadenskosten von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse für die Referenzperiode und 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 227
Tabelle 88 Verteilung der Schadenskosten von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse auf die Beteiligten. 228
Tabelle 89 Jährliche Anpassungskosten gegen Sturm und Hagelschäden mit Anpassung nach Emissionsszenario. 228
Tabelle 90 Verteilung der Anpassungskosten gegen Sachschäden durch Sturm und Hagelschäden auf die Beteiligte. 229
Tabelle 91 Jährliche Schadenskosten gegen Sachschäden durch Sturm- und Hagelrisiko mit Anpassung nach Szenario. 229
Tabelle 92 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) gegen Sachschäden durch Sturm- und Hagelrisiko mit Anpassung nach Szenario. 230
Tabelle 93 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 236
Tabelle 94 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte durch Rückstellungen und Konsumverzicht nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 237
Tabelle 95 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 238
Tabelle 96 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. 238
Tabelle 97 Veränderte Wasserkraftproduktion in der Schweiz für die Referenzperiode und 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 246
Tabelle 98 Anpassungsmassnahmen zur Veränderung der Wasserkraftproduktion den Klimawandel. 247
Tabelle 99 Jährliche Schadenskosten der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung unter verschiedenen Emissionsszenarien. 251
Tabelle 100 Verteilung der Schadenskosten durch Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie vermehrte Sedimentierung auf die Beteiligten. 251
Tabelle 101 Jährliche Anpassungskosten gegen Sedimentierung von Wasserkraftwerken nach Szenario 252
Tabelle 102 Verteilung der Anpassungskosten gegen Sedimentierung von Wasserkraftwerken auf die Beteiligten. 252
Tabelle 103 Jährliche reduzierte Schadenskosten zur Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung unter verschiedenen Emissionsszenarien. 253
Tabelle 104 Jährliche Gesamtkosten zur Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung mit Anpassung nach Emissionsszenario 253
Tabelle 105 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Beeinträchtigung von Waldleistungen durch zunehmende Trockenheit. 264
Tabelle 106 Kostenschätzung und Verteilung der Anpassungskosten für die Beeinträchtigung der Waldleistung durch zunehmende Trockenheit auf die Beteiligten. 265

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Klimarisiken und Zusammenhänge..... 3
Abbildung 2 Klimarisiken und Art der Kostenberechnung (quantitativ oder qualitativ). 4
Abbildung 3 Schadens- und Anpassungskosten der quantitativ betrachteten Klimarisiken unter verschiedenen Emissionsszenarien..... 5
Abbildung 4 Gesamtwirtschaftliche Effekte für fünf ausgewählte Klimarisiken unter zwei Emissionsszenarien mit und ohne Anpassung.. 6
Abbildung 5 Übersicht der bisher beobachteten klimatischen Veränderungen in der Schweiz. 38
Abbildung 6 Übersicht der Projekte von NCCS-Impacts.. 40
Abbildung 7 Projektübersicht, Konzept und Methodik..... 44
Abbildung 8 Stakeholder des Projekts NCCS P5 Kosten des Klimawandels. 48
Abbildung 9 Klimarisiken und Zusammenhänge..... 52
Abbildung 10 Schema der angewandten Input-Output-Modellierung. 55
Abbildung 11 Schematische Darstellung der jeweiligen Berechnungsschritte und der dazu gehörigen Projektmodule (rote Boxen).. 59
Abbildung 12 Klimarisiken und Art der Kostenberechnung..... 60
Abbildung 13 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung..... 62
Abbildung 14 Trend des RR (relatives Risiko) der täglichen Sterblichkeit für 75+ in Kanton Zürich pro Jahr und für die drei Emissionsszenarien..... 65
Abbildung 15 Zukünftiges RR für Notfallspitalaufenthalte in Zürich von 2020 bis 2060 unter RCP 2.6 (grün), RCP 4.5 (gelb) und RCP 8.5 (rot). 67
Abbildung 16 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) hitzebedingter Todesfälle und Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien.. 82
Abbildung 17 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung ohne Anpassung an den Klimawandel.. 84
Abbildung 18 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung an den Klimawandel. 86
Abbildung 19 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Leistungseinbussen bei der Arbeit bei grösserer Hitzebelastung. 89
Abbildung 20 Jährliche Arbeitsproduktivitätsverluste relativ zur Gesamtproduktivität nach Kanton und Emissionsszenario..... 94
Abbildung 21 Jährliche Arbeitsproduktivitätsverluste nach Branche in Mio. CHF im Referenzszenario..... 95
Abbildung 22 Jährliche Arbeitsproduktivitätsverluste nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im Referenzszenario..... 95
Abbildung 23 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branche in Mio. CHF im RCP 2.6 Szenario..... 95
Abbildung 24 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im RCP 2.6 Szenario.. 95
Abbildung 25 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen in Mio. CHF im RCP 4.5 Szenario... 96
Abbildung 26 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen in Mio. CHF im RCP 8.5 Szenario.. 96
Abbildung 27 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im RCP 4.5 Szenario. 96
Abbildung 28 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im RCP 8.5 Szenario.. 96
Abbildung 29 Jährliche Gesamtkosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung in der Schweiz für die Referenzperiode und 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien..... 99
Abbildung 30 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung ohne Anpassung an den Klimawandel.....100
Abbildung 31 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung an den Klimawandel.....102
Abbildung 32 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. 107
Abbildung 33 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs durch grössere Hitzebelastung.....110
Abbildung 34 Zusätzlicher Kühlenergiebedarf 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien für verschiedene Gebäudetypen. 113

Abbildung 35 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung nach Emissionsszenario. 124
Abbildung 36 Wirkungskette gesamtwirtschaftlichen Effekte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs durch grössere Hitzebelastung ohne Anpassung.....125
Abbildung 37 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung an den Klimawandel.....127
Abbildung 38 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit.....130
Abbildung 39 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit unter verschiedenen Emissionsszenarien.....140
Abbildung 40 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit ohne Anpassung.....141
Abbildung 41 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit mit Anpassung an den Klimawandel.. 143
Abbildung 42 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit.....149
Abbildung 43 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit. 154
Abbildung 44 Geografische Aggregation und Namen der Einzugsgebiete (22 Einzugsgebiete)..... 156
Abbildung 45 Jährliche Wasserverfügbarkeit in der Schweiz für die Referenzperiode und 2060 sowie für drei verschiedene Emissionsszenarien.....158
Abbildung 46 Sommerliche Wasserverfügbarkeit in der Schweiz für die Referenzperiode und 2060 sowie für drei verschiedene Emissionsszenarien. 159
Abbildung 47 Jährliche Wasserknappheit/-überschuss in der Schweiz für die Referenzperiode (1981-2010, links) unter extremen Bedingungen, welche durch das Jahr 2003 repräsentiert werden, und für 2060 (rechts), die durch das Jahr mit dem entsprechenden monatlichen Mindestdurchfluss über alle zukünftigen Jahre und Modellketten hinweg ausgewählt wurde.....160
Abbildung 48 Sommerliche Wasserknappheit/-überschuss in der Schweiz pro Tag unter extremen Bedingungen (ca. 10 Jahre Wiederkehrperiode) für die Referenzperiode (links) und 2060 (rechts).....160
Abbildung 49 Verhältnis zwischen den Wasservolumen in Stauseen und natürlichen Seen und dem absoluten Wasserdefizit unter extremen Bedingungen im Sommer (Wiederkehrperiode von etwa 10 Jahren). 162
Abbildung 50 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit ohne Anpassung. 164
Abbildung 51 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit mit Anpassung an den Klimawandel. 166
Abbildung 52 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Ertragseinbussen im Wintertourismus.....169
Abbildung 53 Karte der für die Modellierung ausgewählten Skigebiete der Schweiz.....170
Abbildung 54 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen mit Anpassung nach Szenario und Anpassungsintensität.....182
Abbildung 55 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Abnahme Ertragseinbussen im Wintertourismus ohne Anpassung.....183
Abbildung 56 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Abnahme der Ertragseinbussen im Wintertourismus mit Anpassung an den Klimawandel.....185
Abbildung 57 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche, Emissionsszenario mit und ohne Anpassung aufgrund Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen.....191
Abbildung 58 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Starkniederschlägen auf Sach- und Personenschäden.....194
Abbildung 59 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) von Sach- und Personenschäden durch Oberflächenabfluss und Murgängen mit Anpassung nach Emissionsszenario.. 206
Abbildung 60 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge ohne Anpassung. 208
Abbildung 61 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge mit Anpassung an den Klimawandel. 212

Abbildung 62 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche, Emissionsszenario mit und ohne Anpassung aufgrund Sachschäden durch Starkniederschläge. 218
Abbildung 63 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen.. 221
Abbildung 64 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) gegen Sachschäden durch Sturm- und Hagelrisiko mit Anpassung nach Szenario. 231
Abbildung 65 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen ohne Anpassung. 233
Abbildung 66 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen mit Anpassung an den Klimawandel. 235
Abbildung 67: Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche, Emissionsszenario mit und ohne Anpassung aufgrund Sachschäden durch Hagel- und Sturmereignisse. 240
Abbildung 68 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel. 243
Abbildung 69 Veränderung der künftigen Wasserkraftproduktion 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. 245
Abbildung 70 Jährliche Gesamtkosten zur Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung mit Anpassung nach Emissionsszenario. 254
Abbildung 71 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel ohne Anpassung. 255
Abbildung 72 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel mit Anpassung an den Klimawandel. 258
Abbildung 73 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Beeinträchtigung von Waldleistungen durch den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung. 262
Abbildung 74 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung der Waldleistungen durch den Klimawandel ohne Anpassung. 267
Abbildung 75 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung der Waldleistungen durch den Klimawandel mit Anpassung an den Klimawandel. 269
Abbildung 76 Schadens- und Anpassungskosten der quantitativ betrachteten Klimarisiken unter verschiedenen Emissionsszenarien. 271
Abbildung 77 Gesamtwirtschaftliche Effekte für fünf ausgewählte Klimarisiken unter zwei Emissionsszenarien mit und ohne Anpassung. 277
Abbildung 78 Analyse der Klimarisiken. 286

Abkürzungen

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BIP	Bruttoinlandprodukt
CAPEX	Langfristige Investitionsausgaben *(engl: capital expenditures)*
CH	Schweiz
CHF	Schweizer Franken
COICOP	Klassifikation der Verwendungszwecke des privaten Konsums (engl. Classification of Individual Consumption According to Purpose)
DLNM	Distributed Lag Non-Linear Models
DRY	Stundenaufgelöste Jahresgänge der Temperatur in einem typischen künftigen Jahr (engl. *Design Reference Year*)
GSD	Tage mit guten Schneebedingungen (engl. *Good Snow Conditions for Skiing*)
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
HABE	Haushaltsbudgeterhebung
IEA	International Energy Agency
IKV	Interkantonaler Rückversicherungsverband
IOT	Input-Output-Tabelle
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IT	Informationstechnologie
KGV	Kantonale Gebäudeversicherungen
LSE	Lohnstrukturerhebung
Mio.	Millionen
MMT	Minimum Mortality Temperature
Mrd.	Milliarde
M.ü.M	Meter über Meer
NCCS	National Centre for Climate Services

NOGA	Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige *(französ: Nomenclature Générale des Activités économiques)*
OPEX	Betriebskosten *(engl: operational expenditures)*
OSD	Optimaler Skitag (engl. *Optimal Skiing Day*)
RCP	Repräsentativer Konzentrationspfad (engl. *Representative Concentration Pathway*)
RPG	Raumplanungsgesetz (Bundesgesetz über die Raumplanung)
RR	Relatives Risiko
SSP	Sozioökonomische Szenarien (*engl. Shared Socioeconomic Pathway*)
STATENT	Statistik der Unternehmensstruktur
THG	Treibhausgase
Tmax	Maximaltemperatur
ÜGh	Übertemperatur-Gradstunden
UX	Benutzerzentriertes Design *(engl. User Centered Design)*
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
VKG	Vereinigung Kantonaler Gebäudeversicherungen
VLYL	Wert eines verlorenen Lebensjahres *(engl. Value of a life year lost)*
VOSL	Wert eines statistischen Lebens *(engl. Value of statistical life)*
VZÄ	Vollzeitäquivalente
WBGT	Feuchtkugel-Globaltemperatur (*engl. Wet bulb globe temperature)*
Wh	Watt-Stunden
WPS	Wachstums- und Produktivitätsstatistik
WSL	Eidgenössisches Forschungsinstitut für Wald, Schnee und Landschaft
ZH	Zürich

Glossar

Anpassung an den Klimawandel: Aktivitäten zur Verringerung der Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels (BAFU, 2012).

Anpassungskosten: Kosten der Massnahmen zur Minderung von (potenziellen) Schäden des Klimawandels (Kapitel 3.4).

Auswirkungen: Effekte des Klimawandels auf eine bestimmte Herausforderung oder ein bestimmtes Klimarisiko (Kapitel 3.4).

Autonome Anpassung: Anpassung, die durch Private ohne staatliche Intervention selbstständig vorgenommen wird, oftmals als Reaktion auf klimabedingte Auswirkungen oder aufgetretene Schäden (NCCS, 2024).

Bruttowertschöpfung: Mehrwert der erzeugten Güter und Dienstleistungen (Kapitel 3.5).

CO_2-Äquivalente: CO_2-Äquivalente sind eine Masseinheit, die dazu dient, die Klimawirkung verschiedener Treibhausgase auf einer gemeinsamen Basis zu vergleichen und zu quantifizieren. CO_2-Äquivalente zeigen an, wie viel CO_2-Emissionen nötig wären, um die gleiche Klimawirkung zu verursachen wie eine bestimmte Menge eines anderen Treibhausgases (Kanton Basel-Stadt, 2025).

Distributed Lag Non-Linear Models (DLNM): DLNM sind ein Modellierungsrahmen, der in der Lage ist, sowohl nichtlineare Expositions-Wirkungs-Abhängigkeiten als auch zeitverzögerte Effekte gleichzeitig darzustellen (Gasparrini et al., 2010).

Emissionsszenarien: Entwicklungspfade des menschlichen Ausstosses von Treibhausgasen und Aerosolen (NCCS, 2019a).

Exposition: Die Exposition beschreibt die räumliche Verteilung von Personen, Sachwerten, kritischer Infrastruktur, landwirtschaftlichen Flächen und Ökosystemen, welche von einem Klimasignal betroffen sein könnten. Je grösser die Exposition, desto grösser ist tendenziell auch das klimabedingte Risiko bzw. die klimabedingte Chance und deren kommenden Veränderungen (BAFU, 2025a).

Geplante Anpassung: Anpassung, die aufgrund von politischen Entscheidungen durch staatliche Intervention ausgelöst wird (NCCS, 2024).

Gesamtkosten: Summe aus den nach Anpassung verbleibenden Schadenskosten und den Anpassungskosten (Kapitel 3.4).

Hitzeinsel: Hitzeinseln entstehen, wenn versiegelte Flächen Sonnenstrahlen absorbieren und in Form von Wärme wieder abgeben. Relevant ist dabei nicht nur die Höchsttemperatur am Tag, sondern vor allem auch hohe Nachttemperaturen, die den Schlaf und somit die Erholung beinträchtigen.

Hitzeinseln treten besonders häufig in Städten und Agglomerationen auf, da diese verhältnismässig viele versiegelte Flächen aufweisen. Gleichzeitig wohnt fast ein Viertel der Schweizer Bevölkerung in Städten und Agglomerationen und ist somit vom Hitzeinseleffekt betroffen (BAFU, 2025a).

Input-Output-Tabelle: Eine Input-Output-Tabelle (IOT) zeigt die Verknüpfung von Produktionsprozessen innerhalb einer Wirtschaft. Sie dokumentiert, welche Inputs (Rohstoffe, Vorprodukte, Dienstleistungen) von welchen Branchen bezogen werden und welche Outputs (Endprodukte oder Dienstleistungen) daraus entstehen. Darüber hinaus erfasst die IOT den Endkonsum von Haushalten, vom Staat, dem Ausland sowie Investitionen. Sie dient als Grundlage für die Berechnung von volkswirtschaftlichen Auswirkungen (Kapitel 3.1).

Input-Output-Modellierung: Bei einer Input-Output-Modellierung wird mithilfe einer IOT die Verflechtung der Wirtschaft simuliert und damit die induzierten Effekte, die durch wirtschaftliche Impulse entlang dieser Verflechtungen ausgelöst werden, bestimmt.

Immaterielle Risiken: Risiken, die nicht monetär messbar sind, wie beispielsweise die Beeinträchtigung der Gesundheit, der Lebensqualität oder der Zufriedenheit der Bevölkerung (BMWK, 2023).

Klimaindikatoren: Messbare Kenngrössen des Klimawandels, die den globalen Klimawandel aufzeigen (NCCS, 2019b).

Klimamodell: Darstellung des Klimasystems basierend auf den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften seiner Bestandteile sowie den jeweiligen Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozessen. Klimamodelle dienen als Forschungsinstrument, um das Klima zu untersuchen, zu simulieren und Projektionen für die zukünftige Entwicklung zu erstellen (BAFU, 2012).

Klimarisiko: In der Klima-Risikoanalyse wird die Definition von klimabedingten Risiken des IPCC verwendet, die Klimarisiken anhand der drei Komponenten «Klimasignal» (bzw. Gefahren), «Exposition» und «Vulnerabilität» charakterisiert (BAFU, 2025a).

Klimaschutz: Gesamtheit der Massnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen mit dem Ziel, die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels einzudämmen (NCCS, 2021a).

Klimasignal: Das Klimasignal beschreibt den bereits bestehenden Einfluss und erwartete Veränderungen des Klimas. Je stärker das Klimasignal, desto grösser ist tendenziell auch das klimabedingte Risiko (BAFU, 2025a).

Klimaszenario: Beschreibung des zukünftigen Klimas basierend auf Klimamodellen. Vordefinierte Entwicklungspfade zum Treibhausgas-Ausstoss (Emissionsszenarien) und deren Konzentration in der Atmosphäre (Repräsentative Konzentrationspfade) dienen dabei als eine der Randbedingungen für die Projektion einer zukünftigen Entwicklung (NCCS, 2021b).

Klimaveränderung, bzw. Klimawandel: Veränderung des Klimas im Verlauf der Zeit, die über einen längeren Zeitraum von mehreren Jahrzehnten andauert. Das Klima kann sich durch natürliche Schwankungen, äussere Antriebe oder andauernde vom Menschen verursachte Veränderungen verändern. Der Klimawandel seit vorindustrieller Zeit ist auf den menschlichen Einfluss zurückzuführen (BAFU, 2012).

Netto-Null: Zustand, in dem die Treibhausgasemissionen grösstmöglich reduziert und die verbleibenden, unvermeidbaren Emissionen vollständig durch Negativemissionstechnologien ausgeglichen werden (KIG, Art. 2 Bst. d).

Maladaptation (Fehlanpassung): Massnahmen, die scheinbar zur Vermeidung oder Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels getätigt werden, die andere Systeme, Sektoren oder gesellschaftliche Gruppen jedoch so negativ beeinflussen, dass sie mehr Schaden als Nutzen haben (Barnett & O'Neill, 2010).

Morbidität: Häufigkeit oder Verbreitung einer Krankheit (statistischer Wert der Anzahl Erkrankter im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung). In diesem Bericht entspricht die Morbidität der Notfallspitalaufenthalte, die auf hohe Temperaturen zurückzuführen sind (Kapitel 4.1).

Mortalität: Häufigkeit von Todesfällen (Anzahl der Todesfälle in einer bestimmten Bevölkerung in einem bestimmten Zeitraum (BFS, 2025g)). In diesem Bericht entspricht die Mortalität den Todesfällen, die auf erhöhte Temperaturen zurückzuführen sind (Kapitel 4.1).

Relatives Risiko (RR): Täglichen Sterblichkeit, bzw. tägliche Anzahl an Notfallaufnahmen, in Bezug auf die Maximaltemperatur (Tmax) zwischen Mai und September. Diese hitzebedingten Todesfälle entsprechen allen Todesfällen, die an Tagen mit einer Tmax oberhalb der für jeden Kanton definiereten minimalen Mortalitätstemperatur (*Minimum Mortality Temperature*, MMT) auftreten (de Schrijver et al., 2024).

Repräsentative Konzentrationspfade (*Representative Concentration Pathways, RCP):* Der Begriff wird seit dem Fünften Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC) zur Beschreibung von Szenarien für den Verlauf der absoluten Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre verwendet (IPCC, 2022).

Schadenskosten: Monetäre Schäden, die sich aus den zuvor analysierten Auswirkungen des Klimawandels ergeben – wiederum mit und ohne Anpassung (Kapitel 3.4).

Soziale Gerechtigkeit: Soziale Gerechtigkeit beschreibt gesellschaftlich faire oder gerechte Zustände. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird auch von Klimagerechtigkeit gesprochen. Kern der Klimagerechtigkeit ist eine möglichst gerechte (eng. equitable) Verteilung von Kosten und Nutzen des Klimawandels zwischen Verursachenden und Hauptbetroffenen. Weiter betrifft sie Aspekte von Fairness und Transparenz in den Prozessen der

Entscheidungsfindung über gesellschaftlich-relevante Klimaziele und Massnahmen. Ein besonderes Augenmass gilt dem Schutz und Ausgleich von stark betroffenen und/oder vulnerablen Gruppen (Preston et al., 2014).

Sozioökonomische Szenarien: Die *Shared Socioeconomic Pathways* (SSP) wurden im Rahmen des 6. IPCC-Berichts erstellt. Sie beschreiben fünf unterschiedliche globale Zukunftssituationen unserer Gesellschaft im Spannungsfeld zwischen Herausforderungen im Klimaschutz und Der Anpassung an den Klimawandel. Für die fünf Narrative wurden die Bevölkerung, das Bruttoinlandsprodukt und der Urbanisierungsgrad (auf Länderebene) sowie die Bereiche Energienutzung, Landnutzung, Emissionen und Luftschadstoffe (für 5 Weltregionen) modelliert (WSL, 2024).

Tage mit Kühlbedarf: Tage, an denen modellierte Raumtemperaturen die Schwelle von 21 °C über einen Zeitraum von mindestens einer Stunde übersteigen (Kapitel 4.3).

Treibhausgase (THG): Treibhausgase sind Spurengase in der Atmosphäre, die den Wärmehaushalt der Erde beeinflussen. Die seit der Industrialisierung von Menschen verursachten THG-Emissionen sind hauptverantwortlich für die beobachtete Erwärmung des globalen Klimas (Planted, 2024). Das wichtigste langlebige Treibhausgas ist Kohlendioxid (CO_2), gefolgt von Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) sowie synthetische Gase (HFC, PFC, SF_6 und NF_3) (BAFU, 2024c).

Treibhausgaskonzentration: Die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre betrug im Jahr 2020 über 450 ppm CO_2-Äquivalente (BAFU, 2024a).

Verteilungsgerechtigkeit: Teilaspekt der sozialen Gerechtigkeit mit Fokus auf die Verschärfung (bestehender) Ungleichheiten in der Gesellschaft und von spezifischen Beteiligten durch Anpassungsmassnahmen (Kapitel 2.3).

Vulnerabilität: Vulnerabilität (Verwundbarkeit) beschreibt, wie stark ein System von einem Klimasignal betroffen ist, wenn es diesem ausgesetzt ist. Sie hängt unter anderem davon ab, wie empfindlich das System reagiert. Ein empfindliches System spürt die Auswirkungen des Klimas stärker – sowohl Risiken als auch mögliche Chancen. Je höher die Empfindlichkeit, desto grösser sind in der Regel auch die klimabedingten Risiken oder Chancen und deren zukünftige Veränderungen (BAFU, 2025a).

Vulnerable Gruppen: Aus soziologischer Sicht beschreibt die Vulnerabilität einer Bevölkerungsgruppe, wie anfällig eine Gemeinschaft für Bedingungen oder Faktoren ist, welche die Auswirkungen bestimmter Gefahren verstärken (United Nations, 2016). Nicht alle Bevölkerungsgruppen sind dabei gleichermassen betroffen. Vulnerable Gruppen charakterisieren sich durch eine verminderte Fähigkeit, die Gefahren-Auswirkungen vorherzusehen, zu bewältigen, ihr standzuhalten und sich davon zu erholen (Kasi et. al, 2019). Häufig betrifft dies Personen, welche sozial, wirtschaftlich, kulturell, politisch, institutionell oder anderweitig marginalisiert sind (IPCC, 2014).

1. Einführung

1.1 Auswirkungen und Kosten des Klimawandels

Treibhausgaseffekt

Die Klimaveränderung, die wir derzeit erleben, ist auf die Zunahme der Treibhausgaskonzentration in der Erdatmosphäre zurückzuführen. Treibhausgase in der Atmosphäre nehmen die Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche auf und reflektieren einen Teil wieder zurück auf die Erdoberfläche. Durch diese Rückstrahlung erwärmt sich die Erdoberfläche und die unterste Schicht der Atmosphäre. Treibhausgase zählen auch natürlicherweise zu den Bestandteilen der Atmosphäre. Aufgrund menschlicher Aktivitäten, wie zum Beispiel die Nutzung fossiler Energien und die Intensivierung der Landwirtschaft, haben die Konzentrationen in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen (BAFU, 2024b). Im Jahr 2014 lag die globale Durchschnittstemperatur 1.55° C über der Durchschnittstemperatur der vorindustriellen Referenzperiode (1850-1900). Land und Meeresoberflächen erreichten aussergewöhnliche Temperaturen. Die Erreichung des Ziels des Pariser Klimaabkommens, die globale Erderwärmung bei 1.5 °C bis maximal 2°C zu begrenzten, ist damit zwar noch nicht vollständig verfehlt, jedoch immer unwahrscheinlicher (WMO, 2025).

Auswirkungen in der Schweiz

Die Schweiz zählt zu den besonders stark betroffenen Regionen der Klimaerwärmung. Dies liegt zum einen daran, dass sich Landmassen schneller erwärmen als Ozeane. Zum anderen führt die komplexe Schweizer Topografie zu einer weiteren Verstärkung der Erwärmung. Gegenüber der vorindustriellen Zeit ist die Durchschnittstemperatur 2023 um 2.8 C angestiegen. Dies geht einher mit einer Zunahme von extremen Wetterereignissen: Hitzewellen und Starkregenereignisse sind intensiver und häufiger. Auch die Trockenheit hat in den letzten Jahren zugenommen, wobei es regionale Unterschiede gibt. Die Anzahl der Schnee- oder Frosttage in der Schweiz haben in den letzten Jahren aufgrund der steigenden Temperaturen deutlich abgenommen. Die Nullgradgrenze hat sich um 300 bis 400 Meter nach oben verschoben, was zu einer Veränderung der alpinen Landschaft führt. Die Gletscher schmelzen mit einem Rückgang ihres Volumens um etwa 65 % seit 1850. Aufgrund der milderen Bedingungen hat sich seit 1961 die Vegetationsperiode um 2 bis 4 Wochen verlängert (Meteo Schweiz, 2024a).

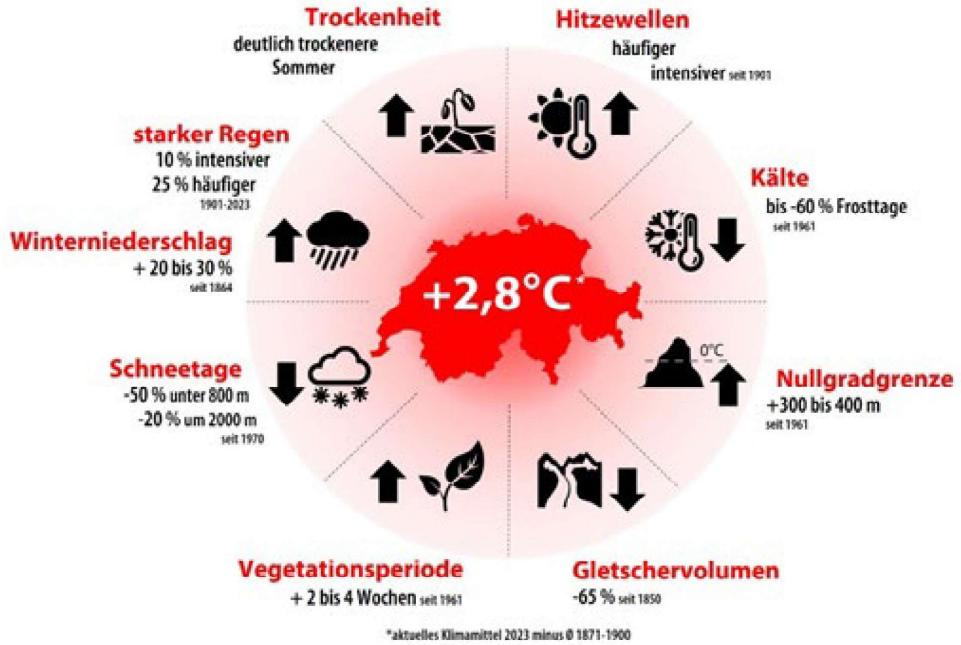


Abbildung 17 Übersicht der bisher beobachteten klimatischen Veränderungen in der Schweiz. Quelle: Meteo Schweiz, 2024a.

Auswirkungen in der Schweiz 2060

Bis im Jahr 2060 werden trockenere Sommer, häufigere und intensivere Niederschläge, mehr Hitzetage und weniger Schnee im Winter erwartet. Mit konsequenten (globalen) Klimaschutzmassnahmen könnten in der Schweiz bis 2060 etwa die Hälfte dieser möglichen Klimaveränderungen vermieden werden. Das bedeutet, dass beispielsweise die durchschnittliche Temperatur im Sommer nur um 1 bis 2.5°C steigen würde gegenüber der Referenzperiode 1990 - 2010 anstatt um bis zu 4.5°C wie es ohne Klimaschutzmassnahmen der Fall sein könnte (CH 2018, 2018). Die in der Zwischenzeit aktualisierten Klimaszenarien CH2025 bestätigen die Erkenntnisse der Klimaszenarien CH2018 (CH 2025, 2025).

Kosten des Klimawandels

Ohne Klimaschutzmassnahmen werden die Auswirkungen des Klimawandels schwerwiegende Folgen haben, die entsprechend erhebliche Kosten auslösen (BAFU, 2025a). Dies zeigt sich unter anderem in reduzierten Erträgen in der Landwirtschaft, erhöhten Gesundheitskosten oder höheren Kosten für den Schutz vor Naturgefahren (Robine et al., 2008, Grize et al., 2005, BAFU 2016, Ragettli et al., 2019). Darüber hinaus besteht ein deutliches Risiko einer erhöhten Instabilität des internationalen Handels sowie der daraus resultierenden Folgen für die Versorgung mit Rohstoffen und Konsumgütern (BAFU, 2017).

Gesamtwirtschaftliche Effekte des Nichthandelns

Diese gesamtwirtschaftlichen Effekte des Nichthandelns, das heisst ohne Anpassung an den Klimawandel, wurden in den letzten Jahren in einer Vielzahl von Studien abgeschätzt. Dabei gilt zu beachten, dass die Schätzungen zu den gesamtwirtschaftlichen Effekte des Nicht-Handels mit hohen Unsicherheiten verbunden sind, bedingt beispielsweise durch Unsicherheiten in Bezug auf die künftige Temperaturerwärmung oder in Bezug auf die Monetarisierung der Kosten (Bilal und Kanzig, 2024; Kotz et al., 2024). Für eine grobe Einordnung der Kosten ist ein Blick in die vorhandene Literatur zu den

Kosten des Nicht-Handelns dennoch sinnvoll. In einer Studie von 2006 wurden die Kosten des globalen Klimawandels auf zwischen 5 und 20 % bis 2100 des damaligen globalen Bruttoinlandprodukts (BIP) geschätzt. Die Studie berechnet, dass bereits Investitionen in den Klimaschutz in Höhe von rund 1 % des damaligen globalen BIP ausreichen würden, um die geschätzten Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren (Stern, 2006). In einer späteren Studie im Jahr 2015 schätzte die OECD die Kosten des Nichthandelns in Bezug auf den Klimaschutz auf etwa 10 % des globalen BIP bis ins Jahr 2100 (OECD, 2016). In einer aktuelleren Studie aus dem Jahr 2024 resultieren noch einmal deutlich höhere Kosten, wobei bereits ein Temperaturanstieg von 1 °C gegenüber der vorindustriellen Zeit zu einem permanenten BIP-Rückgang von 20% führen würde (Bilal & Känzig, 2024). Eine weitere Studie schätzt unabhängig von potenziellen Massnahmen zur Reduktion der Emissionen einen Einkommensrückgang von 19 % bis 2050. Die jährlichen Kosten werden auf zwischen 19 und 59 Billionen Dollar im Jahr 2050 geschätzt (Kotz et al., 2024).

In der Schweiz liegen gemäss ecoplan/Sigmaplan (2007) die klimabedingten Mehrkosten, einschliesslich Anpassungskosten, bis 2050 bei rund 0.15 % des BIP und könnten bis 2100 auf etwa 0.5 % des BIP steigen. Die möglichen Schadenshöhen weisen jedoch eine grosse Unsicherheitsbandbreite auf: Für das Jahr 2100 reicht die Spannweite von sehr moderaten 0.15 % bis zu erheblichen 1.6 % des BIP. Vöhringer et al. (2019) schätzen die potenziellen Wohlstandsverluste aufgrund des Klimawandels bis 2060 auf 0.37 % bis 1.37 %.

Nicht-monetäre Kosten des Klimawandels

Der Klimawandel bringt auch erhebliche nicht-monetäre Kosten für die Gesellschaft und die Umwelt mit sich. Ein beschleunigter Biodiversitätsverlust wirkt sich direkt auf das Überleben von Tier- oder Pflanzenarten aus. Dessen Verlust für zukünftige Generationen ist nicht abschätzbar (Warren et al., 2013). Ebenso verringern gewaltsame Konflikte über den Zugang zu lebenswichtigen Ressourcen, die durch den Klimawandel verursacht sind, die Sicherheit der Bevölkerung (Welzer, 2020, Kohli et al., 2018). In einer globalen Risikoabschätzung der AXA gaben sowohl die Bevölkerung als auch Experten aus allen Regionen den Klimawandel und die damit verbundenen Auswirkungen als das grösste erwartete Risiko an (AXA, 2024).

1.2 NCCS-Impacts

NCCS-Impacts

Das NCCS-Programm *Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit dem Klimawandel in der Schweiz: Informationen zu sektorenübergreifenden Themen* (kurz *NCCS-Impacts)* basiert auf dem Aktionsplan 2020 – 2025 der Strategie des Bundesrates zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz (Der Bundesrat, 2020). Das Programm soll zur Entwicklung und Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen beitragen, die die sektorenübergreifenden Auswirkungen des Klimawandels betrachten und somit die Lücke zwischen wissenschaftlichen Grundlagen und konkreten Massnahmen im Bereich der Anpassung an den Klimawandel und des Klimaschutzes schliessen. Dabei verfolgt das Programm drei übergeordnete Ziele:

— Erstellen eines systemischen Überblicks zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die und in der Schweiz und seinen zentralen Herausforderungen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

— Erarbeiten von Klimadienstleistungen zur breiten Verfügbarkeit und Nutzung für einen gezielten und nachhaltigen Umgang mit den Risiken und Chancen des Klimawandels.

— Bereitstellen einer sektorenübergreifenden Unterstützung für den Bund und alle Akteure in ihrem zukunftsorientierten Handeln zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels.

Gliederung von NCCS-Impacts

Das Programm NCCS-Impacts ist in sechs Projekte gegliedert, die jeweils einen spezifischen Aspekt der Auswirkungen betrachten (Abbildung 18).

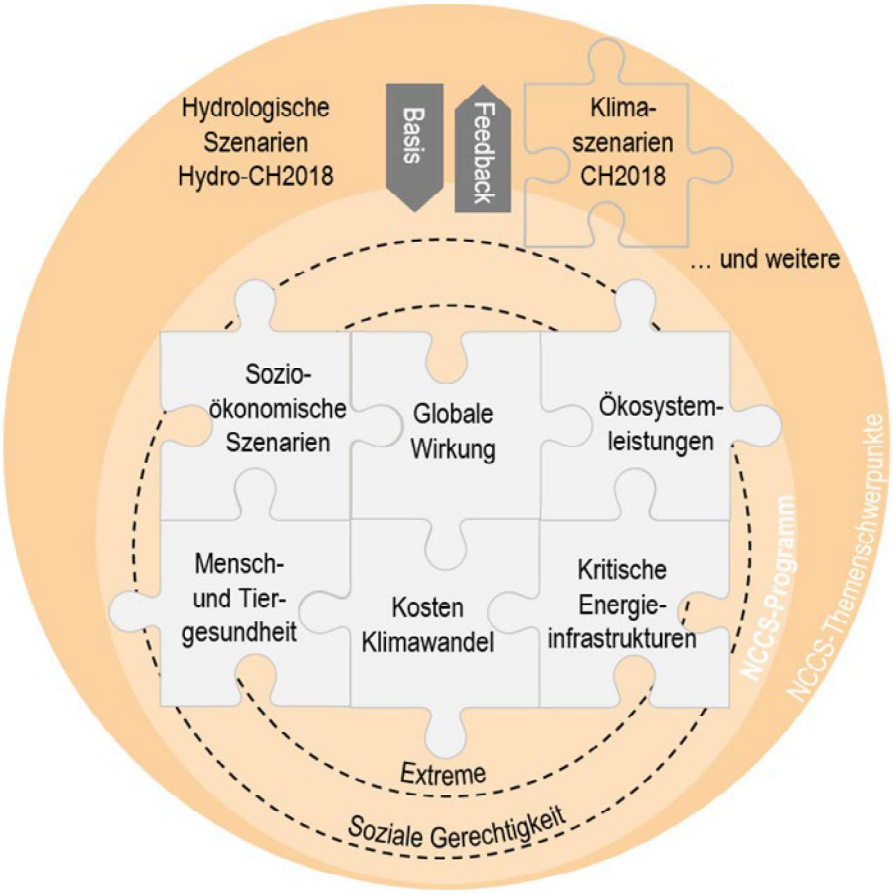


Abbildung 18 Übersicht der Projekte von NCCS-Impacts. Quelle: NCCS 2023.

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des Projektes *Kosten Klimawandel* erarbeitet und beschreibt in einem ersten Schritt das Projekt (Kapitel 2) sowie die Grundlagen der Studie (Kapitel 3). Anschliessend werden die Kosten des Klimawandels für die einzelnen, betrachteten Klimarisiken präsentiert (Kapitel 4). Die Ergebnisse in Bezug auf die Kosten des Klimawandels und der gesamtwirtschaftlichen Effekte werden zusammenfassend im Überblick gezeigt und eingeordnet (Kapitel 5. Die Schlussfolgerungen beinhalten ein übergeordnetes Fazit als auch Hinweise für weiterführende Arbeiten (Kapitel 6).

Ergänzend zum vorliegenden Ergebnisbericht liegen weitere Ergebnisse vor, die auf der Webseite des NCCS aufgeschaltet sind:

— Entscheidbaum mit den wichtigsten Ergebnissen von fünf ausgewählten Klimarisiken

— Liste von möglichen Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu den analysierten Klimarisiken (separates Excel-Dokument)

— Technische Dokumentation zu einzelnen Klimarisiken mit der detaillierten Dokumentation der Analyse der Auswirkungen (separate Dokumente)

2. Projektbeschreibung

2.1 Projektziele und Forschungsfragen

Projektziel

Ziel des Projektes ist es, die Kosten des Klimawandels heute und für 2060 zu berechnen und zu visualisieren.

Teilziele und Forschungsfragen

Dies integriert folgende, zu Beginn des Projekts definierten Teilziele und entsprechende Forschungsfragen:

1. Die Auswirkungen des Klimawandels sind für verschiedene Emissionsszenarien (RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5) für den Referenzzeitraum 1981-2010 sowie 2060 modelliert.
   - — Was sind die Auswirkungen des Klimawandels heute (Referenzperiode 1981-2010) und wie werden sie sich mit fortschreitendem Klimawandel verändern?
   - — Welche Bereiche sind stärker vom Klimawandel betroffen und müssen daher mit hoher Priorität berücksichtigt werden?
   - — Welche Anpassungsstrategien und -aktivitäten sind als Reaktion auf diese Auswirkungen möglich und können bestimmte Massnahmen priorisiert und kombiniert werden? Welche Kosten sind den heutigen Auswirkungen des Klimawandels zuzuschreiben und was sind die entsprechenden Anpassungskosten?
   - — Wie verteilen sich die Folge- und Anpassungskosten auf Bund, Kantone, Gemeinden und Private (Privatwirtschaft und Bevölkerung)?
   - — Wie werden sich diese Kosten aufgrund der sozioökonomischen Veränderungen entwickeln?
2. Die Kosten, die mit den heutigen und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels verbunden sind, sind ermittelt, inkl. der Verteilung dieser Kosten auf die verschiedenen Akteurinnen und Akteure (Bund, Kantone, Städte, Gemeinden, Privatwirtschaft und Einzelpersonen).
   - — Welche Kosten entstehen durch den Klimawandel in den verschiedenen Sektoren bei unterschiedlichen Minderungsszenarien?
   - — Wie entwickeln sich die Folgekosten bei fortschreitendem Klimawandel?
   - — Wie stark können die Folgekosten des Klimawandels mit geeigneten Anpassungsmassnahmen gesenkt werden?
   - — Wie werden die Kosten zwischen Bund, Kantonen, Städten, Gemeinden und Privaten verteilt?
3. Die Anpassungsmassnahmen zur Minderung der Auswirkungen des Klimawandels sind identifiziert.
   - — Wie hoch sind die Anpassungskosten in den verschiedenen Sektoren?
   - — Wie werden sich die Anpassungskosten bei fortschreitendem Klimawandel entwickeln?
   - — Lohnt es sich, frühzeitig Anpassungsmassnahmen zu ergreifen?

— Gibt es einen idealen Anpassungspfad, was die Kosten anbelangt?

— Wie werden die Kosten zwischen Bund, Kantonen, Städten, Gemeinden und Privaten verteilt?

4. Die gesamtwirtschaftlichen Kosten des Klimawandels und der Anpassung für die Schweiz sind abgeschätzt. Dies beinhaltet die Auswirkungen auf die Beschäftigung, die Wertschöpfung, das BIP, die sozialen und regionalen Effekte, die Monetarisierung der externen Effekte (wo möglich) und die budgetären Auswirkungen.

   — Wie hoch sind die wirtschaftlichen Kosten des Klimawandels in der Schweiz mit und ohne erfolgreiche globale Klimaschutzmassnahmen und unter der Annahme, dass keine Anpassungsmassnahmen ergriffen werden?

   — Wie können die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Klimawandels in der Schweiz durch geeignete Anpassungsmassnahmen reduziert werden (mit und ohne erfolgreiche globale Klimaschutzmassnahmen)?

   — Wie entwickeln sich die Klimafolgekosten und die Anpassungskosten mit der Zeit und mit dem fortschreitenden Klimawandel?

   — Wie sieht die Aufteilung zwischen Klimafolgekosten und Anpassungskosten für die verschiedenen Emissionsszenarien aus?

5. Die Ergebnisse sind visualisiert und zielgruppengerecht aufbereitet.

   — Welche partizipativen Methoden sind geeignet, um relevante Stakeholder angemessen in die Co-produktion von Klimadienstleistungen einzubinden?

   — Was sind nützliche nutzerzentrierte Produkte zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, und wie können sie als Klimadienstleistungen geplant, gestaltet und umgesetzt werden?

   — Welche Formate sind für die Übermittlung der Ergebnisse geeignet?

   — Wie können die Produkte bei den Zielgruppen eingeführt werden?

2.2 Zielgruppen

Zielgruppen

Dieses Projekt berücksichtigt mehrere Zielgruppen:

— Öffentliche Verwaltungen des Bundes, der Kantone und der Gemeinden.

— Sektorale Institutionen, beispielsweise betroffene Branchen- und Unternehmensverbände, Interessensgruppen und Organisationen.

— Unternehmen in besonders betroffenen Sektoren.

— Forschende mit thematischem Bezug.

Weitere Akteurinnen und Akteure werden indirekt angesprochen und durch die oben genannten Zielgruppen erreicht, da diese als Multiplikatoren agieren. Dies sind insbesondere die breite Bevölkerung, Unternehmen und Organisationen.

2.3 Projektmodule, Methoden und Werkzeuge

Projektmodule

Abbildung 19 zeigt die verschiedenen Projektmodule, die angewendeten Instrumente und Methoden sowie deren Interaktion.

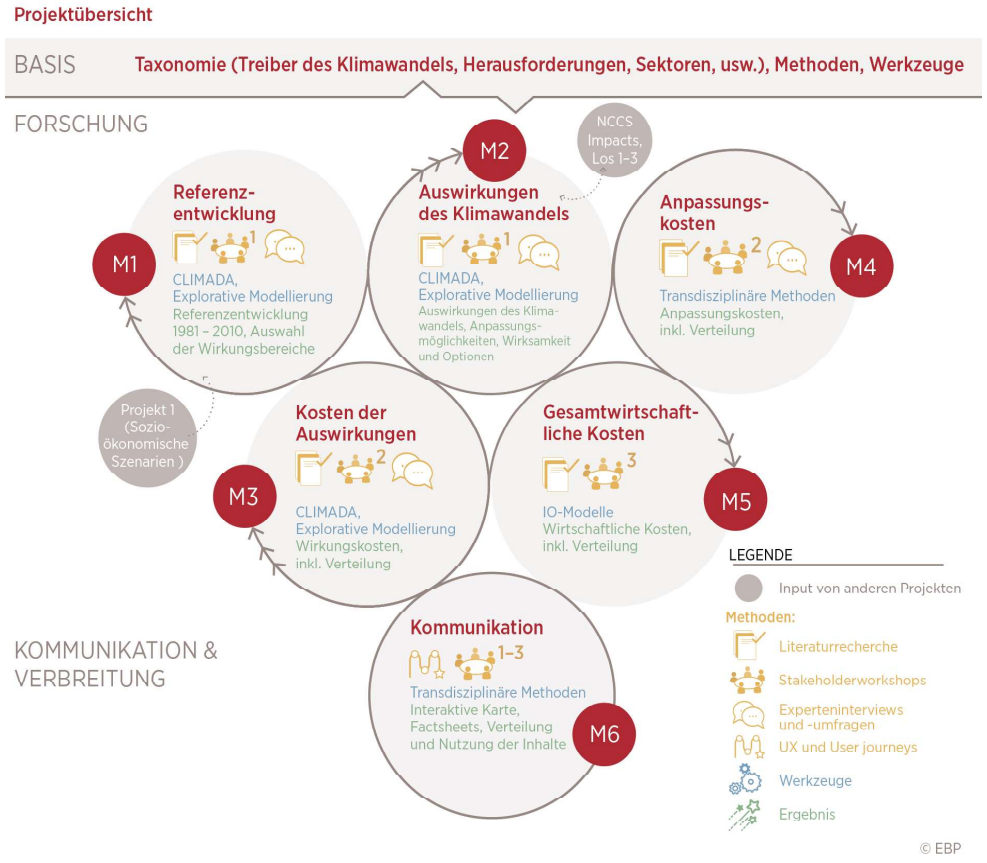


Abbildung 19 Projektübersicht, Konzept und Methodik. Quelle: eigene Darstellung.

Inhalte der Projektmodule

Die insgesamt sechs Module sind stark miteinander verknüpft. Sie adressieren folgende Inhalte und ermöglichen damit die Beantwortung der Forschungsfragen des Projekts:

— Modul M1 – Referenzentwicklung: Das Basismodul definiert eine grundlegende Taxonomie sowie die Systemgrenzen und betrachteten Klimarisiken des Projekts. Parallel dazu werden die anzuwendenden Methoden und Instrumente sowie die Einbeziehung von Querschnittsthemen Extremereignisse und soziale Gerechtigkeit festgelegt. Basierend auf diesen Inhalten wird die Referenzentwicklung definiert. Diese ist die (wissenschaftliche) inhaltliche Grundlage des Projekts.

— Modul M2 – Auswirkungen des Klimawandels: Für die in M1 definierten Klimarisiken identifiziert M2 die Auswirkungen des Klimawandels und berechnet die damit verbundenen Schäden entweder quantitativ oder semi-quantitativ.

— Modul M3 – Kosten der Auswirkungen: M3 modelliert und berechnet die Kosten des Klimawandels und ordnet diese den betroffenen Wirtschaftssektoren, Regionen und Beteiligten zu.

— Modul M4 – Anpassungskosten: Basierend auf den vorhergehenden Modulen identifiziert M4 mögliche Anpassungsmassnahmen und berechnet die daraus resultierenden Kosten als auch die reduzierten Kosten in Bezug auf die Auswirkungen (gemäss M3).

— Modul M5 – Gesamtwirtschaftliche Effekte: M5 kombiniert anschliessend die Erkenntnisse aus M3 und M4, um die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit und ohne Anpassung an den Klimawandel zu berechnen. Diese sind in Form von resultierenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten dargestellt. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte sind eine relevante Information für öffentliche Verwaltungen und politische Beteiligte und bestehen sowohl aus direkten Kosten (aus Schadens- und jeweils mit/ohne Anpassungskosten) als auch aus indirekten Kosten, die sich aus den Verflechtungen zwischen Wirtschaftssektoren, Einkommenseffekten und weiteren Aspekten ergeben.

— Modul M6 – Kommunikation: Innerhalb von M6 sind die Resultate der vorhergehenden Module kommunikativ aufbereitet und dargestellt, damit diese von den Zielgruppen entsprechend genutzt und weiterverwendet werden können.

Einbezug SSPs

Die sozioökonomischen Veränderungen werden je nach Klimarisiko unterschiedlich behandelt. Dies vor allem aufgrund der genutzten Daten, der durchgeführten Analysen und der verfügbaren Informationen. Um die Effekte der Klimaveränderung explizit auszuweisen, werden gewisse sozioökonomische Entwicklungen bewusst ausgeklammert, da diese sonst den Klimaeffekt überlagern würden und keine Aussage zu den Auswirkungen des Klimawandels gemacht werden könnte. Dies ist beispielsweise im Bereich Gesundheit so gehandhabt, wo die demografische Entwicklung der Bevölkerung und die Bevölkerungsentwicklung explizit ausgeklammert wird. Die jeweilig genutzten Daten für die sozioökonomischen Veränderungen werden in den jeweiligen Kapiteln zu den einzelnen Klimarisiken beschrieben (Kapitel 4).

Transversale Themen

Ergänzend zu den sechs Projektmodulen werden zwei spezifische Themen transversal über alle Module betrachtet:

— Soziale Gerechtigkeit: Die relative Verteilung von Rechten, Möglichkeiten und Ressourcen zwischen Individuen in einer Gesellschaft sind massgeblich für die Auffassung von sozialer Gerechtigkeit und von gesellschaftlich fairen oder gerechten Zuständen verantwortlich. Studien zeigen, dass bestimmte Gruppen, beispielsweise jene mit geringerem sozioökonomischem Status, unterdurchschnittlich zur Verursachung des Klimawandels beitragen. Im Verhältnis zum Einkommen beteiligen sie sich jedoch überdurchschnittlich an den Kosten der Umsetzung von Massnahmen zu dessen Eindämmung. Von Letzterem profitieren sie schliesslich häufig am wenigsten (Preston et al., 2014, Caritas Schweiz, 2021).

  Im Kontext der Anpassung an den Klimawandels spielen insbesondere zwei Teilaspekte der sozialen Gerechtigkeit eine Rolle:

  — Ungleiche Betroffenheit und Verwundbarkeit von spezifischen Bevölkerungsgruppen (vulnerable Gruppen): Nicht alle Bevölkerungsgruppen sind von den Auswirkungen des Klimawandels gleichermassen betroffen. Personen, die sozial, wirtschaftlich, kulturell, politisch,

institutionell oder anderweitig marginalisiert sind, spüren die Folgen in ihrem Alltag besonders stark (IPCC, 2014). Diese werden im vorliegenden Bericht unter dem Sammelbegriff der vulnerablen Gruppen berücksichtigt. Sie charakterisieren sich durch eine verminderte Fähigkeit, die Auswirkungen einer natürlichen oder vom Menschen verursachten Gefahr, vorherzusehen, zu bewältigen, ihr standzuhalten und sich davon zu erholen (Kasi et al., 2019). Eine Liste, der im vorliegenden Bericht berücksichtigten, vulnerablen Gruppen befindet sich in Kapitel 3.1.

— Verteilungs(un)gerechtigkeit zwischen Kosten und Nutzen: Die Auswirkungen des Klimawandels und die möglichen Anpassungsmassnahmen haben Auswirkungen in Bezug auf ihr Potential für die Verschärfung von (bestehenden) Ungleichheiten. Dies beinhaltet beispielsweise die verstärkten finanziellen Auswirkungen auf einkommensschwache Haushalte, die Inklusivität der Massnahmen sowie die Zugänglichkeit von Informationen über die Massnahmen für verschiedene Bevölkerungsgruppen. Diese Verteilungs(un)gerechtigkeiten werden innerhalb des vorliegenden Berichts ergänzend zu den vulnerablen Gruppen unter dem Sammelbegriff der Verteilungsgerechtigkeit berücksichtigt.

Wichtig bei der Betrachtung der Auswirkungen und Massnahmen hinsichtlich der sozialen Gerechtigkeit ist die Differenzierung zwischen einer besonderen Bedeutung für vulnerable Gruppen und einer möglichen Auswirkung auf die Verteilungs(un)gerechtigkeit. Hier besteht nicht zwingendermassen eine Kausalität. Von einigen Massnahmen können vulnerable Personen in besonderem Masse profitieren, ohne dass es zu (negativen) Auswirkungen auf die Verteilungsgerechtigkeit kommt. Bei anderen Massnahmen sind vulnerable Personen besonders stark betroffen und die Massnahme kann zu beträchtlichen Implikationen für die Verteilungsgerechtigkeit führen. Oder eine Massnahme hat per se keine besondere Bedeutung für vulnerable Gruppen, ihre Ausgestaltung kann jedoch Auswirkung auf die Verteilungsgerechtigkeit haben. Somit ist eine Unterscheidung zwischen ungleicher Betroffenheit und der Verteilung von Nutzen (und den damit verbundenen Kosten) bedeutsam. Im vorliegenden Bericht werden diese beiden Aspekte entsprechend separat betrachtet und in den jeweiligen Kapiteln zu den einzelnen Klimarisiken thematisiert (Kapitel 4).

— Extreme: Die Analyse der Klimarisiken erfolgt anhand der Mittelwerte oder Mediane der Emissionsszenarien. Diese zeigen den Trend der Entwicklung an und entsprechen einer durchschnittlichen Entwicklung von Temperatur-, Niederschlags- und weiteren Indikatoren. Ergänzend zu den Mittelwerten werden für einzelne Klimarisiken explizit Extremszenarien betrachtet. Diese bilden seltene, aber für Schäden und Kosten relevante Randlagen ab und dienen damit einem sogenannten Stresstest. Die Kombination aus Mittelwert, beziehungsweise Median, und Extremszenarien schafft eine robuste Grundlage, um Prioritäten zu setzen, Massnahmen zu dimensionieren und Investitionen so zu planen, dass sie auch in Ausnahmejahren tragfähig bleiben.

Angewandte Werkzeuge

Die Modellierungen der Auswirkungen und Kosten des Klimawandels sind je nach Emissionsszenario unterschiedlich. Wo immer möglich, wird auf

bestehende Analysen und Daten zurückgegriffen. Dadurch werden unterschiedliche Instrumente und Werkzeuge für die Modellierungen genutzt:

— Die Auswirkungen des Klimawandels (M2) sowie die Kosten der Auswirkungen (M3) und teilweise der Anpassungsmassnahmen (M4) werden mit Hilfe von verschiedenen Instrumenten modelliert:
  — CLIMADA[9] wird für ereignisbasierte und probabilistische Modellierung eingesetzt und deckt eine grosse Anzahl von physischen Gefahren sowie räumliche und zeitliche Skalen ab (Aznar-Siguan & Bresch 2019, Bresch & Siguan 2021).
  — ema-workbench[10] wird für explorative Modellierung von Klimarisiken genutzt (Kwakkel 2017, Moallemi et al., 2020, letztere angepasst nach Vaghefi et al., 2021 und Vaghefi et al., 2022).
  — Distributed Lag Non-Linear Model (DLNM) wird für die Bewertung der hitzebedingten Sterblichkeit und Morbidität verwendet (Ragettli et al., 2017, Schulte et al., 2024). DLNMs sind statistische Tools, mit denen der Zusammenhang zwischen Umwelteinflüssen, wie der Umgebungstemperatur, und Gesundheitsauswirkungen wie Sterblichkeit oder Krankenhausaufenthalten untersucht wird. Diese Modelle sind besonders nützlich, weil sie zwei wichtige Aspekte dieser Zusammenhänge gleichzeitig berücksichtigen: die Möglichkeit, dass Gesundheitsauswirkungen erst nach mehreren Tagen auftreten (verzögerte Auswirkungen), und dass der Zusammenhang zwischen Exposition und Auswirkung nicht linear ist (Gasparrini et al., 2010).
  — Hydrologische Modellierung in Verbindung mit Netto- und Bruttowasserentnahme aus Oberflächengewässern werden zur Abschätzung der möglichen Wasserknappheit genutzt (Brunner et al., 2019a, Brunner et al., 2019b).
— Zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte (M5) wird ein Input-Output-Modell (IO-Modell) verwendet. Das IO-Modell basiert auf entsprechenden Input-Output-Tabellen (IOT) des Bundesamts für Statistik (BFS), die die Wirtschaft und die Verflechtung der Wirtschaftssektoren über ihre Lieferketten abbilden (BFS, 2023).

Nähere Informationen zu den genutzten Werkzeugen und Modellen sind in den jeweiligen Kapiteln zu den einzelnen Klimarisiken enthalten (Kapitel 4).

Durch die Verwendung von bestehenden Analysen und Daten sowie unterschiedlicher Modelle ist ein direkter Vergleich der Ergebnisse der jeweiligen Klimarisiken nicht möglich. Aus diesem Grund werden die Klimarisiken individuell betrachtet und bestehende Interaktionen und Zusammenhänge qualitativ eingeordnet (siehe weitere Hinweise diesbezüglich in den nachfolgenden Kapiteln).

[9] CLIMADA – Weather and Climate Risks | ETH Zurich (konsultiert am 20.08.2024)

[10] EMA Workbench documentation — Exploratory Modeling Workbench (konsultiert am 20.08.2024)

Stakeholder-prozess

Ergänzend zu den Informationen aus der Literatur integriert das Projekt Expertenwissen und Erfahrungen der verschiedenen betroffenen Akteurinnen und Akteure. Während der gesamten Projektlaufzeit wurden diese aktiv in den Erarbeitungsprozess eingebunden:

— Stakeholderworkshops: Die drei durchgeführten Stakeholderworkshops ermöglichten die Präsentation der Zwischenergebnisse und die Diskussion von einzelnen Themenschwerpunkten mit allen Beteiligten. Für einzelne Klimarisiken diskutierten spezifische Stakeholdergruppen die Ergebnisse und getroffenen Annahmen.

— Experteninterviews und -umfragen: Für spezifische Fragen zu Datengrundlagen und Kosteninformationen wurden innerhalb von Experteninterviews Informationen gesammelt und diskutiert.

— Begleitgruppe: Zur wissenschaftlichen Begleitung wurde eine Begleitgruppe einberufen, die an verschiedenen Sitzungen Hinweise und Rückmeldungen zum Prozess, den Inhalten und den Ergebnissen geben konnte. Die Begleitgruppenmitglieder wurden auch an die Stakeholderworkshops eingeladen und konnten somit zusätzlich auch als Stakeholder Inputs geben.

Die folgende Abbildung zeigt die im Projekt involvierten Stakeholder.



Abbildung 20 Stakeholder des Projekts NCCS P5 Kosten des Klimawandels. Quelle: eigene Darstellung.

3. Grundlagen

Im Folgenden sind die Grundlagen des Projekts beschrieben. Dies beinhaltet die Beschreibung der angewandten Systemgrenzen sowie die Begrifflichkeiten und genutzten Indikatoren der Analyse.

3.1 Angewandte Systemgrenzen

Die im vorliegenden Bericht auf verschiedenen Ebenen angewandten Systemgrenzen sind im Folgenden kurz beschrieben. Die Definitionen der verschiedenen Begrifflichkeiten sind im Glossar integriert.

Zeithorizonte

Es werden folgende Zeitperioden betrachtet und miteinander verglichen:

— Referenzperiode: 1981 – 2010 (analog zu den Schweizer Klimaszenarien 2018 (CH2018, 2018)). Zum Zeitpunkt der Analysen waren die aktuellsten Klimaszenarien 2025 noch nicht verfügbar und aus diesem Grund wurde mit den damals verfügbaren Datengrundlagen gearbeitet.

— Betrachtete Zukunftsperiode der klimatischen Veränderungen: 2060 (Zeitraum 2045 bis 2074, gemäss CH2018, 2018)[11]

Klimarelevante Themen

In Bezug auf die klimarelevanten Themen beinhalten die Systemgrenzen folgende Aspekte:

— Klimaindikatoren: Klimaindikatoren gemäss dem Webatlas[12] der Klimaszenarien CH2018 (CH2018, 2018)

— Emissionsszenarien gemäss CH2018 (CH2018, 2018):

  — RCP 2.6: Konsequenter (globaler) Klimaschutz mit einer umgehend eingeleiteten Senkung der Emissionen, die der Erreichung der Ziele des Pariser Klimaabkommens entsprechen.

  — RCP 4.5: Mittlerer (globaler) Klimaschutz mit einer Reduktion der Emissionen, die jedoch nicht die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaabkommens ermöglichen.

  — RCP 8.5: Kein (globaler) Klimaschutz ohne die Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen.

Kostenrelevante und gesamtwirtschaftliche Aspekte

In Bezug auf die kostenrelevanten und gesamtwirtschaftlichen Analysen beinhalten die Systemgrenzen folgende Aspekte:

— Direkte Kosten (in CHF): Direkte, wirtschaftliche Schäden, soweit möglich immaterielle (nicht-marktbezogene) Schäden, Kosten für die Schadensbegrenzung und Anpassungskosten. Für die Kostenanalyse werden nur materielle Schäden berücksichtigt.

— Gesamtwirtschaftliche Effekte: Bei der gesamtwirtschaftlichen Modellierung werden aufgrund der Datenlage nur ausgewählte Klimarisiken betrachtet (Kapitel 3.5). Zudem werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte

[11] Die Studie betrachtet die Auswirkungen in der Zeitperiode 2060 gegenüber der Referenzperiode und betrachtet keine Entwicklung zwischen diesen beiden Perioden.

[12] CH2018-Webatlas (admin.ch) (konsultiert am 10.10.2024)

pro Klimarisiko modelliert.[13] Dabei bestehen die gesamtwirtschaftlichen Effekte sowohl aus:

  - Direkten Schadenskosten jeweils mit und ohne Anpassungskosten
  - Indirekten und induzierten Effekten, die sich aus den Verflechtungen zwischen Wirtschaftssektoren, Einkommenseffekten und weiteren Aspekten ergeben.
- Wirtschaftsbranchen gemäss der allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige (BFS, 2028): NOGA 2008
- Input-Output-Tabelle (IOT): Methodische Grundlage für die Modellierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Klimawandels.[14] Datengrundlage für das IO-Modell stellt die IOT des BFS aus dem Jahr 2017 (BFS, 2023).[15]

Für einzelne Klimarisiken wird von den hier definierten Systemgrenzen abgewichen. Dies beispielsweise, weil die für die Analyse genutzten Grundlagen andere Systemgrenzen definiert haben oder weil die Daten nicht für den definierten Zeitraum oder Emissionsszenarien verfügbar sind. Allfällige Abweichungen werden in den jeweiligen Kapiteln der Klimarisiken explizit erwähnt und begründet (Kapitel 4).

3.2 Betrachtete Klimarisiken

Herausforderungen und Klimarisiken

Der vorliegende Bericht hat basierend auf der zum Zeitpunkt der Analyse bestehenden Klimarisikoanalyse (BAFU, 2017) identifiziert, welche Klimarisiken in Bezug auf die Kosten des Klimawandels berücksichtigt werden können. Diese wurden mit den Zwischenresultaten der Aktualisierung der Klimarisikoanalyse durch Infras im Jahr 2025 geprüft und bestätigt (BAFU, 2025a). Der Prozess sowie die Kriterien zur Auswahl der betrachteten Klimarisiken ist im Anhang A1erläutert.

Die Analyse betrachtet folgende Herausforderungen und Klimarisiken in der Schweiz:

- Grössere Hitzebelastung: Beeinträchtigung menschlichen Gesundheit, Leistungseinbussen bei der Arbeit, Zunahme Kühlenergiebedarf
- Zunehmende Trockenheit: Ertragseinbussen in der Landwirtschaft, Wasserknappheit
- Steigende Schneefallgrenze: Ertragseinbussen im Wintertourismus
- Starkniederschläge: Sach- und Personenschäden
- Sturm- und Hagelereignisse: Sachschäden
- Klimawandel: Veränderung Wasserkraftproduktion, Beeinträchtigung von Waldleistungen

---

[13] Wichtig zu beachten ist dabei, dass die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen aller betrachteten Klimarisiken nicht der Summe der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen pro Klimarisiko entspricht. Grund dafür sind u.a. beispielsweise die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Klimarisiken sowie Wechselwirkungen der wirtschaftlichen Effekte der betrachteten Klimarisiken.

[14] Aufgrund unterschiedlicher datenbedingter Annahmen zur Modellierung der einzelnen Risiken wird, um die grösstmögliche Konsistenz zu bewahren, die heutige Wirtschaft der Schweiz modellhaft betrachtet.

[15] Es wurden die Daten für das Jahr 2017 verwendet, da noch keine aktuelleren Daten zur Verfügung standen.

Nicht berücksichtigte Risiken

Von den zwanzig relevanten Klimarisiken aus der zum Zeitpunkt der Analyse bestehenden Klimarisikoanalyse (BAFU, 2017) werden folgende Risiken im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet: Waldbrandgefahr, Beeinträchtigung der Wasser-, Boden- und Luftqualität, Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft, Beeinträchtigung der Gesundheit von Nutz- und Heimtieren und Wildcards. Die Gründe für die Nichtberücksichtigung dieser Risiken liegt grösstenteils in der Schwierigkeit, die damit zusammenhängenden Kosten und gesamtwirtschaftlichen Effekte abzuschätzen. Nähere Informationen diesbezüglich sind im Anhang A1 erläutert.

Ebenfalls nicht berücksichtigt sind Auswirkungen im Ausland, die indirekt auf die Schweiz einwirken. Diese werden im Rahmen des NCCS-Impact Projekts 2 mit einem Fokus auf die Auswirkungen auf die Lieferketten von Unternehmen modelliert und betrachtet.

Die in diesem Projekt identifizierten Auswirkungen und Kosten stellen somit lediglich einen Ausschnitt der gesamten, mit dem Klimawandel verbundenen Effekte dar. Für die Interpretation der Ergebnisse ist dies entsprechend zu beachten.

Wechselwirkungen zwischen den Klimarisiken

In Kapitel 4 werden die einzelnen Klimarisiken näher analysiert. Die quantitativen Analysen betrachten jedes Klimarisiko isoliert und berücksichtigen keine Wechselwirkungen mit anderen Klimarisiken. Dies aufgrund der unterschiedlichen Analysen und Modellierungen der Klimarisiken, die sich jeweils auf bestehende Grundlagen und Studien beziehen (Kapitel 2.3).

Da sich die Klimarisken durchaus gegenseitig beeinflussen, ist es wesentlich, die Klimarisiken nicht unabhängig voneinander zu betrachten. Abbildung 21 zeigt eine Übersicht der betrachteten Klimarisiken und die gegenseitigen Einflüsse in Bezug auf die Auswirkungen. Die Pfeile reflektieren dabei, inwiefern Auswirkungen eines Klimarisikos ein anderes Klimarisiko beeinflussen. Der Fokus liegt dabei auf den Wechselwirkungen, die direkt mit der jeweiligen Kombination aus Herausforderung und Klimarisiko zusammenhängen (siehe auch die jeweiligen Wirkungsketten in Kapitel 4). So führt beispielsweise die Abnahme der Waldleistungen infolge zunehmender Trockenheit unmittelbar dazu, dass Wälder ihre Schutzfunktion weniger wirksam erfüllen können. Dadurch steigt das Risiko von Personen- und Sachschäden infolge von Starkniederschlägen oder Sturmereignissen.

Nicht berücksichtigt werden hingegen Aspekte, die nicht in direktem Zusammenhang mit den jeweiligen Klimarisiken stehen. Zunehmende Starkniederschläge können beispielsweise zu einer Zunahme von Personenschäden führen, die sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken. Da diese Wirkung nicht in direktem Zusammenhang mit der hier betrachteten erhöhten Hitzebelastung steht, wird dies nicht berücksichtigt.

Ebenso werden Wechselwirkungen verbunden mit Anpassungsmassnahmen nicht hier abgebildet, wie beispielsweise der Nutzen von Massnahmen zur Verbesserung des Lokalklimas auf die Risiken der grösseren Hitzebelastung als auch die Starkniederschläge. Diese sind in Form von Synergien oder allfälligen Zielkonflikten in den jeweiligen Wirkungsketten in Kapitel 4 beschrieben.



Abbildung 21 Klimarisiken und Zusammenhänge. Quelle: eigene Darstellung.

3.3 Anpassungsmassnahmen

Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

Um den Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen, können Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel umgesetzt werden. Diese verfolgen das Ziel, die durch den Klimawandel generierten Schäden zu vermeiden oder zu minimieren, bzw. die daraus entstehenden Chancen zu nutzen. Dabei stehen folgende Aspekte im Vordergrund:

— Schutz von Menschen
— Schutz von Sachwerten
— Schutz von natürlichen Lebensgrundlagen
— Steigerung der Anpassungsfähigkeit der Gesellschaft, der Wirtschaft und der Umwelt

Die Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel müssen dabei zentrale Grundsätze erfüllen:

— Prinzipien der Nachhaltigkeit im Hinblick auf die ökologische, wirtschaftliche und soziale Dimension
— Keine gesellschaftlichen Gruppen benachteiligen (soziale Gerechtigkeit)
— Positive Auswirkungen auf die Umwelt und die Ökosystemleistungen
— Nicht im Widerspruch zu den Zielen der Treibhausgasreduktion stehen

Massnahmentabelle

Die in einem separaten Dokument zusammengetragene Liste der Anpassungsmassnahmen kombiniert bestehende Massnahmenlisten von unterschiedlichen Beteiligten. Dabei kann zwischen autonomen und geplanten Anpassungsmassnahmen unterschieden werden, wobei die autonomen Anpassungen selbstständig durch Private ohne staatliche Intervention entstehen und die geplanten Anpassungen aufgrund von politischen

Entscheidungen durch staatliche Intervention ausgelöst werden. Die Massnahmentabelle beinhaltet verschiedene Angaben, wie beispielsweise:

— Umsetzungsbeteiligte Akteure und Begünstigte
— Qualitative Einschätzung zur Wirksamkeit und der Angabe, ob die Wirkung der Massnahme im Bericht quantifiziert werden kann
— Wenn möglich quantitative Kostenabschätzungen
— Qualitative Einschätzung der gesamtwirtschaftlichen Wirkung
— Qualitative Bewertung der Massnahmen zu Robustheit, Nachhaltigkeit, finanzieller Tragbarkeit, Nebeneffekten, Flexibilität, Zielkonflikten zu Klimaschutz und -anpassung sowie Verteilungsgerechtigkeit

Maladaptation

Das Thema Fehlanpassung (Maladaptation) identifiziert die möglichen, negativen Auswirkungen der Massnahmen auf andere Systeme, Sektoren oder gesellschaftliche Gruppen (siehe Glossar). Diese wird über mehrere Kriterien der qualitativen Bewertung abgedeckt, je nachdem welche Aspekte betroffen sind. Dies entspricht damit den von Reckien et al. (2023) genannten Kriterien für die Analyse von Maladaptation.

Insbesondere zu beachten ist hierbei, dass es gewisse autonome Massnahmen zur Klimaanpassung gibt, die den oben genannten Aspekten und Grundsätzen nicht vollständig entsprechen. Beispielsweise verfolgt die Beschneiung in Skigebieten primär ökonomische Ziele im Sinne der Erhaltung der wirtschaftlichen Grundlage und Wettbewerbsfähigkeit und stellt die Grundsätze wie beispielsweise die Auswirkungen auf die Umwelt und Ökosystemleistungen in den Hintergrund. Bei der Klimatisierung von Innenräumen führt der vermehrte Einsatz von Klimaanlagen zu einer Zunahme des Energieverbrauchs und damit potenziell zur Erhöhung der Treibhausgasemissionen. Dies widerspricht somit den Zielen der Schweizer Klima- und Energiepolitik.

Diese Aspekte werden in den folgenden Kapiteln jeweils im Abschnitt der Maladaptation beschrieben.

3.4 Kosten des Klimawandels

Wirkungskette Schäden, Kosten und Beteiligte

Die Bewertung der erwartbaren Kosten durch den Klimawandel verwendet Bottom-up-Analysen einzelner Klimawirkungsketten. Diese werden in einer Wirkungskette dargestellt, die verschiedene Aspekte beinhaltet (siehe die jeweiligen Wirkungsketten pro Klimarisiko im Kapitel 4). Jedes Klimarisiko berücksichtigt folgende Aspekte:

— Auswirkungen Klimawandel: Effekte des Klimawandels auf das jeweilige Klimarisiko mit den entsprechenden Klimaindikatoren und Schadensindikatoren. Den Schadensindikatoren sind die Anpassungsmassnahmen zugeordnet, die die Schäden vermindern als auch allfällige vulnerable Gruppen, die von den Schäden betroffen sind.
— Schadenskosten: Monetäre Schäden, die sich aus den zuvor analysierten Auswirkungen ergeben, beziehungsweise durch die Anpassung reduziert werden. Dabei werden nur Auswirkungen betrachtet, die monetarisiert werden können. Da viele Auswirkungen nicht direkt monetarisiert werden können, aber indirekte Kosten auslösen, werden diese nicht

berücksichtigt. Dies sind beispielsweise mentale Folgen der Hitzebelastung. Die für die Analyse berücksichtigten Kosten sind in den spezifischen Klimarisiken aufgeführt.

— Anpassungsmassnahmen und -kosten: Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Auswirkungen und damit zusammenhängenden Kosten der Massnahmen zur Schadensminderung. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass für die Kostenabschätzungen nur Anpassungsmassnahmen berücksichtigt werden, die basierend auf bestehenden Grundlagen und Informationen monetarisiert werden können. Diese beinhalten jeweils Investitions- und Betriebskosten. Für die einzelnen Anpassungsmassnahmen sind ausserdem Synergien und Zielkonflikte identifiziert, die sich aus deren Umsetzung ergeben könnten. Entweder zu anderen Klimarisiken oder weiteren Aspekten, wie beispielsweise Umwelt- oder Klimaschutz, Biodiversität oder Lärmschutz.

Diskontfaktor Kosten

Die Schadens- und Anpassungskosten werden in inflationsbereinigten, realen Schweizer Franken (CHF) 2023 ausgedrückt. Der Diskontfaktor für zukünftige Kosten beträgt gemäss den Vorgaben im Programmrahmen des NCCS 0 %.

Beteiligte

Zusätzlich wird abgeschätzt, welche Beteiligten die Schadens- und Anpassungskosten tragen:

— Öffentliche Hand: Bund, Kantone, Gemeinden

— Privatwirtschaft: je nach Risiko sind dies unterschiedliche Beteiligte, wie z.B. die Tourismusbranche, Versicherungen oder Unternehmen

— Haushalte

3.5 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der einzelnen Klimarisiken analysiert, wie sich die zuvor berechneten Schadens- und Anpassungskosten auf die Gesamtwirtschaft auswirken.

Gesamtwirtschaftliche Wirkungsketten

Zur Illustration der Effekte werden für die analysierten Klimarisiken zwei gesamtwirtschaftliche Wirkungsketten erstellt und beschrieben (siehe die jeweiligen gesamtwirtschaftlichen Wirkungsketten pro Klimarisiko im Kapitel 4).

— Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte ohne Anpassung an den Klimawandel: Die Wirkungskette identifiziert die direkten und indirekten gesamtwirtschaftlichen Effekte der Schadensindikatoren und zeigt ihre Interaktion sowie deren Auswirkung auf die Gesamtwirtschaft. Ergänzend werden weitere Auswirkungen und sozioökonomische Rahmenbedingungen erfasst.

— Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte mit Anpassung an den Klimawandel: Die Wirkungskette ergänzt die erste gesamtwirtschaftliche Wirkungskette mit den Anpassungsmassnahmen und bildet ihre Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft ab.

Ziel der Wirkungsketten ist es, eine Grundlage für die anschliessende Modellierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der Klimarisiken zu bilden.

Modellierung

Die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte für einzelne Klimarisiken erfolgt schliesslich anhand einer IO-Modellierung für die beiden Emissionsszenarien mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) (siehe Abbildung 22). Diese simuliert die Verflechtung der Wirtschaft und zeigt die Effekte auf, die durch die Schadens- und Anpassungskosten entlang dieser Verflechtungen ausgelöst werden.

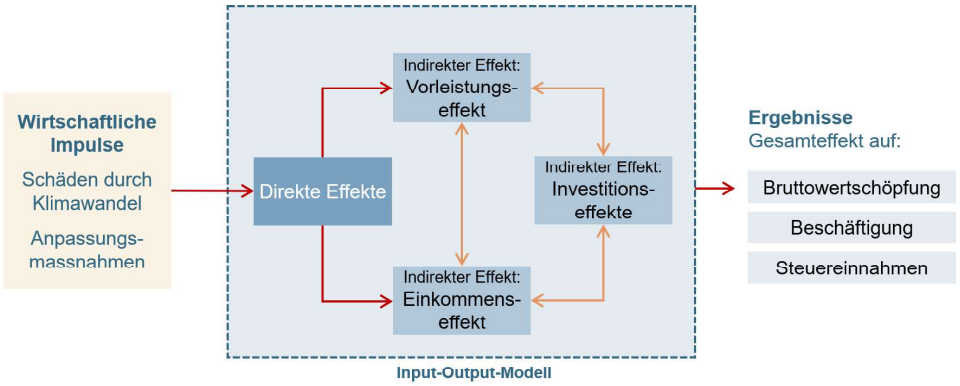


Abbildung 22 Schema der angewandten Input-Output-Modellierung. Quelle: eigene Darstellung.

Wirtschaftliche Impulse

Zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen Effekte werden die Schadens- und Anpassungskosten als wirtschaftliche Impulse übersetzt und in das IO-Modell aufgenommen. Die Herleitung der wirtschaftlichen Impulse beinhalten folgende Aspekte:

— Initiale Schadens- und Anpassungskosten (ursprünglicher Effekt)

— Verteilung der initialen Kosten auf die Beteiligten (initial getragen von):

  — Öffentliche Hand: Kosten, die durch den Bund, die Kantone oder Gemeinden übernommen werden. Dies sind zum Beispiel die Auszahlung von höheren Subventionen oder die Finanzierung der Anpassungsmassnahmen.

  — Privatwirtschaft: Kosten, die bei der Privatwirtschaft anfallen, wie zum Beispiel Reparaturkosten von Sachschäden.

  — Haushalte: Kosten der Haushalte, wie beispielsweise der Kauf von Kühlanlagen oder Gebäudeschutzmassnahmen.

— Überwälzung auf andere Beteiligte, die schlussendlich die Kosten tragen:

  — Öffentliche Hand: Die öffentliche Hand kann die Kosten durch Steuererhöhungen an Haushalte weitergeben.

  — Privatwirtschaft: Die Privatwirtschaft kann die Kosten einerseits selbständig tragen, durch Rückstellungen oder verminderte Investitionen, oder andererseits durch höhere Preise oder Versicherungsprämien an Haushalte weitergeben.

  — Haushalte: Haushalte tragen neben ihren eigenen Schadens- und Anpassungskosten auch die möglichen Initialaufwände der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft, wenn diese schlussendlich auf sie überwälzt werden.

— Reaktion der Beteiligten auf die anfallenden Kosten: Die zusätzlichen Kosten führen zu Verhaltensänderungen bei den jeweiligen Beteiligten, wie beispielsweise Konsumanpassungen.

Direkte Effekte

Die direkten Effekte werden durch alle Aktivitäten ausgelöst, die direkt durch den Klimawandel und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels bei den Betroffenen entstehen (rote Pfeile in Abbildung 22):

— Schäden durch Klimawandel: Schäden, die durch den Klimawandel verursacht werden (ohne Anpassung), beziehungsweise die verbleibenden Schadenskosten mit Anpassung.

— Anpassungsmassnahmen: Ausgaben für Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Indirekte Effekte

Die indirekten Wirkungen entstehen durch drei Effekte, die im Folgenden beispielhaft aufgezeigt sind (orange Pfeile in Abbildung 22)[16]:

— Vorleistungseffekt: Die Beteiligten kaufen zur Behebung der Schäden oder der Anpassungsmassnahmen Güter und Dienstleistungen von anderen Betrieben ein. Dies sind beispielsweise Rohstoffe, Bauteile oder technische Services. Diese Zuliefererbetriebe benötigen wiederum Vorleistungen, wodurch sich eine weit verzweigte Lieferkette entwickelt. Jede Stufe in dieser Kette führt zu zusätzlicher wirtschaftlicher Aktivität.

— Investitionseffekt: Neben Vorleistungen benötigen die Unternehmen Investitionsgüter für den Ersatz oder die Erweiterung ihres Kapitalstocks der Produktionsanlagen. Mit der Produktion ist die Abnutzung von Produktionsanlagen und anderen Investitionsgütern verbunden, die von Zeit zu Zeit ersetzt werden müssen. An der Herstellung der Investitionsgüter sind wiederum Unternehmen in entsprechenden Lieferketten beteiligt. Der Investitionseffekt berücksichtigt diese Produktion von Investitionsgütern einschliesslich der beteiligten Lieferketten. Das bedeutet wiederum zusätzliche Bruttowertschöpfungs-, Beschäftigungs- und Steuereffekte durch die Produktion von Investitionsgütern.

— Einkommenseffekt: Dieser entsteht durch die Löhne und Gehälter der Beschäftigten in den Unternehmen und ihren Zulieferern. Ein grosser Teil dieser Einkommen (nach Abzug von Steuern und Sparleistungen) wird konsumiert, also für den Kauf von Waren und Dienstleistungen verwendet. Dies wiederum fördert die Nachfrage und Produktionsaktivitäten in anderen Branchen mit entsprechenden Auswirkungen auf deren Vorleistungen und Investitionen.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte werden mit drei Indikatoren dargestellt:

— Bruttowertschöpfung: Veränderung des Mehrwerts der erzeugten Güter und Dienstleistungen aufgrund der Schadens- und Anpassungskosten. Positive Werte deuten auf eine Erhöhung der erzeugten Güter und Dienstleistungen hin, negative Werte auf eine Verringerung.

---

[16] Die indirekten Effekte beinhalten in dieser Analyse für die einfachere Verständlichkeit sowohl die indirekten als auch die induzierten Effekte (Einkommenseffekt, der sich aus den anderen direkten und indirekten Effekten ergibt).

— Beschäftigung: Veränderung der Anzahl der Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten (VZÄ). Positive Veränderung deutet auf eine Erhöhung der Arbeitsplätze hin und negative Veränderungen auf eine Kürzung der Arbeitsplätze.

— Steuereinnahmen: Veränderung der Steuereinnahmen der öffentlichen Hand. Dieser Indikator betrifft ausschliesslich diejenigen Auswirkungen auf die Steuereinnahmen, die durch die indirekten Effekte durch die Kosten, beziehungsweise Schäden der Klimarisiken ausgelöst werden.

Reaktion der Haushalte und Verteilungseffekte

Bei der Betrachtung der Kosten für Haushalte, insbesondere nach Überwälzung der Initialaufwände, wird jeweils das Verhalten verschiedener Haushaltsgruppen, unterschieden nach Einkommensquintilen betrachtet. Dabei werden die gesamten Schadens- und Anpassungskosten auf die Einkommensquintile aufgeteilt und die Reaktionen der Haushalte unter Verwendung von Preis- und Einkommenselastizitäten nach Konsumgruppen (COICOP, *Classification of Individual Consumption According to Purpose*) bestimmt. Die Verringerung des Konsums wird anschliessend als wirtschaftlicher Impuls für das IO-Modell verwendet. Gleichzeitig zeigt sich, wie stark die einzelnen Einkommensgruppen von den Schäden und den Anpassungskosten betroffen sind und zu einem Konsumverzicht und damit zu einer Einschränkung ihres Konsums insgesamt führt. Als gleichbleibende Annahme bei den Klimarisiken bleibt bei den Konsumreaktionen der Sparbetrag der Haushalte unverändert.

Verwendete Datengrundlagen

Die Modellierung verwendet neben der IO-Tabellen und der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) die folgenden Daten für alle Klimarisiken:

— Aktuell verfügbare Haushaltsbudgeterhebung (HABE) (BFS, 2024a): Die HABE erfasst die Einnahmen und Ausgaben von Haushalten und unterscheidet dabei verschiedene Haushaltstypen. Sie ist die Grundlage für die Konsumanpassungen der Haushalte.

— Preis- und Einkommenselastizitäten (interne Datenbank, EBP): Die Bestimmung der Elastizitäten erfolgt auf Ebene der COICOP-Gruppen, wobei diese nur vereinfacht geschätzt werden können:

  — Die Einkommenselastizität gibt die Nachfrageveränderung nach einem Gut bei einer Änderung des Einkommens an. Eine Einkommenselastizität von 0.5 bedeutet beispielsweise, dass die Nachfragemenge eines Gutes um anteilsmässig 0.5 % steigt, wenn das Einkommen um 1 % steigt.

  — Die Preiselastizität sagt aus, wie stark sich die Nachfrage nach einem Gut bei einer Preisveränderung ändert. Bei einer Preiselastizität von beispielsweise -0.2, bewirkt eine Preiserhöhung um 1 % einen negativen Effekt von 0.2 % auf die Nachfragemenge des Gutes.

Gütergruppe (COICOP)	Einkommenselastizität	Preiselastizität
01: Nahrungsmittel und alkoholfreie Getränke	0.50	-0.20
02: Alkoholische Getränke und Tabakwaren	1.25	-1.15
03: Bekleidung und Schuhe	1.00	-0.75
04: Wohnung, Wasser, Strom, Gas und andere Brennstoffe	0.50	-0.20

Gütergruppe (COICOP)	Einkommenselastizität	Preiselastizität
05: Möbel, Leuchten, Geräte und Haushaltszubehör	1.25	-1.15
06: Gesundheit	1.25	-0.20
07: Verkehr	1.25	-1.15
08: Information und Kommunikation	1.25	-1.15
09: Freizeit, Sport und Kultur	1.25	-1.15
10: Bildungswesen	1.25	-1.15
11: Gaststätten- und Beherbergungsdienstleistungen	1.25	-1.15
12: Andere Waren und Dienstleistungen	1.25	-1.15

Tabelle 1 Verwendete Einkommens- und Preiselastizitäten nach Gütergruppen. Quelle: interne Datenbank EBP.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Grundsätzlich bestehen bei der Modellierung die gleichen Limitationen wie allgemein bei IO-Modellen. Zusätzlich werden für einzelne Klimarisiken für die Übersetzung der Schadens- und Anpassungskosten sowie der damit verbundenen Reaktionen der Beteiligten stark vereinfachende Annahmen getroffen (Kapitel 4). Die folgenden Überlegungen liegen allen Klimarisiken zugrunde und sind für ein besseres Verständnis wesentlich:

— Annahme eines gleichbleibenden Sparbetrags: Um die zusätzlichen Ausgaben im Zusammenhang mit den Schadens- und Anpassungskosten zu finanzieren, wird angenommen, dass Haushalte weniger konsumieren und weiterhin gleichviel sparen. Wie stark der Konsum einzelner Güter zurückgeht, richtet sich dabei nach den Preis- beziehungsweise Einkommenselastizitäten der einzelnen Gütergruppen. In Realität würden Haushalte vermutlich zumindest zu Beginn auch weniger sparen und ihren Konsum weniger stark einschränken. Erst nach einer gewissen Zeit würden sie sich an die neue Situation anpassen und ihren Konsum stärker reduzieren, um weiterhin genug Ersparnisse zu haben. Im Modell wird jedoch eine Diskontrate von 0 % verwendet, wodurch heutiger und zukünftiger Konsum gleich gewichtet werden. Da es in dieser Studie darum geht die Schäden im Jahr 2060 abzubilden, wird aufgrund der Diskontrate der zukünftige Konsumverzicht in die Gegenwart vorgezogen. Dadurch bleiben die Endergebnisse trotz der vereinfachenden Annahme plausibel, auch wenn die Anpassung des Sparbetrags über die Zeit nicht explizit modelliert wird.

— Auswirkungen der Rückstellungen und Reservebildung: Durch das Bilden von Rückstellungen verringern sich Konsum, Staatsausgaben und Investitionen von Unternehmen. Diese werden später zur Beseitigung der Schäden beziehungsweise bereits frühzeitig für die Anpassungen an den Klimawandel der Wirtschaft wieder zugeführt. Die Deckung der Schadens- und Anpassungskosten entziehen somit Mittel, die sonst für produktive und wachstumsfördernde Investitionen genutzt werden könnten, und als Folge wiederum langfristige, positive gesamtwirtschaftliche Effekte hätten. Das Modell berücksichtigt diesen Verlust an langfristigen Wachstumschancen jedoch nicht.

4. Kosten des Klimawandels für ausgewählte Klimarisiken

Kapitelstruktur

In den folgenden Abschnitten ist jedes Klimarisiko beschrieben. Die Kapitel sind jeweils identisch aufgebaut und beinhalten folgende Aspekte:

— Übergeordnete Beschreibung des Klimarisikos (Kapitel 4.x.1): Ausgangslage und Stand der Literatur, inkl. Wirkungskette zu den Schäden, Kosten und Beteiligten des Risikos

— Auswirkungen des Klimawandels (Kapitel 4.x.2): Analyse und Ergebnisse, inkl. Identifikation der vulnerablen Gruppen

— Anpassung an den Klimawandel (Kapitel 4.x.3): Liste der Anpassungsmassnahmen, Maladaptation, Analyse und Ergebnisse

— Kosten des Klimawandels (Kapitel 4.x.4): Schadenskosten, Kosten der Anpassungen an den Klimawandel und daraus reduzierte Schadenskosten

— Gesamtwirtschaftliche Effekte (Kapitel 4.x.5): Wirkungskette zu gesamtwirtschaftlichen Effekten und Einordnung der Ergebnisse

— Weiterführende Analysen (Kapitel 4.x.6)

Detaillierte Informationen zu den einzelnen Klimarisiken und Modellierungsergebnissen sind in den jeweiligen technischen Berichten (separate Dokumente) integriert.

Berechnungsschritte der Kosten des Klimawandels

Das grundlegende Vorgehen zur Bestimmung und Beschreibung der jeweiligen Aspekte ist in nachfolgender Grafik dargestellt. Dabei ist auch aufgezeigt, wie diese mit den entsprechenden Modulen des Projekts zusammenhängen.

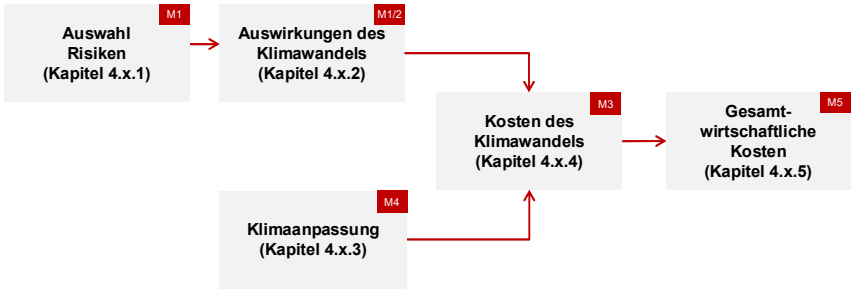


Abbildung 23 Schematische Darstellung der jeweiligen Berechnungsschritte und der dazu gehörigen Projektmodule (rote Boxen). Quelle: eigene Darstellung.

Methoden zur Kostenberechnung

Aufgrund der Datenverfügbarkeit und der Studienlage ist es nicht für jedes Klimarisiko möglich, alle Aspekte für alle Klimarisiken zu quantifizieren. Gewisse Klimarisiken oder Teilaspekte gewisser Klimarisiken werden daher rein qualitativ beschrieben oder es werden grobe, plausible Annahmen über quantitative Grössen und deren zeitliche Entwicklung getroffen. Abbildung 24 zeigt auf, welche Klimarisiken wie beurteilt werden.

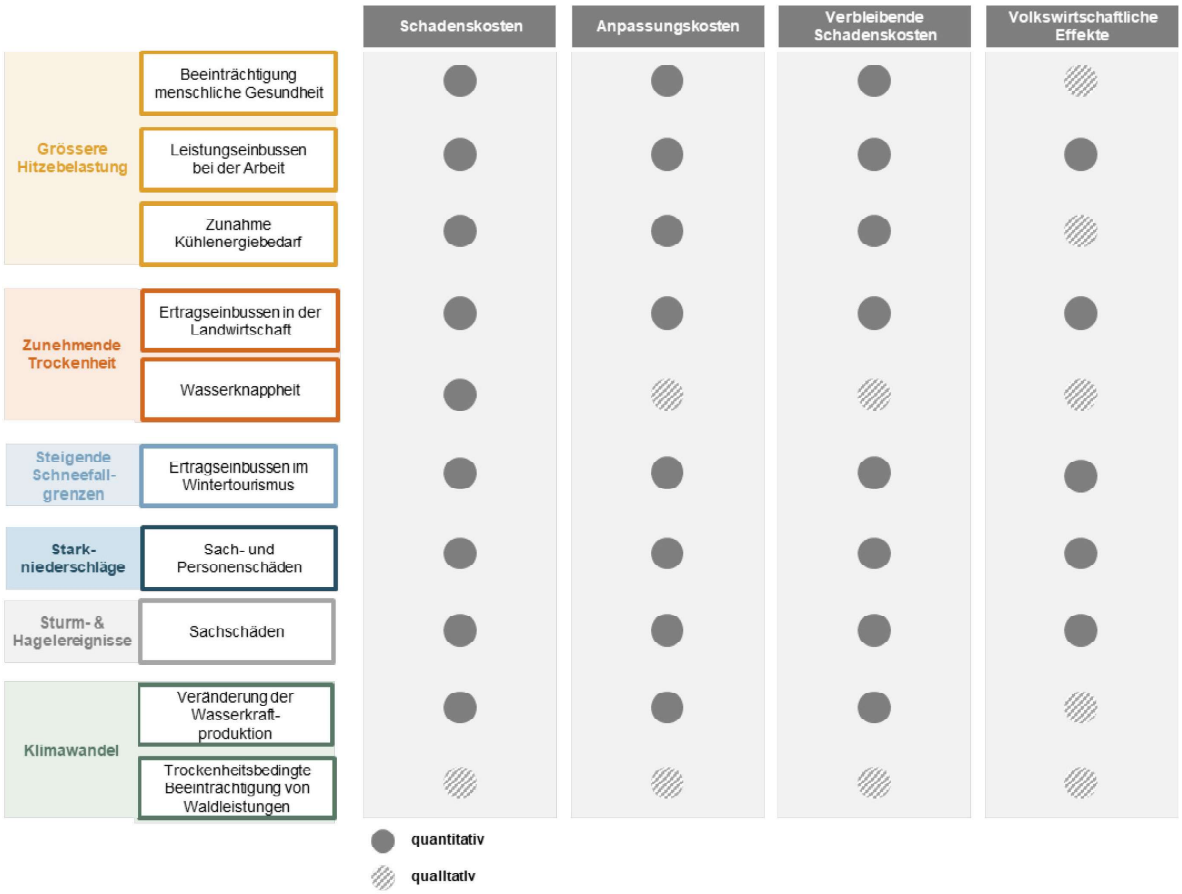


Abbildung 24 Klimarisiken und Art der Kostenberechnung. Quelle: eigene Darstellung.

Die Schadens- und Anpassungskosten sowie die daraus resultierenden, verbleibenden Schadenskosten können für fast alle analysierten Klimarisiken berechnet werden. Ausnahme bilden die trockenheitsbedingten Beeinträchtigungen der Waldleistungen, die ausschliesslich qualitativ betrachtet und die Wasserknappheit, bei der nur die Schadenskosten abgeschätzt werden.

Die volkswirtschaftlichen Effekte sind nur für fünf Klimarisiken berechnet. Für die anderen Klimarisiken liegen keine Kostenschätzungen vor oder die Schadens- oder Anpassungskosten können aufgrund fehlender Daten und Grundlagen nicht in volkswirtschaftliche Impulse übersetzt werden.

4.1 Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung

Die zunehmenden Folgen des Klimawandels stellen eine Belastung für die menschliche Gesundheit dar, wobei Hitze zu einem der gefährlichsten klimabedingten Stressfaktoren zählt (Romanello et al. 2024, Cissé et al. 2022). Gemäss der Klima-Risikoanalyse ist für die Schweiz die Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch die zunehmende Hitzebelastung das grösste Klimarisiko (BAFU, 2025a). Erhöhte Temperaturen und Luftfeuchtigkeit stehen in engem Zusammenhang mit schweren Herz-Kreislauf-, Atemwegs-, psychischen und neurologischen Erkrankungen. Hitze verursacht nicht nur akute Gesundheitsprobleme wie Erschöpfung und Hitzschlag, sondern verschärft auch bestehende Erkrankungen, insbesondere bei gefährdeten Bevölkerungsgruppen wie älteren Menschen, chronisch Kranken, kleinen Kindern, Schwangeren sowie Personen, die im Freien arbeiten (Wu et al. 2023, Sisodiya 2023, Louis et al. 2023, Zammit et al. 2021, Amiri et al. 2021). Die gesundheitlichen Auswirkungen extremer Hitze beschränken sich nicht auf den Tag der Exposition, sondern können mehrere Tage anhalten und erhöhen die entsprechenden Auswirkungen. Tropische Nächte, bei denen die Temperaturen nicht unter 20 °C sinken, erschweren die nächtliche Erholung und erhöhen das Sterberisiko zusätzlich (Ragettli et al. 2017, He et al. 2022).

In der Schweiz sind diese Gefahren zunehmend sichtbar geworden: In den heissen Sommern 2003, 2015, 2018 und 2019 kam es zu deutlich erhöhten Sterberaten (Ragettli et al., 2025). Allein im Jahr 2003 wurden rund 1’400 zusätzliche Todesfälle verzeichnet. Dies entspricht einem Anteil an der Gesamtsterblichkeit zwischen Mai und September von 5.6 % (Ragettli et al. 2023). Ähnliche Entwicklungen in den Jahren 2015 und 2019 unterstreichen die wachsende gesundheitliche Belastung, wobei häufig Herz-Kreislauf-Versagen, Atemnot und Nierenfunktionsstörungen als Komplikationen auftreten. Auch die Zahl der Notfallaufnahmen in Krankenhäusern nahm während dieser Zeiträume deutlich zu und macht den Zusammenhang zwischen grosser Hitze und einem Anstieg von Infektions-, Verdauungs- sowie urogenitalen Erkrankungen deutlich, ebenso wie die Belastung der Gesundheitssysteme insgesamt (Schulte et al. 2024).

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der grösseren Hitzebelastung auf die menschliche Gesundheit, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Beeinträchtigung menschlichen Gesundheit durch grössere Hitzebelastung: Schäden, Kosten und Beteiligte

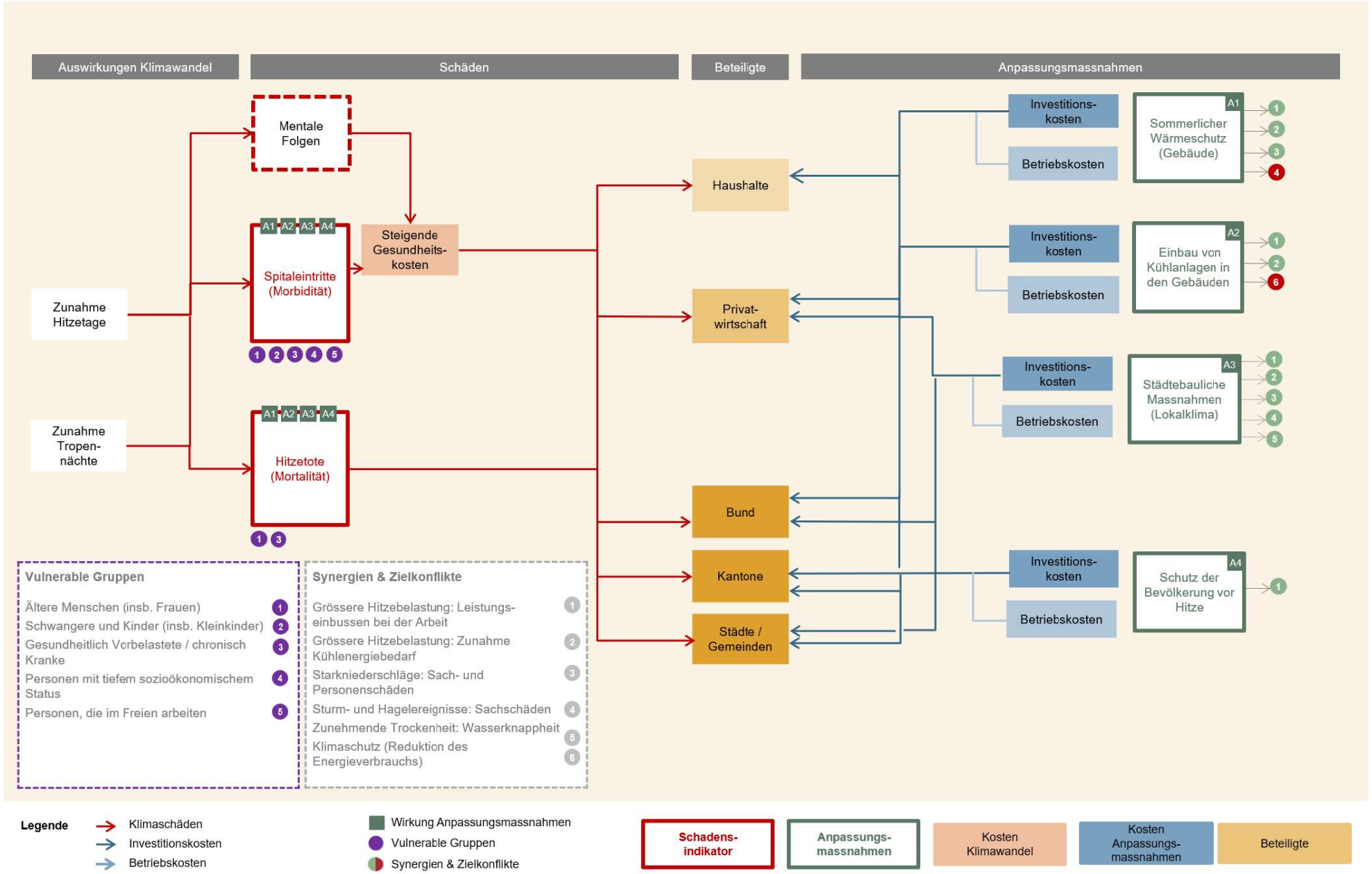


Abbildung 25 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Darstellung.

4.1.1 Auswirkungen des Klimawandels

Die Auswirkungen der grösseren Hitzebelastung auf die menschliche Gesundheit ergeben sich durch den zuordenbaren Anteil der Sterblichkeit (Mortalität) und Notfallaufnahmen im Spital (Morbidität).

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Die Modellierung erfolgt anhand eines *Distributed Lag Non-Linear Models* (DLNM). Diese bildet die nichtlineare und verzögerte Beziehung zwischen Temperatur und gesundheitlichen Auswirkungen ab. Das DLNM basiert auf zeitlich hochaufgelösten Daten und berücksichtigt die Unsicherheiten der Schätzungen explizit.

— Mortalität: Die Modellierung erfolgt separat für drei Kategorien:
  — Personen unter 75 Jahre
  — Personen über 75 Jahre
  — alle Altersgruppen

  Die Anzahl der hitzebedingten Todesfälle wird für jedes Emissionsszenario bestimmt. Dabei werden pro Emissionsszenario der Medianwert, das 10. (unteres) Perzentil und 90. Perzentil (oberes) Perzentil aufgeführt. Diese geben den Unsicherheitsbereich der Modellschätzung wieder und verdeutlichen, dass insbesondere bei extremen Temperaturen die Schätzunsicherheit zunimmt.

— Morbidität: Die Modellierung erfolgt separat für fünf Kategorien:
  — 0–14 Jahre
  — 15–64 Jahre
  — 65–74 Jahre
  — über 75 Jahre
  — alle Altersgruppen

  Die Anzahl der hitzebedingten Notfallaufnahmen wird für jedes Emissionsszenario angegeben. Wie bei der Mortalität, werden pro Szenario der Median, sowie das 10. (unteres) Perzentil und 90. (oberes) Perzentil aufgeführt.

Auswirkungsindikatoren

Für die Modellierung werden folgende Indikatoren analysiert:

— Mortalität: Relatives Risiko (RR) der täglichen Sterblichkeit in Bezug auf die Maximaltemperatur (Tmax) zwischen Mai und September. Gemäss de Schrijver et al. (2024) entsprechen hitzebedingte Todesfälle allen Todesfällen, die an Tagen mit einer Tmax oberhalb der für jeden Kanton bestimmten minimalen Mortalitätstemperatur (*Minimum Mortality Temperature*, MMT) auftreten. Die minimale Mortalitätstemperatur variiert je nach Kategorie (d. h. alle Altersgruppen, <75 und >75).

— Morbidität: Relatives Risiko (RR) der täglichen Anzahl der Notfallaufnahmen in Bezug auf die Maximaltemperatur (Tmax) zwischen Mai und September. Gemäss Schulte et al. (2024) entsprechen hitzebedingte Notfallaufnahmen dem Anteil aller Notfallaufnahmen, die auf Hitze zurückzuführen sind. Dieser auf die Hitze zurückzuführende Anteil wird für jede der fünf Kategorien (hinsichtlich Altersgruppen, siehe oben) berechnet.

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Analyse der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Mentale Folgen der Hitzebelastung: Hitze hat einen Einfluss auf das Wohlbefinden der Bevölkerung und führt zu Unwohlsein, Schlafmangel und potenziell zu Aggressionen und impulsivem Verhalten. Die Daten zu den Notaufnahmen umfassen auch Fälle im Zusammenhang mit psychischen Erkrankungen wie psychische Störungen und Verhaltensstörungen. Diese Daten werden nicht isoliert behandelt, sondern mit allen anderen Diagnosen zusammengefasst betrachtet. Weitere mentale Folgen der Hitzebelastung werden aufgrund fehlender Daten nicht betrachtet.

— Vermehrte Konsultationen bei Apotheken, Hausärzten und weiteren Gesundheitsinstitutionen: Hitze kann bestehende Grunderkrankungen verstärken. Während Hitzeperioden nehmen dadurch Konsultationen in verschiedenen Gesundheitsinstitutionen zu. Die Zuordnung dieser Konsultationen zur grösseren Hitzebelastung ist jedoch schwierig, da diese oft kombiniert sind mit anderen Erkrankungen und Symptomen. Erhebungen bei den entsprechenden Institutionen fehlen und können daher nicht berücksichtigt werden.

— Weitere Auswirkungen, wie beispielsweise Ausfälle bei der Arbeit, werden nicht berücksichtigt. Die Zuordnung dieser Aspekte ist sehr schwierig und bisher nicht erhoben (siehe weitere Hinweise in Kapitel 4.2).

— Hitze führt zu einer allgemeinen Beeinträchtigung der Lebensqualität, insbesondere bei vulnerablen Personengruppen. Solche Auswirkungen lassen sich nicht direkt modellieren und werden in den Modellierungen nicht berücksichtigt.

Abweichungen der Systemgrenzen

Folgende Aspekte weichen von der übergeordneten Systemgrenze ab:

— Referenzperiode: Aufgrund der fehlenden Daten der Referenzperiode nutzt die Modellierung ein Zwanzigjahresintervall von 2000 – 2019.

— Zukunftsperiode: Aufgrund der angepassten Referenzperiode entspricht die Zukunftsperiode analog zwanzig Jahren mit dem Jahr 2060 als zentrales Jahr: 2050-2069.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Statistik der natürlichen Bevölkerungsbewegung (BFS 2024b): Tägliche Zahl der Todesfälle in 26 Kantonen für den Zeitraum 1995-2020 für Personen unter und über 75 Jahre. Für die Kalibrierung wird der Zeitraum 1995–2019 genutzt. Die Ergebnisse sind mit NCCS-Impacts Projekt 4 (Gesundheit Mensch und Tier) abgeglichen.

— Medizinische Statistik der Krankenhäuser (BFS 2016 and BFS 2020): Tägliche Notfallaufnahmen in Spitälern in 26 Kantonen für den Zeitraum 1998-2022 für die Kategorien Frauen und Männer und für die folgenden Altersgruppen: 0-14, 15-64, 65-74 und 75+. Für die Kalibrierung wird der Zeitraum 1998–2019 genutzt und die Ergebnisse sind mit bestehenden Studien auf Konsistenz überprüft (Schulte et al. 2024).

— Tägliche Maximaltemperatur (Tmax) von 26 Wetterstationen von Mai bis September (CH 2018, 2018): Ein Datenpunkt pro Kanton.

Sozioökonomische Daten

Für die Modellierung werden keine spezifischen sozioökonomischen Annahmen und Daten angewandt. Sozioökonomische Veränderungen, wie zum Beispiel die demografische Entwicklung und das Bevölkerungswachstum, werden explizit aus der Modellierung ausgeschlossen, um den Nettoeffekt des Klimawandels aufzeigen zu können.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu berücksichtigen:

— Aufgrund weniger Beobachtungen bilden die Ergebnisse möglicherweise nicht genau die Gesundheitsreaktionen insbesondere in kleinen Kantonen sowie gewisser Altersgruppen ab.

— Die verwendeten Temperaturdaten entsprechen einem Datenpunkt pro Kanton und können die Temperatur an bestimmten Orten, vor allem in grossen Kantonen oder Kantonen mit grossen Temperaturunterschieden, unter- oder überschätzen.

— Das Bevölkerungswachstum und der demographische Wandel werden in der Modellierung der zukünftigen Mortalität und Morbidität nicht berücksichtigt. Aufgrund des künftigen Wachstums der besonders betroffenen Altersgruppen sind die Ergebnisse somit tendenziell unterschätzt. Die Ergebnisse von NCCS-Impacts Projekt 4 bestätigen, dass die Auswirkungen des Bevölkerungswachstums auf die zukünftige Mortalität deutlich grösser sind als jene des Klimawandels selbst.

Ergebnisse

Mortalität

Abbildung 26 zeigt beispielhaft das RR (relative Risiko) der täglichen Sterblichkeit für die über 75-jährigen von 2020 bis 2070 für den Kanton Zürich. Die Linie zeigt die Medianwerte des jeweiligen Emissionsszenarios.

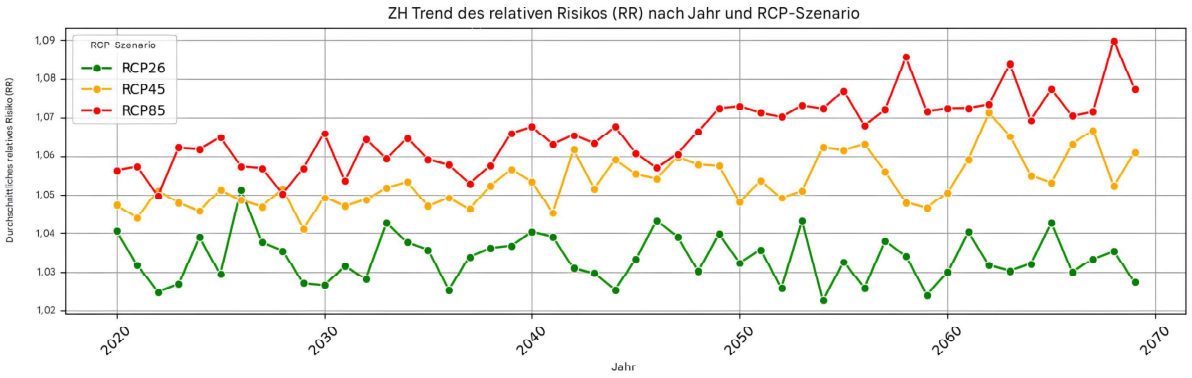


Abbildung 26 Trend des relativen Risikos (RR) der täglichen Sterblichkeit für 75+ in Kanton Zürich pro Jahr und für die drei Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6, grün) bleibt das RR der täglichen Sterblichkeit bei etwa 1,02–1,04. Ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5, rot) weist das RR einen zunehmenden Trend ab dem Jahr 2050 auf, wobei der Medianwert des RR von rund 1,06 im Jahr 2020 auf etwa 1,07 bis 2060 steigt.

Tabelle 2 zeigt die projizierte kumulierte Anzahl hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz pro Altersgruppe unter verschiedenen Emissionsszenarien im Vergleich zur Referenzperiode. In den eckigen Klammern sind die

Unsicherheitsbereiche (niedriges und hohes Perzentil) angegeben, während die Prozentangaben den relativen Anstieg im Vergleich zur Referenzperiode für den Median wiedergeben.

Anzahl hitzebedingter Todesfälle (kumulierte Werte von 20 Jahren), [niedriges und hohes Perzentil]					
Indikator	**Szenario**	Altersgruppe <75	Veränderung ggü. Referenz	Altersgruppe >75	Veränderung ggü. Referenz
Hitzetote	Referenz	626		4’855	
	RCP 2.6	1'605 [871-2’407]	+ 156 %	5’700 [1’413-12’630]	+ 17 %
	RCP 4.5	3'031 [1399-4238]	+ 384 %	9’007 [2’256-11’560]	+ 85 %
	RCP 8.5	4’238 [2’087-7’114]	+ 576 %	11’560 [2’263 – 27’550]	+ 138 %

Tabelle 2 Anzahl hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien und für zwei Alterskategorien. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Tabelle zeigt, dass die Altersgruppe der über 75-Jährigen deutlich stärker von hitzebedingten Todesfällen betroffen sind als die unter 75-Jährigen. Mit zunehmendem Emissionsszenario steigen die Todesfälle deutlich an, wobei die unter 75-Jährigen einen deutlich stärkeren Anstieg verzeichnen mit über 500% als die über 75-Jährigen. Absolut bleiben die über 75-Jährigen jedoch weiterhin die meistbetroffene Altersgruppe.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse einer separaten Modellierung für alle Altersgruppen. Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlage für diese Modellierung entsprechen die Ergebnisse der Kategorie alle Altersgruppen nicht der Summe der beiden Altersgruppen über und unter 75-Jährigen.

Anzahl hitzebedingter Todesfälle (kumulierte Werte von 20 Jahren), [niedriges und hohes Perzentil]			
Indikator	**Szenario**	Alle Altersgruppen	Veränderung ggü. Referenz
Hitzetote	Referenz	5’116	
	RCP 2.6	7’846 [3’380-15’962]	+ 51 %
	RCP 4.5	13’330 [5’635-29’893]	+ 159 %
	RCP 8.5	17’755 [7’546-37’987]	+ 244 %

Tabelle 3 Anzahl hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien und für alle Altersgruppen. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.

In der Referenzperiode werden insgesamt 5'116 hitzebedingte Todesfälle über 20 Jahre modelliert. Dies entspricht 256 hitzebedingten Todesfällen pro Jahr. Unter dem Emissionsszenario RCP 2.6 steigt die Gesamtzahl der Todesfälle auf 392 pro Jahr (+51 %), unter RCP 4.5 auf 666 (+159 %) und unter RCP 8.5 auf 887 (+244 %). Insgesamt verdeutlicht die Tabelle, dass ohne wirksame, globale Klimaschutzmassnahmen mit einem deutlichen Anstieg hitzebedingter Mortalität in der Schweiz zu rechnen ist.

Die Modellierungen weisen für alle Emissionsszenarien eine sehr grosse Unsicherheit auf, mit einer grösseren Streuung zwischen den unteren und oberen Perzentilen. Angesichts dieser grossen Unsicherheiten ist es wichtig, für die Planung und Risikobewertung nicht nur den Median, sondern die gesamte Unsicherheitsspanne zu berücksichtigen.

Morbidität

Die Trendwerte in Abbildung 27 zeigen beispielhaft die Verteilung des RR für Notfallspitalaufenthalte im Kanton Zürich in pro Jahr und pro Emissionsszenario.

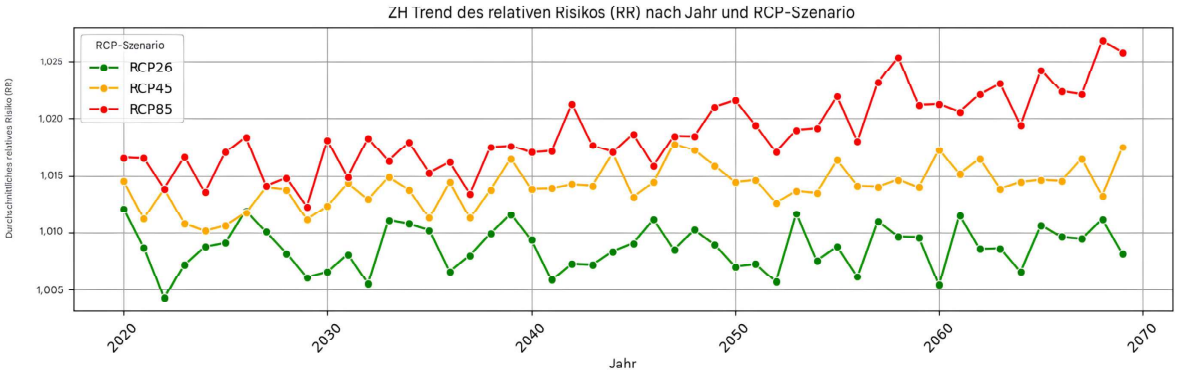


Abbildung 27 Zukünftiges RR für Notfallspitalaufenthalte in Zürich von 2020 bis 2060 unter RCP 2.6 (grün), RCP 4.5 (gelb) und RCP 8.5 (rot). Quelle: eigene Berechnungen.

In jedem Jahrzehnt liegen die Werte für alle drei Emissionsszenarien knapp über 1,00: RCP 2.6 liegt bei etwa 1,01, RCP 4.5 liegt durchgehend zwischen 1,01-1,02 und RCP 8.5 steigt von etwa 1,015 auf 1,027 an.

Die Ergebnisse für die ganze Schweiz sind in den nachfolgenden Tabellen für verschiedene Altersgruppen zusammengefasst.

		Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte (kumulierte Werte von 20 Jahren) [niedriges und hohes Perzentil]							
Indikator	**Szenario**	Unter 14-Jährige	Veränd. ggü.Ref.	15-64-Jährige	Veränd. ggü.Ref.	65-74-Jährige	Veränd. ggü.Ref.	Über 75-Jährige	Veränd. ggü.Ref.
Spital-eintritte	Referenz	94		18’880		1’458		3’712	
	RCP 2.6	162 [159-164]	+ 71 %	20’417 [19’982-21’627]	+ 8 %	1’639 [1’619-1’656]	+ 2 %	4’068 [3’999-4’212]	+ 9 %
	RCP 4.5	162 [159-165]	+ 72 %	20’555 [20’077-21’124]	+ 8 %	1’641 [1’622-1’658]	+ 12 %	4’072 [3’992-4’163]	+ 9 %
	RCP 8.5	163 [159-165]	+ 72 %	20’703 [20’198-21’688]	+ 9 %	1’643 [1’624-1’659]	+ 12 %	4’092 [4’010-4’227]	+ 10 %

Tabelle 4 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte für verschiedene Altersgruppen in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.

Von den hitzebedingten Notfallspitaleintritten sind insbesondere die 15-64-Jährigen betroffen. Dies ist jedoch auch bevölkerungsmässig die grösste Gruppe. Die höchsten relativen Anstiege sind für die Altersgruppe 0-14 Jahre zu beobachten und liegen über alle Emissionsszenarien hinweg in der Grössenordnung von 70 % für die Medianwerte. Absolut ist diese Altersgruppe jedoch weiterhin die am wenigsten stark betroffen.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse einer separaten Modellierung für alle Altersgruppen. Hierbei ist zu beachten, dass die jeweiligen Alterskategorien gemäss Tabelle 4 separate Modellierungen darstellen und daher die Summe der einzelnen Altersgruppen nicht den Ergebnissen der Kategorie *Alle Altersgruppen* entsprechen.

		Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte (kumulierte Werte von 20 Jahren) [niedriges und hohes Perzentil]	
Indikator	**Szenario**	Alle Altersgruppen	Veränderung ggü. Referenz
Spitaleintritte	Referenz	17’664	
	RCP 2.6	19’208 [18’691-19’999]	+ 9 %
	RCP 4.5	19’367 [18’823-19’882]	+ 10 %
	RCP 8.5	19’511 [18’946-20’147]	+ 10 %

Tabelle 5 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte für alle Altersgruppen in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.

Für alle Altersgruppen zeigen die Medianwerte einen Anstieg zwischen 8 % (RCP 2.6) und 10 % (RCP 8.5).

Im Gegensatz zur Analyse der Mortalität ist der Unsicherheitsbereich hier konsistenter. Der Referenzwert liegt in allen Szenarien ausserhalb des zukünftigen Unsicherheitsbandes, was auf einen signifikanten Anstieg im Vergleich zur Referenzperiode hinweist. Zwischen den einzelnen Emissionsszenarien zeigen sich jedoch keine klaren Unterschiede. Der projizierte Anstieg verläuft in allen Fällen in ähnlicher Grössenordnung. Dies deutet darauf hin, dass die Zunahme robust gegenüber den Emissionsszenarien ist.

Vulnerable Gruppen

Für dieses Klimarisiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

Ältere Menschen

— Ältere Menschen sind anfälliger für Krankheiten wie Herz-Kreislauf-, Atemwegs- und Infektionskrankheiten und können Wärme schlechter abgeben (Balmain, et al., 2018, Kilbourne, 1999). In diesem Zusammenhang sind Menschen, die Care-Arbeit leisten, während Hitzewellen zusätzlich belastet. Dies betrifft insbesondere Frauen, da sie überdurchschnittlich viel Care-Arbeit leisten (European Environment Agency, 2024).

Schwangere und Kinder

— Hitze erhöht das Risiko für Fehlbildungen bei ungeborenen Kindern. Das Risiko für Fehlbildungen wie Neuralrohrdefekte steigt durch höhere Temperaturen (Van Zutphen et al., 2012). Vorpubertäre Kinder haben grössere Schwierigkeiten, sich an hohe Temperaturen anzupassen. Sie entwickeln häufiger hitzebedingte Erkrankungen wie Hitzschlag (Balmain, et al., 2018, Sinclair et al., 2007).

Gesundheitlich Vorbelastete

— Menschen mit erhöhtem BMI oder Fettleibigkeit haben grössere Schwierigkeiten, sich an hohe Temperaturen anzupassen und entwickeln häufiger hitzebedingte Erkrankungen wie Hitzschlag (Balmain, et al., 2018;

Sinclair et al., 2007). Während der Hitzewelle 2003 war das Sterberisiko für übergewichtige doppelt so hoch wie für normalgewichtige Personen (Koch, 2023).

Chronisch Kranke

— Insbesondere Menschen mit Diabetes, Herz- oder Lungenerkrankungen, Demenz oder psychischen Erkrankungen, sind stark gefährdet, da hohe Temperaturen Hitzschläge, Dehydrierungen und die Verschlechterung bestehender Erkrankungen wie Asthma oder Herzinsuffizienz begünstigen (BAFU, 2025a). Für Diabetiker erschwert Hitze zudem die Insulinkühlung. Auch Pflegebedürftige sind besonders gefährdet, da sie oft gesundheitlich eingeschränkt sind (Van Zutphen et al., 2012).

Personen mit tiefem, sozioökonomischen Status

— Personen mit tiefem, sozioökonomischem Status leben oft in hitzeanfälligen Quartieren mit wenig Grünflächen und überproportionaler Hitzebelastung und sind dadurch Hitzewellen stärker ausgesetzt (de Schrijver et al., 2023, Swiss TPH, 2021, Wicki et al., 2024).

Personen, die im Freien arbeiten

— Personen, die körperlich stark beansprucht im Freien arbeiten, wie etwa in der Bauindustrie oder der Land- und Forstwirtschaft, sind besonders von Hitze betroffen (Kjellstrom et al., 2009).

4.1.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Sommerlicher Wärmeschutz (Gebäude)	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (G)
		Berücksichtigung lokalklimatische Aspekte bei Neu- und Umbauten sowie Arealentwicklungen (G)
		Realisierung von Leuchtturmprojekten (G)
		Vorschriften zu klimaangepassten Gebäuden (G)
		Sommerlicher Wärmeschutz von Gebäuden (A)
A2	Einbau von Kühlanlagen	Einbau von Kühlanlagen in Gebäuden (A)
A3	Städtebauliche Massnahmen (Lokalklima)	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Klimakarten, Arbeitshilfen, …) (G)
		Integration der Anpassungen an den Klimawandel in raumplanerische Instrumente (G)
		Berücksichtigung lokalklimatischer Aspekte bei Aussengestaltungen und Arealentwicklungen der öffentlichen Hand (G)
		Städtebauliche Massnahmen zur Reduktion von Hitzestau und Hitzeinseln (G)
		Information und Sensibilisierung von Beteiligten (Planer/-innen, Bevölkerung, etc.) (G)
A4	Schutz der Bevölkerung vor Hitze	Hitzeaktionspläne von Kantonen und Gemeinden, inkl. konkreter Aktivitäten während Hitzeperioden wie Buddy-System, Telefon-Hotline, Verteilen von Trinkwasser, etc. (G)
		Aus-, Fort- und Weiterbildung von Beschäftigten im Gesundheitswesen (G)
		Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Frühwarnsysteme, Monitoring, …) (G)
		Information und Sensibilisierung der Bevölkerung durch die öffentliche Hand und Gesundheitsorganisationen (G)

Tabelle 6 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch grössere Hitzebelastung. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der separaten Massnahmentabelle enthalten. Insbesondere zu beachten ist für dieses Klimarisiko der zusätzliche Reiter zu detaillierten Vorschlägen für Massnahmen in Bezug auf klimaangepasste Gebäude.

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

— Der Einbau von Kühlanlagen führt zu einem erhöhten Energieverbrauch und kann damit zu einem Konflikt mit dem Klimaschutz führen. Die Kühlung sollte daher, wenn immer möglich, durch passive Kühlung geschehen oder, falls Kühlgeräte genutzt werden, sollten diese mit erneuerbaren Energien betrieben werden (Isaac & van Vuuren 2009, IEA 2022).

— Kühlanlagen können sich negativ auf das städtische Klima auswirken und damit Hitzeinseln verstärken.

— Grosse Temperaturschwankungen zwischen Innen- und Aussentemperatur können zu gesundheitlichen Problemen führen.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung

Zur Analyse der Anpassung an den Klimawandel wird das DLNM-Modell entsprechend angepasst, um zu simulieren, wie sich Menschen im Laufe der Zeit unter bestimmten Bedingungen an Hitze anpassen können. Das Modell geht davon aus, dass sich Menschen im Laufe der Zeit immer besser vor Hitze schützen können. Diese Anpassung geschieht schrittweise, wenn die Temperaturen steigen und mit zunehmender Erfahrung, technologischem Fortschritt und besserer Infrastruktur. Bei tieferen Temperaturen (unter etwa 25 °C) findet kaum Anpassung statt. Die Hitze ist noch kein Problem und das Verhalten oder die Schutzmassnahmen ändern sich kaum. Zwischen etwa 25 °C und 33 °C nimmt die Anpassung allmählich zu. In diesem Temperaturbereich beginnen Menschen, ihr Verhalten zu ändern. Sie vermeiden körperliche Anstrengung in der grössten Hitze, trinken mehr, nutzen Ventilatoren oder Klimaanlagen. Städte verbessern ihre Infrastruktur, zum Beispiel durch Schattenplätze, Kühlräume oder Hitzewarnsysteme. Diese Zunahme der Anpassung verläuft schrittweise und nicht plötzlich. Bei sehr hohen Temperaturen (ab etwa 33 °C) erreicht die Anpassung ihr Maximum. Das bedeutet, dass Menschen und Institutionen alle vernünftigen Massnahmen ergriffen haben, um die Risiken zu verringern, durch Vorsorge, Technik und angepasstes Verhalten. Das heisst aber nicht, dass es keine hitzebedingten Todesfälle mehr gibt. Das Risiko wird lediglich so weit wie möglich reduziert. Je stärker sich Menschen an Hitze anpassen, desto geringer werden die erwarteten gesundheitlichen Auswirkungen. Die Schutzwirkung nimmt mit steigender Temperatur allmählich zu und senkt die prognostizierte Zahl der hitzebedingten Erkrankungen und Todesfälle.

Das Modell gibt jedoch nicht genau an, welche Anpassungsmassnahmen zu bestimmten Ergebnissen führen könnten, sondern zeigt vielmehr, wie das RR stabil gehalten werden kann und was dies für die daraus resultierende Mortalität und Morbidität bedeutet (optimale Anpassung).

Tabelle 7 verdeutlicht, dass Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch grössere Hitzebelastung die künftigen hitzebedingten Todesfälle deutlich senken können. Aufgrund der geringen Zahl hitzebedingter Todesfälle in mehreren Kombinationen von

Alter, Zeitraum und Szenario wurden die Expositions-Wirkungs-Schätzer instabil und die Unsicherheitsintervalle sehr breit. Um eine Überinterpretation solcher datenarmen, extrapolierten Ergebnisse zu vermeiden, zeigen die Ergebnisse nur das für die Gesamtbevölkerung geschätzte Modell, das über alle Szenarien hinweg ein konsistentes Verhalten und engere Unsicherheitsbereiche zeigt.

Mortalität

		Anzahl hitzebedingter Todesfälle (kumulierte Werte von 20 Jahren)[niedriges und hohes Perzentil]		
Indikator	**Szenario**	Altersgruppe <75	Altersgruppe >75	Alle Altersgruppen
Hitzetote	RCP 2.6	-*	-*	1’996 [1’834-2’900]
	RCP 4.5	-*	-*	2’509 [1’995-4’796]
	RCP 8.5	-*	-*	2’150 [1’802-6’929]

Tabelle 7 Anzahl hitzebedingter Todesfälle mit Anpassung in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.
* Hinweis: Aufgrund methodischer Unsicherheiten können die Resultate für die Situation mit Anpassung nicht nach Altersgruppen differenziert werden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Anpassungsreaktion an den niedrigen und hohen Perzentilen weniger empfindlich gegenüber den Unterschieden zwischen den Emissionsszenarien ist, sondern stärker von der Variabilität innerhalb der Modelle beeinflusst wird. Zudem zeigt sich, dass eine grössere Datenbasis dazu beiträgt, die Modelle mit Anpassung besser einzugrenzen und ihre Ergebnisse zu stabilisieren.

Die Ergebnisse sind dabei als Spannbreite potenzieller Anpassungseffekte zu verstehen. An den unteren Perzentilen zeigt sich, dass Anpassung wirksam sein und hitzebedingte Todesfälle deutlich reduzieren kann. Im Gegensatz dazu ist an den oberen Perzentilen weiterhin mit einem gewissen Anteil an verbleibenden Todesfällen zu rechnen, was darauf hinweist, dass Anpassungsmassnahmen die Gesundheitsrisiken extremer Hitze nicht vollständig eliminieren können.

Morbidität

Die Modellierung der hitzebedingten Notfallspitalaufenthalte ist ähnlich wie bei den hitzebedingten Todesfällen. Die Ergebnisse für die ganze Schweiz sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst.

		Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte (kumulierte Werte von 20 Jahren) [niedriges und hohes Perzentil]			
Indikator	**Szenario**	Unter 14-Jährige	15-64-Jährige	65-74-Jährige	Über 75-Jährige
Spital-eintritte	Referenz	94	18’880	1’458	3’712
	RCP 2.6	141 [128-145]	17’928 [16’373-19’277]	1’431 [1’313-1’476]	3’546 [3’235-3’754]
	RCP 4.5	140 [122-145]	17’888 [15’832-18’829]	1’422 [1’257-1’476]	3’514 [3’088-3’697]
	RCP 8.5	139 [118-145]	17’867 [15’508-19’316]	1’405 [1’209-1’476]	3’486 [2’894-3’756]

Tabelle 8 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte mit Anpassung in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.

		Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte (kumulierte Werte von 20 Jahren) [niedriges und hohes Perzentil]
Indikator	**Szenario**	Alle Altersgruppen
Spitaleintritte	Referenz	17’664
	RCP 2.6	16’723 [15’093-17’780]
	RCP 4.5	16’703 [14’597-17’691]
	RCP 8.5	16’623 [14’174-17’892]

Tabelle 9 Anzahl hitzebedingter Notfallspitaleintritte mit Anpassung in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Die Daten entsprechen den kumulierten Werten von 20 Jahren. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Tabellen verdeutlichen, dass Anpassungsmassnahmen die künftigen hitzebedingten Spitaleinweisungen senken können. Für alle Altersgruppen senkt die optimale Anpassung die Aufnahmen zwischen 11 % und 25 %.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen der Anpassung zu nennen:

— Der gewählte Ansatz ist auf dem neuesten Stand der Forschung und es gibt nur wenige Beobachtungen, die solide statistische Schlussfolgerungen zulassen. Die Ergebnisse sind als vorläufig zu betrachten, die Trends und mögliche Richtungen für Veränderungen aufzeigen, und dürfen nicht als absolute Werte interpretiert werden sollen.

— Die Modellierungen gehen von einer optimalen Anpassung an den Klimawandel aus, die es ermöglicht, die hitzebedingten Auswirkungen zu minimieren. Aus der Fachliteratur geht hervor, dass Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel tendenziell reaktiv und sektorspezifisch sind. Sie zielen auf die Modifikation bestehender Infrastrukturen, die Informationsverbreitung und die Integration von Klimafragen in Planungsrichtlinien ab. Sie bieten eine wertvolle Grundlage, reichen jedoch nicht aus, um die hohen Anpassungsanforderungen zu erfüllen. Um eine wirksame Anpassung zu erreichen, sind transformative Veränderungen erforderlich, die räumlich integriert, sozial inklusiv und institutionell verankert sind. Dazu gehört unter anderem der verstärkte Einsatz naturbasierter Lösungen, die Verankerung eines adaptiven Managements sowie die explizite Berücksichtigung der Bedürfnisse gefährdeter Bevölkerungsgruppen (Mazzalai et al. 2023, van Daalen et al. 2024).

— Bei der Modellierung der Gesundheitsfolgen mit Anpassung wird der Zusammenhang zwischen Temperatur und gesundheitlichen Auswirkungen angepasst, indem ein Dämpfungsfaktor angewendet wird, sobald eine bestimmte Temperatur erreicht ist. Bei Notfallaufnahmen ist der Zusammenhang mit der Temperatur weniger ausgeprägt, da viele andere Faktoren eine Rolle spielen, wie beispielsweise das Verhalten der Menschen, Arztbesuche anstelle von Spitalnotfall oder sogar äussere Umstände wie Feiertage. Im Gegensatz dazu ist der Einfluss auf die Sterblichkeit viel deutlicher, da ein Todesfall ein definitives Ergebnis ist. Dadurch erscheint der Rückgang der Sterblichkeit stärker und konsistenter als bei Notaufnahmen.

Exkurs: Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch Schadorganismen

Der Klimawandel beeinträchtigt die menschliche Gesundheit nicht nur durch Hitze, sondern auch durch vektorübertragene Infektionskrankheiten, Allergene und Bakterien.

Vektorübertragene Krankheiten sind Krankheiten, bei denen ein Erreger durch Vektoren übertragen wird, beispielsweise Stechmücken, Zecken oder Wanzen. Diese tierischen Überträger, ihr Verhalten und ihre Lebensbedingungen werden durch den Klimawandel beeinflusst und in vielen Fällen in Europa begünstigt. In Deutschland und auch in der Schweiz kann das wärmere Klima zu kürzeren Generationsdauern, längeren jährlichen Aktivitätsperioden, höhere Überlebensraten im Winter und zunehmender Verbreitung einheimischer und eingeschleppter Vektorarten und Krankheitserregern führen. Konkret kann eine stärkere Verbreitung von Zecken zu mehr Fällen von Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis führen (Mücke et al., 2009, Mücke et al., 2013). Neben Zecken gehört auch die asiatische Tigermücke zu einem viel genannten Überträger von Krankheiten, wie zum Beispiel das Chikungunya-, das Dengue-, das Gelbfieber-, und das West Nil-Virus. Obwohl sie in der Schweiz nicht einheimisch ist, wurde sie durch die Globalisierung und Handel in die Schweiz gebracht und profitiert nun vom milderen Klima. Die Tigermücke ist besonders bedeutend, da sie häufig in urbanen Gegenden vorkommt und daher mehrere Individuen kurz aufeinander sticht, was das Übertragungspotenzial von Krankheiten stark erhöht (Umweltbundesamt, 2015). Schliesslich begünstigen geschwächte Wälder die Ausbreitung von Krankheitsvektoren wie Zecken, die Krankheiten wie Borreliose oder Frühsommer-Meningoenzephalitis übertragen können (BAG, 2024).

Neben den besseren Bedingungen für tierische Überträger sind auch die Bedingungen für gewisse Pflanzen besser geworden. Das führt unter anderem zu längeren Blütezeiten von einigen Pflanzen, was zu mehr und längeren Beschwerden von Allergikern führen kann. Dieser Effekt wird verstärkt von Neophyten, wie zum Beispiel Beifuss-Ambrosie, die sich im milderen Klima ausbreiten und durch ihre hochallergen Eigenschaften zu weiteren Beschwerden bei den rund 20 % der betroffenen Schweizer Bevölkerung führen (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020, Mücke et al., 2009, Mücke et al., 2013, Eeftens & Tummon, 2024).

Schlussendlich begünstigen die höheren Temperaturen auch das Bakterienwachstum in Nahrungsmitteln. Neue Krankheitserreger können sich dadurch besser vermehren und werden teilweise bei heute üblichen Zubereitungsformen nicht abgetötet und können zu nahrungsmittelbedingten Infektionen führen (Mücke et al., 2009). Die wissenschaftliche Grundlage zu den tatsächlichen Auswirkungen ist jedoch noch sehr schwach (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020).

Exkurs: Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch Schadorganismen (Fortsetzung)

In Bezug auf die Anpassung an Schadorganismen zeigt folgende Tabelle die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Schutz vor Infektionskrankheiten	Aktualisierung der Information über akute Pollenbelastung (G)
		Überwachung, Früherkennung und Prävention von vektorübertragenen Infektionskrankheiten beim Menschen (G)
		Aktualisierung der Massnahmen und Verhaltensweisen zum Zeckenschutz (G)
		Monitoring von potenziell krankheitsübertragenden, gebietsfremden Stechmückenarten (G)
A2	Umgang mit Lebensmitteln	Eruierung des Einflusses des Klimawandels auf die Lebensmittelsicherheit (G)
		Umsetzung der Massnahmen zur Früherkennung und Überwachung von Gefahren in Lebensmitteln (G)
		Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Forschung, Monitoring, Massnahmen, Kommunikation, …) (G)
A3	Prävention Schadorganismen	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Monitoring, Massnahmen, Empfehlungen, Kommunikation, …) (G)
A4	Bekämpfung von Schadorganismen	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Konzepte, Monitoring, Massnahmen, Kommunikation, …) (G)
		Bauliche und betriebliche Massnahmen zur Minimierung von Schadorganismen durch öffentliche Hand und Unternehmen (G)

Tabelle 10 Anpassungsmassnahmen zu Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch Schadorganismen. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3)

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3).

Vulnerable Gruppen

Für dieses Risiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

— Ältere Menschen, Kinder, Schwangere und gesundheitlich vorbelastete Personen sind aufgrund ihres supprimierten Immunsystem besonders gefährdet (European Food Safety Authority, 2023). Schwangere sind durch spezifische tropische Infektionskrankheiten während der Schwangerschaft besonders gefährdet (BAFU, 2025a). Diese Personengruppen sind ausserdem auch in Bezug auf Pollenallergien stärker betroffen, und können stärkere Symptome aufweisen (Eeftens & Tummon, 2024).

— Landwirte, Bauarbeiter und andere Berufsgruppen mit hoher Aussenexposition sowie Menschen, die viel Zeit im Freien verbringen sind der verstärkten Ausbreitung von Krankheitsvektoren und Pollen ausgesetzt (BAFU, 2025a).

— Personen mit tiefem sozioökonomischem Status sind oft weniger in der Lage, sich vor den gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels zu schützen und haben häufig nicht die finanziellen Mittel, um steigende Gesundheitskosten zu tragen.

4.1.3 Kosten des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Berechnung Schadenskosten

Für die Berechnung der Kosten werden folgende Kostenindikatoren verwendet:

— Mortalität: Die Berechnung der Schadenskosten von hitzebedingten Todesfällen wird anhand des sogenannten *Wertes eines statistischen Lebens* (*Value of statistical life*, VOSL) durchgeführt. Dies ist ein etabliertes Vorgehen, wenn es darum geht Verluste von Menschenleben in gesamtwirtschaftlichen Berechnungen einzubeziehen. Konkret wird der geschätzte Wert des VOSL, wie in der Berechnung des ARE der externen Kosten des Verkehrs verwendet, übernommen (für mehr Details siehe ecoplan/INFRAS, 2024). Dieser beläuft sich für das Jahr 2021 auf 6.9 Millionen (Mio.) CHF.[17] Für die Berechnungen wird dieser Wert fortgeschrieben auf das Basisjahr 2023 (gemäss Vorgehen bei ecoplan/INFRAS, 2024 unter Verwendung des Konsumentenpreisindex und des BIP-Wachstums). So ergibt sich für das Jahr 2023 ein Wert 7.3 Mio. CHF.[18] Die Berechnung der Schadenskosten erfolgt anschliessend durch die Multiplikation der VOSL für alle Perioden und Emissionsszenarien mit den modellierten durchschnittlichen jährlichen Todesfällen.

  Ein Menschenleben mit einem monetären Wert zu belegen, wird oft kritisch gesehen. Jedoch versucht dieser Wert nicht ein Menschenleben per se zu bewerten, sondern wie viel eine Gesellschaft oder Individuen bereit sind zu zahlen, um das Risiko eines Todesfalls zu verringern. Im vorliegenden Fall sind dies beispielsweise die reduzierten Todesfälle oder Notfallspitaleintritte aufgrund der besseren Anpassung an die Hitze. Der VOSL erlaubt es, Todesfälle zusammen mit anderen Auswirkungen, wie hier beispielsweise Gesundheitskosten, auf transparente und vergleichbare Weise in politische Entscheidungen einzubeziehen.

— Morbidität: Für die Berechnung der Kosten der Spitaleintritte wird ein durchschnittlicher Kostensatz auf Basis der Fallkostenstatistik ermittelt (BFS, persönliche Kommunikation, Juni 2025). Dazu werden über alle verfügbaren Jahre hinweg die durchschnittlichen Kosten pro Krankheitsbild berechnet und unter Berücksichtigung der Inflation auf das Jahr 2023 fortgeschrieben. Anschliessend wird ein gewichteter Durchschnittskostensatz berechnet, wobei die Gewichtung auf dem Anteil der Spitaleintritte von Mai bis September am gesamten Spitaleintrittsvolumen je Krankheitsbild basiert. Dies ergibt einen Kostensatz von 7'683 CHF pro Spitaleintritt.

Berechnung Anpassungskosten

Wie in Kapitel 4.1.1 aufgeführt, gibt es eine Vielzahl an Massnahmen, welche gegen die Hitzebelastung getroffen werden können. Zum Zweck der

[17] Die externen Kosten des Verkehrs werden mit dem Wert eines verlorenen Lebensjahres (value of a life year lost) berechnet, welcher anhand des VOSL hergeleitet wurde. Da hierfür Annahmen notwendig sind zum Alter der verstorbenen Personen und deren Lebenserwartung, wird hier vereinfachend mit dem VOSL gerechnet.

[18] Grundsätzlich wird der VOSL gemäss ecoplan/INFRAS (2024) mit einer jährlichen Wachstumsrate von 0.8% fortgeschrieben. Da jedoch in diesem Projekt 2023 als Basisjahr betrachtet wird und in der Modellierung der Mortalität keine zukünftigen Entwicklungen wie zum Beispiel das Bevölkerungswachstum berücksichtigt wurde, wird hier aus Gründen der Konsistenz auf diese Fortschreibung verzichtet.

Quantifizierung wird in dieser Modellierung auf den Einbau von Kühlanlagen fokussiert, da deren Wirkung und Kosten abgeschätzt werden können. Hinzu kommt, dass diese Massnahme von vielen Haushalten gegen Hitze tatsächlich getroffen wird, und sie sehr wirksam ist (Sera et al., 2020). In der Realität würde die Anpassung jedoch mit einer breiteren Palette von Massnahmen erfolgen. Dazu gehören zum Beispiel Verhaltensanpassungen oder Sensibilisierungskampagnen. Diese werden hier allerdings ausgeklammert, da sie keine oder vergleichsweise geringe Kosten zur Folge haben. Raumplanerische und städtebauliche Massnahmen sind zwar sehr effektiv, jedoch sind deren Wirkung und Kosten nur schwer abschätzbar und können daher in dieser Modellierung nicht berücksichtigt werden.

Die Kosten für Kühlanlagen werden vom Klimarisiko *Zunahme Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung* übernommen, wobei analog zum Vorgehen einer aktuellen Studie von Hyyrynen et al. (2025) zu Hitze und Kühlung angenommen wird, dass sich nur Personen der Altersgruppen der 65- bis 74-Jährigen sowie der über 75-Jährigen anpassen, da diese besonders vulnerabel sind. Unter Ausschluss der über 75-Jährigen, welche in Alters- oder Pflegeheimen wohnen (BFS, 2024e), machen diese beiden Altersgruppen zusammen 18 % der Gesamtbevölkerung aus, vereinfachend wird daher angenommen, dass sich insgesamt 18 % der Haushalte anpassen.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Externe Effekte des Verkehrs 2021 (ecoplan/INFRAS, 2024)

— Bundesamt für Statistik (BFS): Fallkostenstatistik (BFS, persönliche Kommunikation, Juni 2025)

— Bundesamt für Statistik (BFS): Landesindex der Konsumentenpreise (BFS, 2025a)

— Bundesamt für Statistik (BFS): Statistik der sozialmedizinischen Institutionen (SOMED); Klientinnen und Klienten in Alters- und Pflegeheimen, 2023 (BFS, 2024e)

— Bundesamt für Statistik (BFS): Wachstums- und Produktivitätsstatistik (WPS). BIP pro Kopf zu laufenden Preisen (BFS, 2024f)

— Ergebnisse zu den Kosten für die aktive Kühlung von Risiko Zunahme Kühlenergiebedarf (Kapitel 4.3.3)

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu berücksichtigen:

— Der VOSL ist ein sehr hypothetischer Wert, der mit hoher Unsicherheit behaftet ist. Internationale Schätzungen bewegen sich im Rahmen von 1 bis 10 Mio. USD (ecoplan/INFRAS, 2024).

— Der VOSL berücksichtigt nicht, wie lange eine Person noch gelebt hätte. Für eine genauere Berechnung könnte analog zum Vorgehen bei den externen Kosten des Verkehrs mit dem Wert eines verlorenen Lebensjahres gearbeitet werden (*value of a life year lost*, VLYL) in Kombination mit einer Abschätzung der verlorenen Lebensjahre der durch Hitze verstorbenen Personen. Zur Vereinfachung wird hier davon abgesehen. Da

insbesondere ältere Personen aufgrund der Hitze versterben, werden die Kosten dadurch tendenziell überschätzt.

— Opportunitätskosten wie beispielsweise Arbeitsausfälle im Zusammenhang mit Spitaleintritten von berufstätigen Personen werden nicht berücksichtigt. Dies führt zu einer Unterschätzung der Kosten.

— Zur Anpassung an die Hitze werden sich nicht alle Personen ab einem Alter von 65 Jahren eine Kühlanlage anschaffen, wodurch die Schätzung von 18 % allenfalls zu hoch ist. Jedoch werden sich gleichzeitig auch jüngere Personen für den Einbau einer Kühlanlage entscheiden, was die Überschätzung wieder teilweise relativiert.

— Das Modell unterstellt, dass Eltern von Kindern im Alter von 0–14 Jahren keine Installation von Klimaanlagen vornehmen. Dadurch werden potenzielle Belastungen für eine vulnerable Bevölkerungsgruppe systematisch unterschätzt. Insbesondere mögliche Auswirkungen von Hitzeexposition auf die neurologische Entwicklung von Kindern, etwa durch Hitzestress, Schlafstörungen oder beeinträchtigte kognitive Funktionen, werden im Modell nicht abgebildet.

— Analog zu den Modellierungen der Auswirkungen wird auch bei den Kostenberechnungen kein Bevölkerungswachstum angenommen.

— Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts sind in den Modellierungen keine realen Kostensteigerungen integriert.

— Bezüglich Mortalität und Morbidität wird zur Berechnung der Anpassungskosten die gleiche Massnahme mit den gleichen Annahmen betrachtet. Die Anpassungskosten werden daher für beide Indikatoren gemeinsam ausgewiesen.

Ergebnisse

Die Modellierung der Mortalität ergibt folgende jährliche Schadenskosten.

Schadenskosten Mortalität

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [niedriges und hohes Perzentil]	
Schadensindikator	**Szenario**	unter 75-Jährige	über 75-Jährige
Hitzetote	Referenz	229	1’776
	RCP 2.6	587 [319; 881]	2’086 [517; 4’621]
	RCP 4.5	1’109 [512; 1’551]	3’296 [825; 4’230]
	RCP 8.5	1’551 [764; 2’614]	4’230 [828; 10’081]

Tabelle 11 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Schadenskosten der hitzebedingten Mortalität steigen in allen Emissionsszenarien gegenüber der Referenzperiode deutlich an. Rund zwei Drittel dieser Schadenskosten entfallen bei Personen über 75 Jahre an, die überproportional stark von Hitzebelastungen betroffen sind.

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [niedriges und hohes Perzentil]
Schadensindikator	**Szenario**	Alle Altersgruppen
Hitzetote	Referenz	1’890
	RCP 2.6	2’871 [1’237; 5’841]
	RCP 4.5	4’878 [2’062; 10’938]
	RCP 8.5	6’497 [2’761;13’900]

Tabelle 12 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die hitzebedingte Mortalität aller Altersgruppen verursacht jährliche Schadenskosten in Höhe von 2'871 Mio. CHF im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und 6’497Mio. CHF im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5). Die Schadenskosten steigen in allen Emissionsszenarien deutlich an verglichen mit den Schadenskosten der Referenzperiode von 1’890 Mio. CHF.

		Verteilung der Schadenskosten			
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Hitzetote	5 %	5 %	10 %	5 %	75 %

Tabelle 13 Verteilung der Schadenskosten von hitzebedingten Todesfällen auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Drei Viertel der Kosten im Zusammenhang mit der Mortalität werden in erster Linie von den Haushalten getragen. Anders als bei anderen Risiken handelt es sich hier nicht um tatsächlich anfallende Kosten, sondern um eine hypothetische monetäre Bewertung der negativen Auswirkungen auf Angehörige der Verstorbenen. Bei der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft hingegen können konkrete Kosten in Form von Subventionen und Unterstützungsleistungen anfallen. Dies sind beispielsweise Auszahlungen von Lebensversicherungen oder Hinterlassenenrenten.

Schadenskosten Morbidität

Die Modellierung der Morbidität ergibt folgende jährliche Schadenskosten.

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [niedriges und hohes Perzentil]			
Schadensindikator	**Szenario**	Unter 14-Jährige	15-64-Jährige	65-74-Jährige	Über 75-Jährige
Spitaleintritte	Referenz	0.04	7.2	0.6	1.4
	RCP 2.6	0.06 [0.06; 0.06]	7.8 [7.7; 8.3]	0.6 [0.6; 0.6]	1.6 [1.5; 1.6]
	RCP 4.5	0.06 [0.06; 0.06]	7.9 [7.7; 8.1]	0.6 [0.6; 0.6]	1.6 [1.5; 1.6]
	RCP 8.5	0.06 [0.06; 0.06]	8.0 [7.8; 8.3]	0.6 [0.6; 0.6]	1.6 [1.5; 1.6]

Tabelle 14 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Im Zusammenhang mit hitzebedingten Spitaleintritten entstehen Kosten, die deutlich geringer ausfallen als bei der Mortalität. Zwar verursacht die Hitze

mehr Spitaleintritten als Todesfälle, jedoch sind die damit verbundenen durchschnittlichen Kosten deutlich geringer. Analog zu den Modellierungen der Anpassung verzeichnen die 15- bis 64-Jährigen die höchsten Schadenskosten. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass diese Altersgruppe eine deutlich grössere Altersspanne umfasst als die anderen.

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [niedriges und hohes Perzentil]
Schadensindikator	**Szenario**	Alle Altersgruppen
Spitaleintritte	Referenz	6.8
	RCP 2.6	7.4 [7.2; 7.7]
	RCP 4.5	7.4 [7.2; 7.6]
	RCP 8.5	7.5 [7.3; 7.7]

Tabelle 15 Jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Für die Modellierung aller Altersgruppen liegen die Kosten bei rund 6.8 Mio. CHF für die Referenz und zwischen 7.4 und 7.5 Mio. CHF für die verschiedenen Emissionsszenarien.

	Verteilung der Schadenskosten				
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Spitaleintritte	50 %			30 %	20 %

Tabelle 16 Verteilung der Schadenskosten von hitzebedingter Spitaleintritte auf die Beteiligten. Quelle: BFS (2025f), Experteneinschätzung.

Die Kosten der Morbidität trägt zu etwas mehr als 50% die öffentliche Hand über den Bund, die Kantone, die Gemeinden sowie die Sozialversicherungen ohne obligatorische Krankenversicherung.[19] Diese werden ergänzt durch Ausgaben der Krankenkassen durch Versicherungsleistungen und der privaten Haushalte.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabellen zeigen die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtanpassungskosten auf sowie die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Beteiligten für die Mortalität und Morbidität.

		Anpassungskosten (Mio. CHF/Jahr)		
Anpassungs-massnahme	**Szenario**	Investitions-kosten	Betriebskosten	Total
Einbau von Kühlanlagen (Gebäude)	RCP 2.6	188	46	234
	RCP 4.5	376	253	629
	RCP 8.5	630	578	1'208

Tabelle 17 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

[19] Die Verteilung der Schadenskosten kann im Rahmen des Projekts nicht genauer abgeschätzt werden. Für die Modellierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte hat dies jedoch keine Implikationen.

Der Einbau der Klimaanlagen führt zu Gesamtkosten von 234 bis 1’208 Mio. CHF pro Jahr. Die Kosten steigen mit zunehmendem Klimawandel an, da die Hitze und somit der Bedarf Gebäude zu kühlen gleichermassen ansteigen.

Anpassungs-massnahme	Verteilung der Anpassungskosten				
	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Einbau von Kühlanlagen (Gebäude)	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %

Tabelle 18 Verteilung der Anpassungskosten auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Kosten tragen zu 100 % die Haushalte. Es ist wichtig zu beachten, dass in Realität auch andere Beteiligte wie Spitäler, Altersheime und weitere Betriebe Klimaanlagen einbauen und darüber hinaus weitere Anpassungsmassnahmen wie städtebauliche Massnahmen umgesetzt werden, weshalb auch bei anderen Beteiligten Kosten anfallen können. Dies wird nicht abgebildet, da der Anteil verhältnismässig gering ausfallen dürfte und nur schwierig quantifizierbar ist.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Durch die Anpassungsmassnahmen fallen die Auswirkungen der Hitze weniger extrem aus und die mit der Mortalität und Morbidität verbundenen Schadenskosten sinken entsprechend.

Folgende Tabelle zeigt die reduzierten Schadenskosten der Mortalität. Aufgrund der methodischen Unsicherheiten in der Schätzung der Todesfälle mit Anpassung, werden auch die Schadenskosten mit Anpassung nicht nach Altersgruppen differenziert (Kapitel 4.1.1).

Schadens-indikator	Szenario	Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [niedriges und hohes Perzentil] Alle Altersgruppen	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Mortalität (Hitzetote)	Referenz	1’890	-
	RCP 2.6	730 [671; 1’061]	- 75%
	RCP 4.5	918 [730; 1’755]	- 81%
	RCP 8.5	787 [659; 2’535]	- 88%

Tabelle 19 Reduzierte jährliche Schadenskosten hitzebedingter Todesfälle in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.
* Hinweis: Aufgrund methodischer Unsicherheiten können die Resultate für die Situation mit Anpassung nicht nach Altersgruppen differenziert werden.

Durch Anpassungsmassnahmen geht die Zahl der hitzebedingten Todesfälle deutlich zurück und damit auch die damit verbundenen Kosten. Diese sinken für alle Altersgruppen von ursprünglich 2'871 Mio. bis 6'497 Mio. CHF auf

730 bis 918 Mio. CHF pro Jahr, was einer Reduktion von 75 bis 88 % entspricht.[20]

Die verbleibenden Schadenskosten der Spitaleintritte nehmen durch die Massnahmen der Anpassung an den Klimawandel ab, wenn auch in geringerem Ausmass als bei der Mortalität.

Schadens-indikator	Szenario	Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [niedriges und hohes Perzentil] Unter 14-Jährige	15-64-Jährige	65-74-Jährige	Über 75-Jährige	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Morbidität (Spitaleintritte)	Referenz	0.04	7.2	0.6	1.4	-
	RCP 2.6	0.05 [0.05; 0.06]	6.9 [6.3; 7.4]	0.6 [0.5; 0.6]	1.4 [1.2; 1.4]	- 13 %
	RCP 4.5	0.05 [0.05; 0.06]	6.9 [6.1; 7.2]	0.6 [0.5; 0.6]	1.4 [1.2; 1.4]	- 14 %
	RCP 8.5	0.05 [0.05; 0.06]	6.9 [6.0; 7.4]	0.5 [0.5; 0.6]	1.3 [1.1; 1.4]	- 15 %

Tabelle 20 Reduzierte jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Für alle Alterskategorien sinken die Schadenskosten mit Anpassung gegenüber ohne Anpassung um 13 % bis 15 %.

Schadens-indikator	Szenario	Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [niedriges und hohes Perzentil] Alle Altersgruppen	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Morbidität (Spitaleintritte)	Referenz	6.8	-
	RCP 2.6	6.4 [5.8; 6.8]	- 13 %
	RCP 4.5	6.4 [5.6; 6.8]	- 14 %
	RCP 8.5	6.4 [5.4; 6.9]	- 15 %

Tabelle 21 Reduzierte jährliche Schadenskosten hitzebedingter Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050–2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die reduzierten Schadenskosten für alle Altersgruppen belaufen sich auf rund 6.4 Mio. CHF, was einer Reduktion von 13 bis 15 % entspricht. Die Kosten reduzieren sich in allen Szenarien ungefähr auf den gleichen Restbetrag, was mit der Modellierung der Auswirkungen zusammenhängt, insbesondere da angenommen wird, dass die Anpassungsmassnahmen weitestgehend unabhängig von der Temperatursteigerung greifen (Kapitel 4.1.1).

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten hitzebedingter Todesfälle und Spitaleintritte für die Schweiz.

20 Die Kosten sinken so stark, da angenommen wird, dass sich alle vulnerablen Gruppen entsprechend anpassen (siehe dazu auch 4.1.2). Es handelt sich somit um ein Extremszenario, da in Realität der Anteil Personen, die sich tatsächlich anpassen tiefer liegen dürfte.

Schadens-indikator	Szenario	Gesamtkosten ohne Anpassung (Mio. CHF / Jahr) [niedriges und hohes Perzentil] Total	Gesamtkosten mit Anpassung (Mio. CHF / Jahr) [niedriges und hohes Perzentil] Total	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Total (Hitzetote und Spitaleintritte)	Referenz	1'897	-	-
	RCP 2.6	2'878 [1'244; 5'848]	971 [911; 1'302]	- 66 %
	RCP 4.5	4'885 [2'069; 10'946]	1'553 [1'365; 2'391]	- 68 %
	RCP 8.5	6'504 [2'768; 13'908]	2'001 [1'873; 3'750]	- 69 %

Tabelle 22 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) hitzebedingter Todesfälle und Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

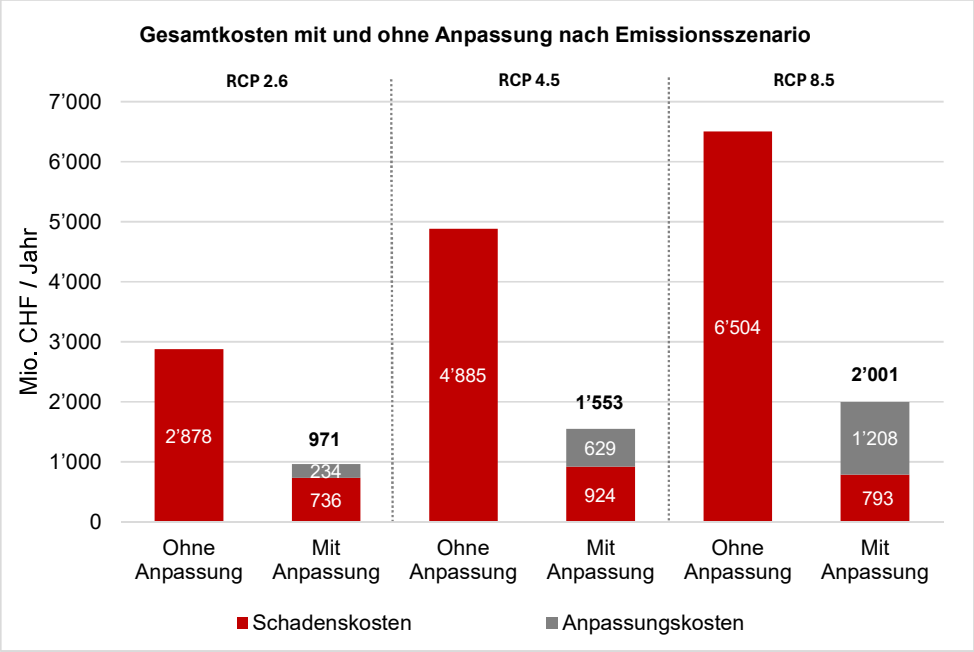


Abbildung 28 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) hitzebedingter Todesfälle und Spitaleintritte in der Schweiz für die Referenzperiode (2000 – 2019) und 2060 (2050 – 2069) unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Da die Anpassung sowohl die Mortalität als auch die Morbidität reduziert, werden die Gesamtkosten der Anpassung für beide Indikatoren gemeinsam ausgewertet. Dies zeigt, dass die Gesamtkosten der Anpassung (Anpassung und Reduktion der Schadenskosten) deutlich unter den ursprünglichen Schadenskosten liegen mit einer Reduktion zwischen 66 % bei konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und 69 % ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5).

4.1.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Ökonomische Auswirkungen

Wirkungskette

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch grössere Hitzebelastung sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während Abbildung 29 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet Abbildung 30 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

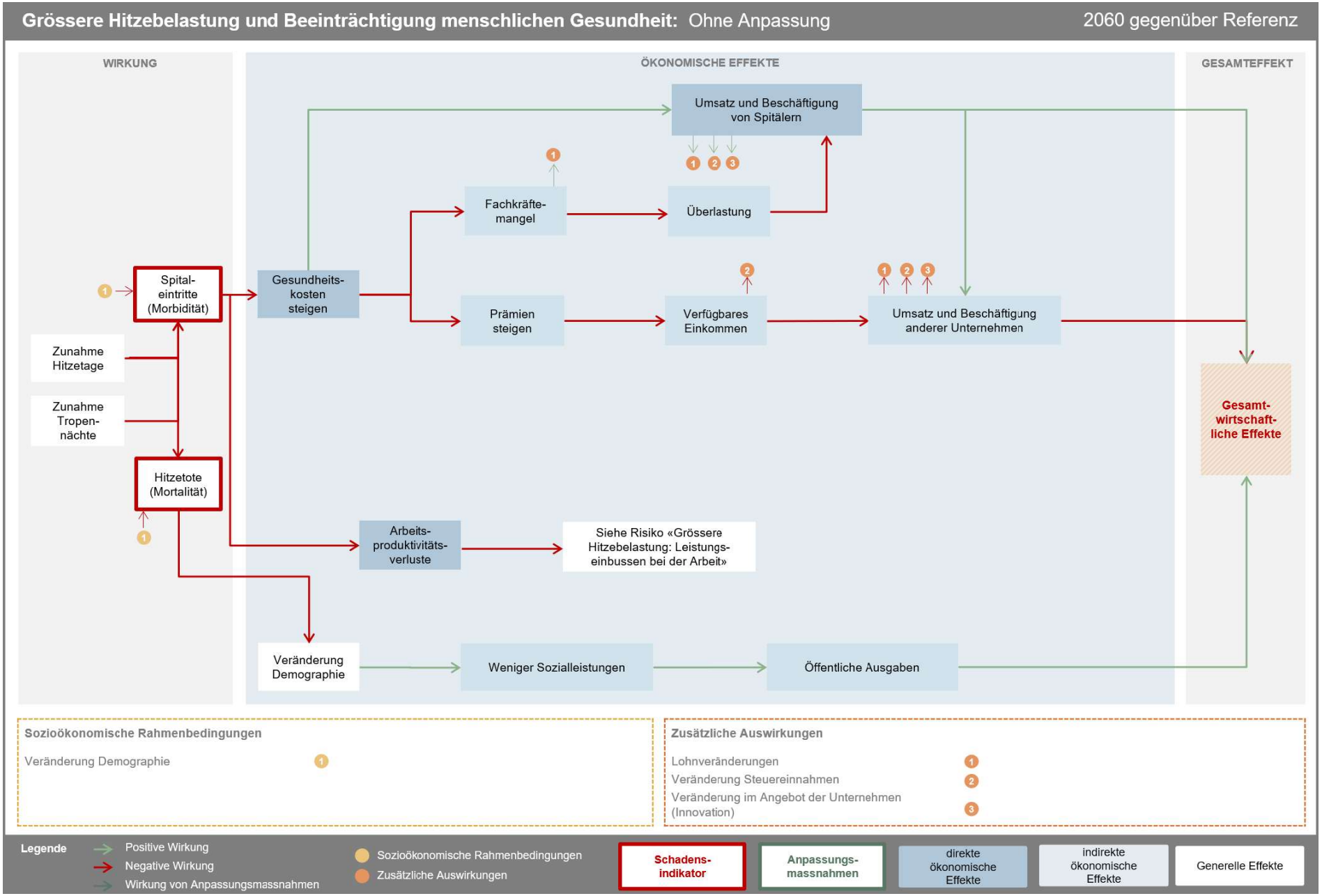


Abbildung 29 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung ohne Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Mortalität

Ohne Anpassung an den Klimawandel hat die steigende Zahl hitzebedingter Todesfälle demografische Auswirkungen, da insbesondere Menschen über 75 Jahre betroffen sind. Dies könnte langfristig Einfluss auf die öffentlichen Ausgaben haben, etwa durch eine geringere Inanspruchnahme bestimmter Sozialleistungen. Der vorzeitige Verlust von Menschenleben geht mit erheblichen emotionalen und gesellschaftlichen Folgen einher, insbesondere für Angehörige und dürfen nicht mit allfälligen, reduzierten Kosten des Staates verglichen werden.

Morbidität

Die Spitaleintritte führen zu höheren Gesundheitskosten, die sich in Form eines höheren Umsatzes und Beschäftigung auf die Spitäler auswirken. Gleichzeitig verschärfen die Spitaleintritte und die damit zusammenhängenden, steigenden Gesundheitskosten den Fachkräftemangel und die Überlastung von Angestellten in Spitälern.

Die zunehmenden Gesundheitskosten belasten die Bevölkerung über steigende Krankenkassenprämien. Dies reduziert das verfügbare Einkommen und damit den Konsum anderer Güter und Dienstleistungen. In der Folge kann der Umsatz und die Beschäftigung in anderen Wirtschaftsbereichen zurückgehen. Teilweise wird dieser Effekt durch zusätzliche Ausgaben der Spitäler und ihres Personals aufgrund höherer Löhne kompensiert.

Spitaleintritte führen ausserdem zu einer Reduktion der Arbeitsproduktivität, da Mitarbeitende ausfallen oder längerfristig weniger effizient sind. Dies führt zu zahlreichen gesamtwirtschaftlichen Effekten, die beim Risiko *Leistungseinbussen bei der Arbeit* (Kapitel 4.2) genauer beschrieben sind.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt führt die grössere Hitzebelastung zu gemischten gesamtwirtschaftlichen Effekten: Während Produktivitätsverluste und steigende Prämien gesamtwirtschaftlich negative Einflüsse haben, können höhere Umsätze im Gesundheitswesen und reduzierte Sozialausgaben teilweise gegenläufige Impulse setzen.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Steigende Krankenkassenprämien und das dadurch reduziert verfügbare Einkommen belasten einkommensschwache Haushalte stärker als einkommensstarke Haushalte.

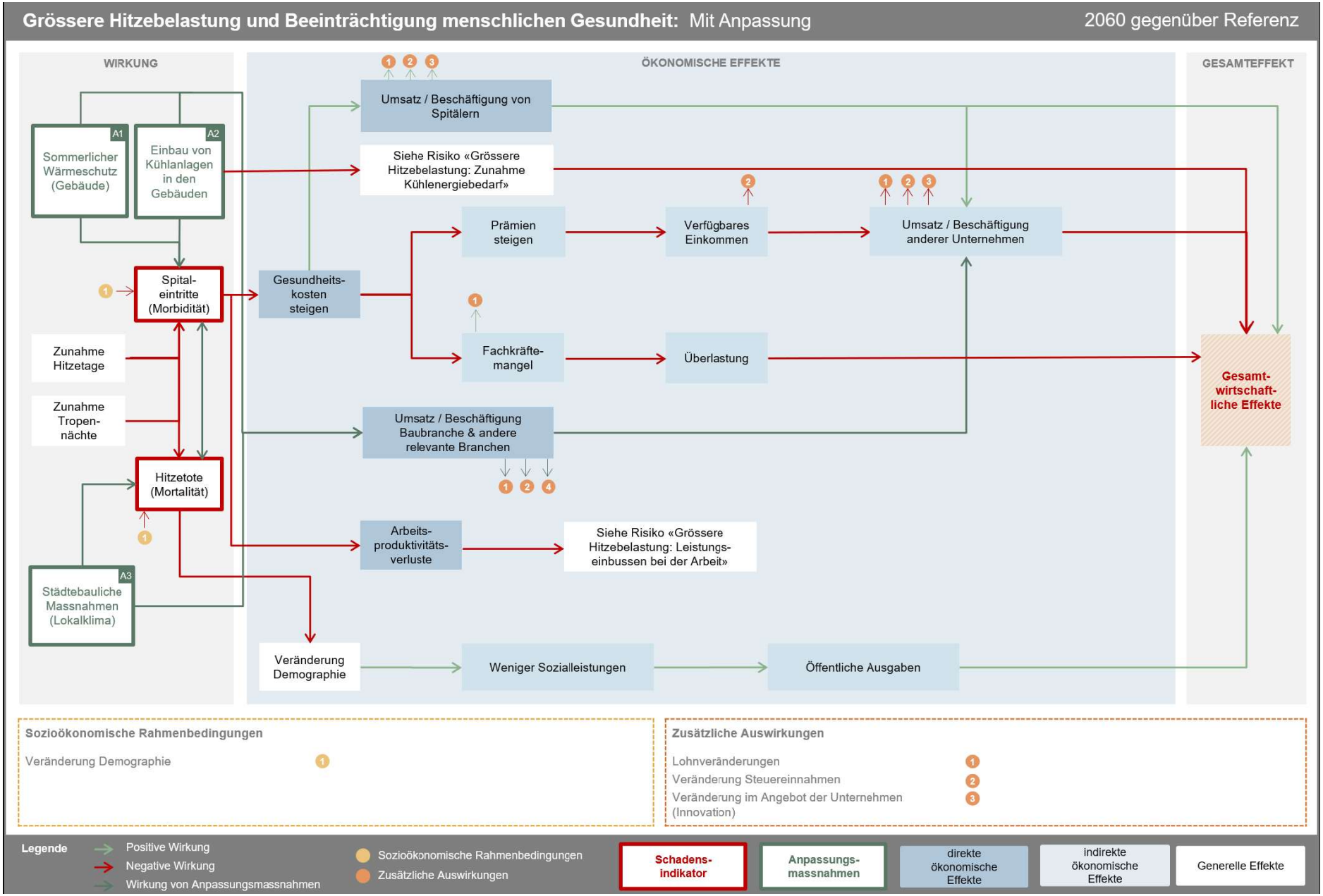


Abbildung 30 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Die betrachteten Anpassungsmassnahmen reduzieren die zuvor beschriebenen gesamtwirtschaftlichen Effekte. Gleichzeitig führen sie zu einem positiven Impuls für verschiedene Branchen, die bei der Herstellung oder dem Einbau der für die Anpassung an den Klimawandel benötigten Güter beteiligt sind.

Gesamtwirtschaftlicher Effekt

Insgesamt führen die Anpassungsmassnahmen dazu, dass der gesamtwirtschaftliche negative Effekt weniger stark ausfällt.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Erhöhte Kosten für Baumassnahmen oder Energiekosten für zusätzliche Kühlung belasten einkommensschwache Haushalte besonders. Insbesondere, da diese eher in weniger gut isolierten Gebäuden wohnen (Kauer et al., 2025).

— Städtebauliche Massnahmen und insbesondere kühle Orte sollten für alle Bevölkerungsgruppen und insbesondere die vulnerablen Gruppen leicht zugänglich sein. Dies ist bei der Konzeption und Umsetzung entsprechend zu berücksichtigen.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

4.1.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Analyse zu den Auswirkungen des Klimawandels unter Einbezug des Bevölkerungswachstums: Das Bevölkerungswachstum und die sich verändernde Demographie sind wichtige Treiber der Auswirkungen der grösseren Hitzebelastung. Die Auswirkungen der grösseren Hitzebelastung auf die künftige Bevölkerung und Demografie sollte vertieft analysiert werden.

— Erhebungen zu den vermehrten Konsultationen bei Apotheken, Hausärzten und weiteren Gesundheitsinstitutionen: Um Klarheit zu erlangen, ob die Konsultationen aufgrund der Hitze steigen, sollten diese in einem ersten Schritt erfasst werden. Anschliessend kann beurteilt werden, wie relevant die Auswirkungen bei den Gesundheitsinstitutionen sind und ob weitere Analysen sinnvoll sind.

— Detailanalyse zu mentalen Folgen der Hitzebelastung: Mit den aktuellen Daten können die Informationen zu den psychischen Störungen und Verhaltensstörungen bisher nicht isoliert betrachtet werden. Eine detailliertere Separierung der verschiedenen Gründe der Notfallaufnahme ermöglicht eine vertiefte Analyse der Notfallaufnahmen und dem Zusammenhang mit Hitze und den unterschiedlichen Krankheitsprofilen.

— Detailanalyse zu den Kosten der Auswirkungen der Hitze auf die menschliche Gesundheit, die detailliertere Kostenpunkte beinhaltet, wie beispielsweise die Kosten der Konsultationen bei Apotheken, Hausärzten oder die psychiatrischen Untersuchungen und basierend auf den verlorenen Lebensjahren rechnet anstelle der VOSL.

4.2 Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung

Der Klimawandel führt weltweit zu steigenden Temperaturen, häufigeren Hitzewellen und längeren Phasen extremer Temperaturen (IPCC 2022). Diese Entwicklungen erhöhen nicht nur das Risiko hitzebedingter Erkrankungen und Todesfälle, sondern beeinträchtigen auch die Leistungsfähigkeit von Menschen im Arbeitsumfeld. Hohe Temperaturen belasten den Körper, insbesondere in Verbindung mit hoher Luftfeuchtigkeit, verringern die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit und erhöhen das Unfallrisiko – besonders bei körperlich anspruchsvollen Tätigkeiten im Freien. Da Arbeit ein zentraler Bestandteil der wirtschaftlichen Wertschöpfung ist, haben anhaltende Produktivitätsverluste durch Hitze gesamtwirtschaftliche Folgen.

In der Schweiz wurden die Folgen der steigenden Hitzebelastung auf die Arbeitsproduktivität bislang kaum untersucht. Eine aktuelle Studie von Stalhandske et al. (2022), schätzt, dass die Schweiz bereits heute aufgrund von Hitze Produktivitätsverluste in der Höhe von fast 700 Mio. CHF pro Jahr hinnehmen muss und dass diese bis 2050 je nach Szenario um bis zu 65 % steigen können.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der grösseren Hitzebelastung auf die Arbeitsproduktivität, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung: Schäden, Kosten und Beteiligte

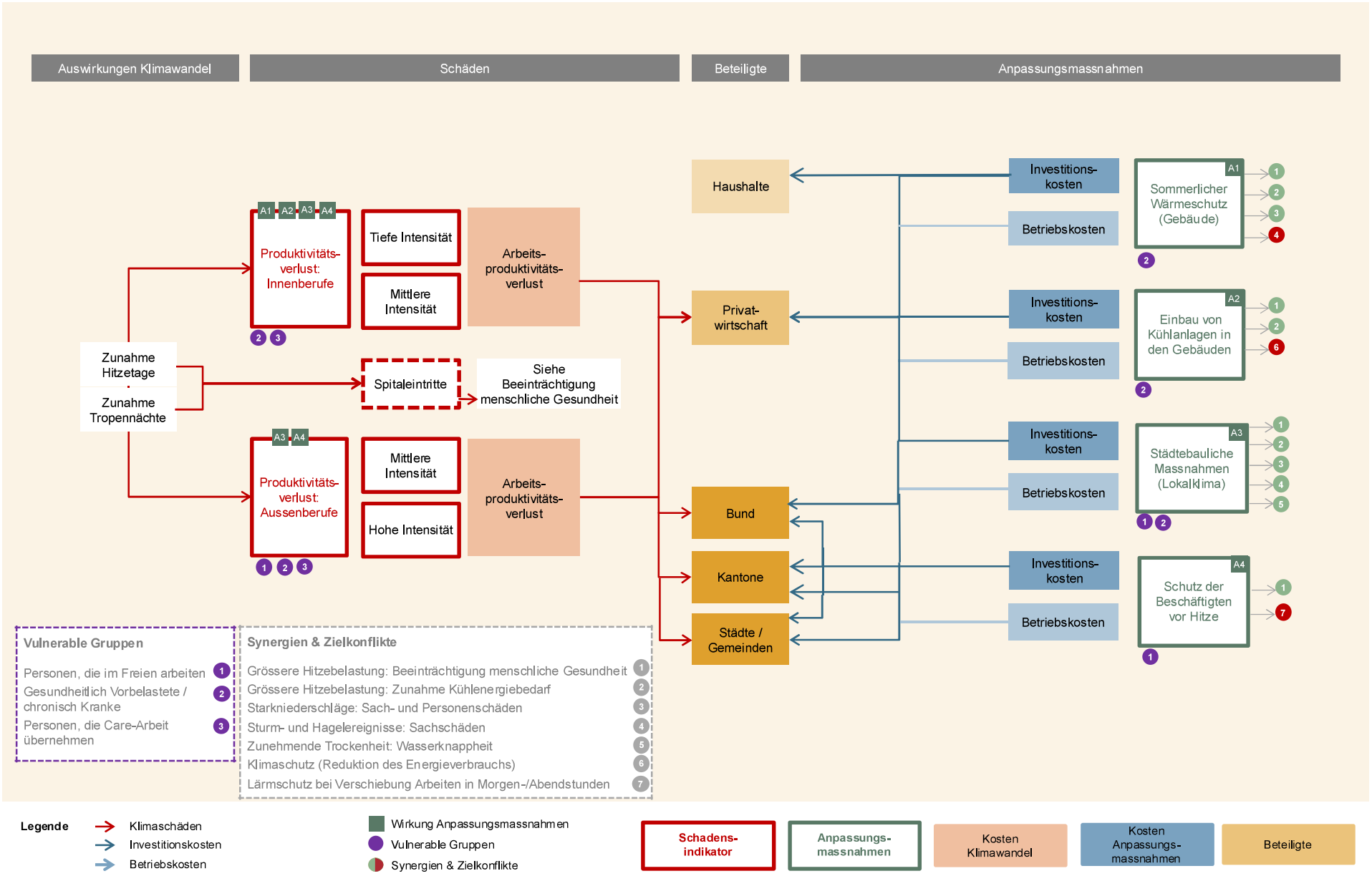


Abbildung 31 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Leistungseinbussen bei der Arbeit bei grösserer Hitzebelastung. Quelle: eigene Darstellung.

4.2.1 Auswirkungen des Klimawandels

Auswirkungen des Klimawandels auf die der Leistungseinbussen bei der Arbeit werden basierend auf den Arbeitsproduktivitätsverlusten berechnet.

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Die Modellierung basiert auf der Studie von Stalhandske et al. (2022) der darauf zugrundeliegenden Masterarbeit von Stalhandske (2020) und verwendet dasselbe methodische Vorgehen als auch dieselben Datengrundlagen. Konkret wird die Feuchtkugel-Globaltemperatur (*Wet Bulb Globe Temperature*, WBGT) berechnet, die das tatsächliche Temperaturempfinden für verschiedene Situationen beschreibt. Mithilfe sogenannter *Impact Functions*, mathematische Funktionen, die den Zusammenhang zwischen Hitze und Arbeitsproduktivitätsverlust zeigen, wird abgeschätzt, wie stark die Arbeitsleistung je nach Tätigkeit sinkt. Diese Verluste werden mit den Löhnen der Beschäftigten verrechnet, um die jährlichen wirtschaftlichen Kosten für die gesamte Schweiz zu berechnen. Anders als die Originalstudie werden im vorliegenden Bericht branchenspezifische Resultate modelliert, die allerdings auch wiederum von den Standorten der Unternehmen abhängig sind.

Auswirkungsindikatoren

Für die Modellierung wird folgender Indikator analysiert:

— Arbeitsproduktivitätsverluste in Mio. CHF/Jahr

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Es wird ausschliesslich der Produktivitätsverlust während der Arbeitszeit berücksichtigt. Eine Reduktion der Arbeitszeiten durch Hitze bleibt unberücksichtigt.

— Hitze während der Arbeitszeit führt nicht nur zu einer reduzierten Produktivität, sondern auch zu Krankheitsfällen und vermehrten Unfällen. Die damit verbundenen Ausfälle und Kosten für die Unternehmen und betroffenen Personen sind nicht berücksichtigt.

— Auch werden die Folgen von aufeinanderfolgenden Hitzetagen, Tropennächten und länger anhaltenden Hitzeperioden, die zu einer stetigen Verringerung der Arbeitsproduktivität führen, nicht berücksichtigt.

Abweichungen der Systemgrenzen

Folgende Aspekte weichen von der übergeordneten Systemgrenze ab:

— Referenzperiode: Das Basisjahr der Referenzperiode ist in dieser Modellierung das Jahr 2020 analog zur Originalstudie.

— Zukunftsperiode: Die Emissionsszenarien beziehen sich auf das Jahr 2065 analog zur Originalstudie.

— Für beide Perioden wird ein Zeitraum von ±3 Jahren rund um das zentrale Jahr verwendet analog zur Originalstudie.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT), aus dem Jahr 2017 (BFS, 2022): Gemeindegenaue Angaben zu Unternehmen und Beschäftigte nach Branchen.

— Bundesamt für Statistik (BFS, 2024g): Lohnstrukturerhebung (LSE), aus dem Jahr 2018: Angaben zu Medianlöhne nach Branche in der Schweiz

— CH2018 Klimaszenarien für die Schweiz (CH2018, 2018): maximale und minimale Temperatur, Umwandlung in WBGT mit eigener Modellierung.

Sozioökonomische Daten

Für die Entwicklung der *Impact Funktionen* für den Verlust der Arbeitsproduktivität (%) in Abhängigkeit von der WBGT haben Stalhandske et al. (2022) auf sechs empirische Studien zurückgegriffen. Sozioökonomische Veränderungen, wie zum Beispiel Bevölkerungswachstum, werden explizit aus der Modellierung ausgeschlossen.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu berücksichtigen:

— Die verwendeten Klimadaten bilden den Hitzeinsel-Effekt nicht ab, sodass die Temperaturen und damit auch die Auswirkungen in dicht besiedelten Gebieten, und insbesondere Städten, unterschätzt werden. Da die Arbeitsorte in diesen Gebieten besonders stark vertreten sind, werden die Auswirkungen tendenziell unterschätzt.

— Die Projektionen lassen sowohl Wirtschaftswachstum, demografische Veränderungen als auch mögliche gesellschaftliche Anpassungen an ein wärmeres Klima, wie beispielsweise veränderte Arbeitsgewohnheiten, ausser Acht. Im Hinblick auf die Wachstumsprognosen werden die Auswirkungen tendenziell unterschätzt und die demografische Veränderung und gesellschaftlichen Anpassungen könnten zu einer Überschätzung führen. Eine Validierung der Ergebnisse mit aktuelleren und gebietsspezifischen Risiko-Koeffizienten fehlt bislang.

— Die *Impact Funktionen* zur Abschätzung der Arbeitsproduktivität basieren auf globalen Studien, weshalb die Reaktionen von Schweizer Arbeitskräften möglicherweise anders ausfallen.

— Die Einschätzung der körperlichen Aktivität der Beschäftigten erfolgt lediglich anhand der Branche, in der sie tätig sind und sind daher sehr stark generalisiert.

Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Überführung der Auswirkungen des Klimawandels in wirtschaftliche Effekte erklärt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Arbeitsproduktivität führen zu Leistungseinbussen beim Faktor Arbeit und resultieren damit in Lohnverlusten, die als wirtschaftliche Effekte zu verstehen sind. Die Ergebnisse sind daher im Kapitel 4.2.3 festgehalten.

Vulnerable Gruppen

Für dieses Risiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

Personen, die im Freien arbeiten

— Hitze belastet vor allem Beschäftigte, die in körperlich anspruchsvollen Berufen im Freien arbeiten, insbesondere in der Bauindustrie, der Land- und Forstwirtschaft oder im verarbeitenden Gewerbe. Hohe Temperaturen oder gar direkte Sonnenexposition beeinträchtigen die körperliche, aber auch kognitive Leistungsfähigkeit, was sich negativ auf Konzentration, Entscheidungsfindung und Sicherheit auswirken kann (Kjellstrom et al., 2009, Laurent et al., 2018). In der Bau- und Landwirtschaft können gewisse Tätigkeiten zu bestimmten Tageszeiten während Hitzeperioden gar nicht mehr durchgeführt werden (Brandes et al., 2023).

— Gesundheitlich Vorbelastete und chronischen Kranke sind anfälliger dafür, negative Konsequenzen von Hitze zu erleiden. Für weitere Informationen siehe Risiko Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit durch grössere Hitzebelastung (4.1.1).

Gesundheitlich Vorbelastete, Chronisch Kranke

— Pflege- und Betreuungsaufgaben erfordern oft lange körperliche Anstrengung ohne ausreichende Pausen (Brandes et al., 2023). Da Frauen überdurchschnittlich viel Care-Arbeit übernehmen, tragen sie eine überproportionale Belastung während Hitzeperioden (European Environment Agency, 2024).

Personen, die Care Arbeit übernehmen

Ergänzend zu diesen vulnerablen Gruppen gibt es weitere Aspekte, die die Betroffenheit erhöhen können, wie beispielsweise:

— Menschen, die an nicht vor der Hitze geschützten Arbeitsplätzen arbeiten, sind besonders betroffen während Hitzewellen. Dies sind beispielsweise schlecht isolierte Fabrikhallen, Werkstätten oder Büroräumlichkeiten in schlecht isolierten Dachgeschossen, etc.

4.2.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Sommerlicher Wärmeschutz (Gebäude)	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Forschung, Datensätze, Kommunikation, …) (G)
		Berücksichtigung lokalklimatische Aspekte bei Neu- und Umbauten sowie Arealentwicklungen (öffentliche Hand) (G)
		Vorschriften zu klimaangepassten Gebäuden (G)
		Sommerlicher Wärmeschutz von Gebäuden (Automatisierung Sonnenschutz, Begrünung, etc.) (A)
A2	Einbau von Kühlanlagen	Einbau von Kühlanlagen in Gebäuden (A)
A3	Städtebauliche Massnahmen (Lokalklima)	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Klimakarten, Arbeitshilfen, …) (G)
		Integration der Anpassungen an den Klimawandel in raumplanerische Instrumente (G)
		Städtebauliche Massnahmen zur Reduktion von Hitzestau und Hitzeinseln (G)
		Berücksichtigung lokalklimatischer Aspekte bei Aussengestaltungen und Arealentwicklungen der öffentlichen Hand (G)
		Information und Sensibilisierung von Beteiligten (PlanerInnen, Bevölkerung, etc.) (G)
A4	Schutz der Beschäftigten vor Hitze	Anpassungen des Arbeitsschutzgesetzes in Bezug auf die Prävention vor Hitzestress (G)
		Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Frühwarnsysteme, Monitoring, …) (G)
		Hitzeaktionspläne von Unternehmen und der öffentlichen Hand (als Arbeitgebende), inkl. konkreter Aktivitäten während Hitzeperioden (bauliche und organisatorische Massnahmen) (A)
		Massnahmen für Mitarbeitende (Veränderte Arbeitszeiten, Pausen, Homeoffice, angepasste Arbeitskleidung, etc.) (A)
		Information und Sensibilisierung der berufstätigen Bevölkerung, Arbeitgebende und Verbände (G)

Tabelle 23 Anpassungsmassnahmen zu Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3). Insbesondere zu beachten ist der zusätzliche Reiter zu detaillierten Vorschlägen für Massnahmen in Bezug auf klimaangepasste Gebäude.

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

— Der Einbau von Kühlanlagen führt zu einem erhöhten Energieverbrauch und damit zu einem Konflikt mit dem Klimaschutz. Es ist darauf zu achten, dass die Kühlung, wenn immer möglich, durch passive Kühlung geschieht oder falls Kühlgeräte genutzt werden, diese mit erneuerbaren Energien betrieben werden (Isaac & van Vuuren 2009, IEA 2022).

— Kühlanlagen können sich negativ auf das städtische Klima auswirken und damit Hitzeinseln verstärken.

— Grosse Temperaturschwankungen zwischen Innen- und Aussentemperatur können zu gesundheitlichen Problemen führen.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung

In diesem Abschnitt wird jeweils die Überführung der Auswirkungen von Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel in wirtschaftliche Effekte erläutert. Da die Auswirkungen der Anpassung auf die Arbeitsproduktivität die potenziellen wirtschaftlichen Effekte (Veränderungen der Arbeitsproduktivität bzw. des Lohns) bereits berücksichtigen, entfällt hierfür eine separate Darstellung. Die Ergebnisse sind daher im Kapitel 4.2.3 integriert.

4.2.3 Kosten des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Berechnung Schadenskosten

Die Berechnung der Kosten sind weiter oben im Kapitel 4.2.1 beschrieben und beinhalten die Produktivitätsverluste der betroffenen Branchen.

Berechnung Anpassungskosten

Für die Berechnung der Anpassungskosten wird angenommen, dass bei den Innenberufen Massnahmen zur Kühlung der Gebäude umgesetzt werden und die Ergebnisse vom Klimarisiko *Zunahme Kühlenergiebedarf* (Kapitel 4.3) übernommen. Anders als beim Klimarisiko *Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit* (Kapitel 4.1) wird angenommen, dass Unternehmen für die Anpassung an Hitze die kosteneffizienteste Lösung implementieren. Die Kosten sind dabei deutlich geringer, wenn nicht nur Kühlanlagen installiert werden, sondern auf andere Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz von Gebäuden zurückgegriffen wird. Analog zum Vorgehen beim Klimarisiko *Zunahme Kühlenergiebedarf* (Kapitel 4.3) wird angenommen, dass aufgrund des Baustandards 30 % der Gebäude im Jahr 2060 keine zusätzliche Kühlung benötigen und dass von den übrigen Gebäude 80 % passive Kühlung und 20 % aktive Kühlung nutzen. Mit diesen Massnahmen können alle Gebäude ausreichend gekühlt werden, um hitzebedingte Produktivitätsverluste vollständig zu verhindern.

Für die Aussenberufe wird angenommen, dass die Verlegung der Arbeitszeiten zu keinen zusätzlichen Kosten führt. Den Berechnungen von Stalhandske (2020) folgend wird angenommen, dass diese Massnahme den Produktivitätsverlust um 52 % reduziert.

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

— Die Verlegung der Arbeitszeiten würde in Realität voraussichtlich zu Mehrkosten führen aufgrund von höheren Löhnen, die für Abend- und Nachzuschläge bezahlt werden müssen. Die Anpassungskosten sind daher tendenziell unterschätzt.

Ergebnisse

Die folgende Abbildung zeigt das Ausmass des Arbeitsproduktivitätsverlusts nach Kantonen und Emissionsszenarien relativ zur Gesamtproduktivität.

Schadenskosten

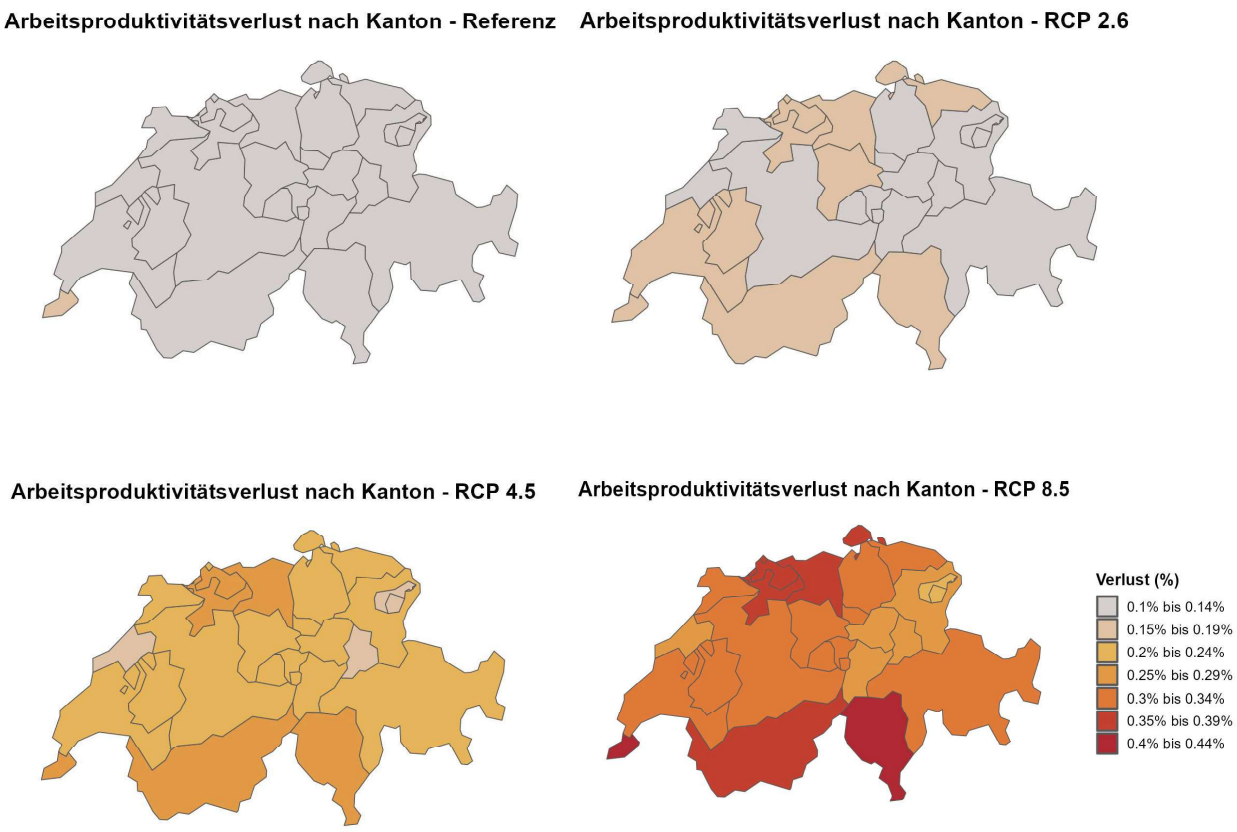


Abbildung 32 Jährliche Arbeitsproduktivitätsverluste relativ zur Gesamtproduktivität nach Kanton und Emissionsszenario. Quelle: eigene Darstellung.

Die jährlichen Verluste sind im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) mit bis zu 0.4 % rund viermal höher als im Referenzszenario.

Ebenso zeigen sich gewisse Unterschiede zwischen den Kantonen, wobei die Kantone Tessin, Wallis, Basel-Stadt, Basel-Land, Aargau, Schaffhausen, Solothurn und Genf am stärksten betroffen sind. Die Unterschiede sind dabei zum einen auf die unterschiedliche Branchenstruktur der Kantone zurückzuführen, zum anderen auf die unterschiedliche Betroffenheit durch Hitze.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Arbeitsproduktivitätsverluste nach Branche absolut (in CHF/Jahr) und relativ zur Gesamtproduktivität (in %).

Wichtig: Die Sektoren auf diesen Abbildungen sind jeweils nach Höhe der (relativen) Arbeitsproduktivitätsverluste aufgeführt. Dies führt dazu, dass die Reihenfolge der Sektoren sich zwischen den Abbildungen auf der linken Seite (Arbeitsproduktivitätsverluste) und rechten Seite (relative Arbeitsproduktivitätsverluste) unterscheiden kann.

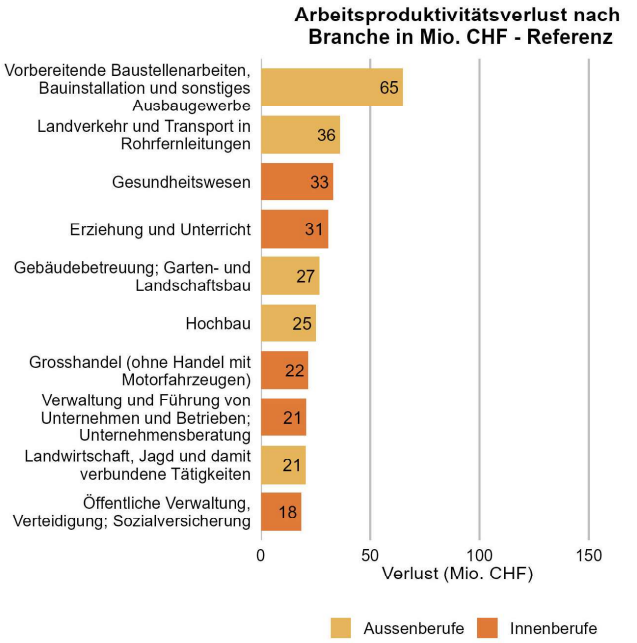


Abbildung 33 Jährliche Arbeitsproduktivitätsverluste nach Branche in Mio. CHF im Referenzszenario. Quelle: eigene Darstellung.

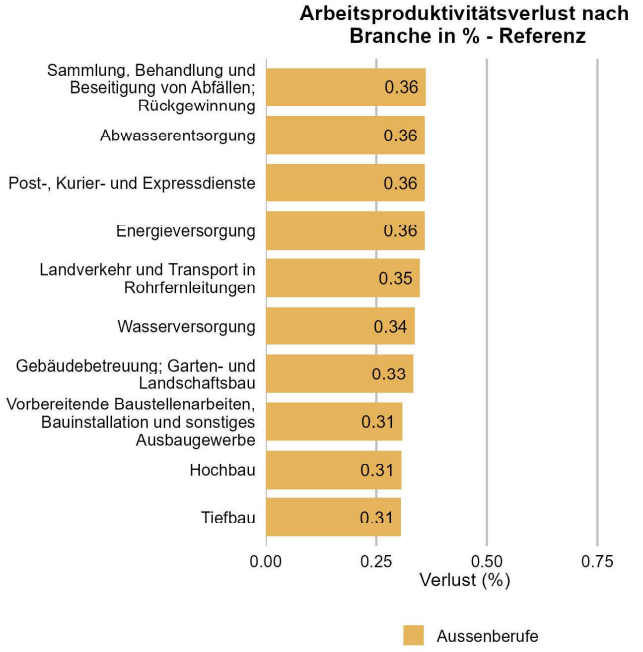


Abbildung 34 Jährliche Arbeitsproduktivitätsverluste nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im Referenzszenario. Quelle: eigene Darstellung.

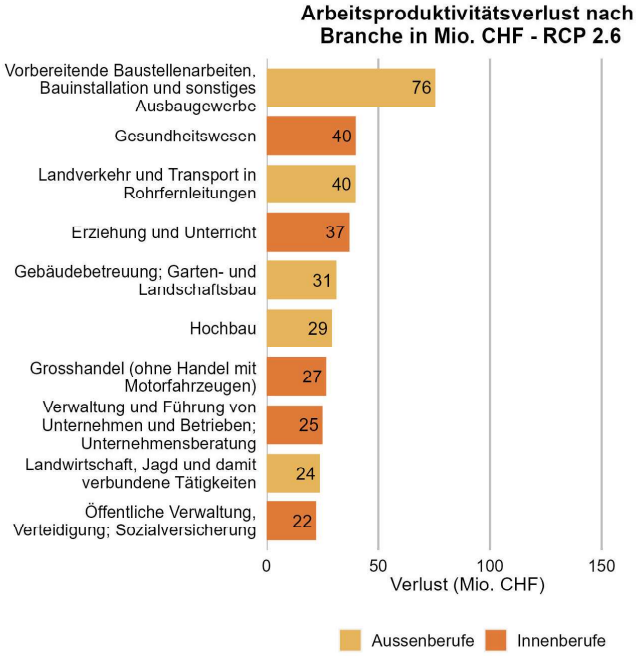


Abbildung 35 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branche in Mio. CHF im RCP 2.6 Szenario. Quelle: eigene Darstellung.

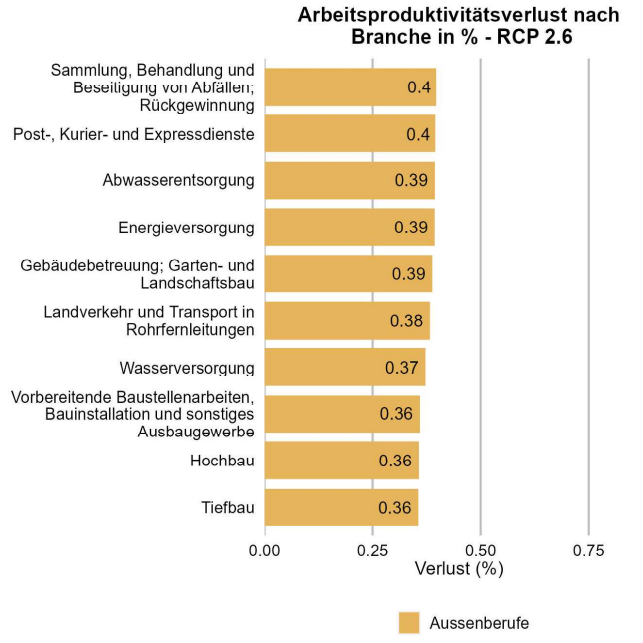


Abbildung 36 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im RCP 2.6 Szenario. Quelle: eigene Darstellung.

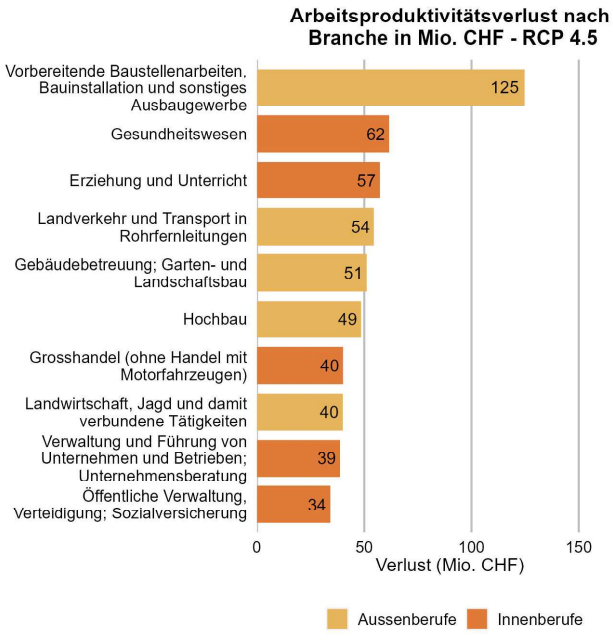


Abbildung 37 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen in Mio. CHF im RCP 4.5 Szenario. Quelle: eigene Darstellung.

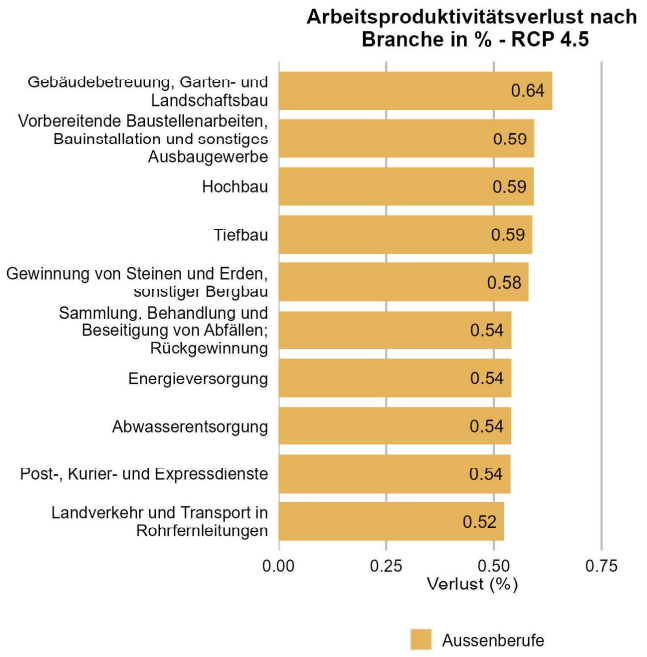


Abbildung 39 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im RCP 4.5 Szenario. Quelle: eigene Darstellung.



Abbildung 38 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen in Mio. CHF im RCP 8.5 Szenario. Quelle: eigene Darstellung.

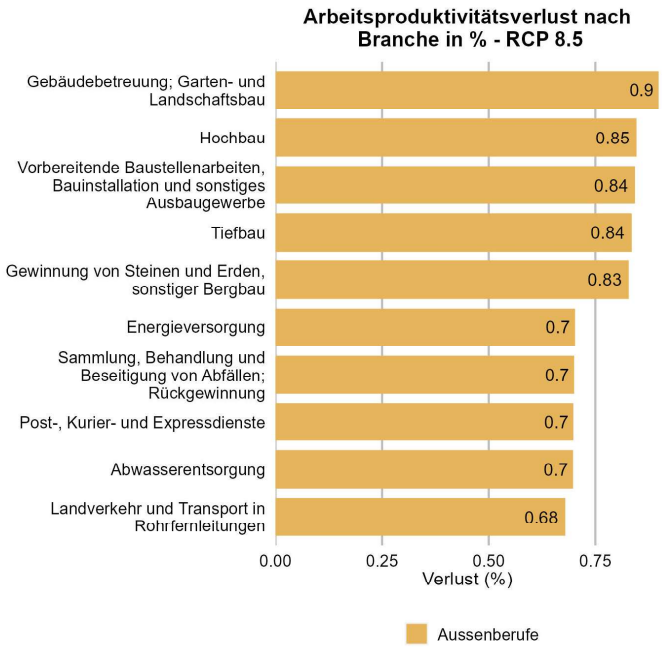


Abbildung 40 Jährliche Arbeitsproduktivität nach Branchen relativ zur Gesamtproduktivität im RCP 8.5 Szenario. Quelle: eigene Darstellung.

In Bezug auf die Branchen sind die Schäden absolut betrachtet in der Branche *Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallationen und sonstiges Ausbaugewerbe* mit bis zu 177 Mio. CHF Verlust pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) mit Abstand am höchsten. Schäden

sind ebenfalls in Branchen mit tendenziell mehr Innenberufen zu erwarten. Dazu zählen das *Gesundheitswesen* mit bis zu 91 Mio. CHF pro Jahr sowie der Bereich *Erziehung und Unterricht* mit bis zu 85 Mio. CHF pro Jahr.

Setzt man den Verlust in Relation zur Gesamtproduktion der Branche, so sind anders als in der absoluten Betrachtung in erster Linie Aussenberufe stark betroffen. Im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) sind dies vor allem Branchen im *Baubereich* wie dem *Garten-, Hoch- und Tiefbau* mit Produktionsverlusten zwischen 0.8 bis 0.9 % pro Jahr.

Insgesamt ergeben sich aus der Berechnung folgende jährliche Schadenskosten (Medianwerte).

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr)		
Schadensindikator	**Szenario**	Innenberufe	Aussenberufe	Total
Produktivitätsverlust	Referenz	369	209	578
	RCP 2.6	447	239	686
	RCP 4.5	685	376	1’061
	RCP 8.5	1’014	523	1’537

Tabelle 24 Jährliche Schadenskosten in der Schweiz von Leistungseinbussen bei der Arbeit für die Referenzperiode und 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Verluste können sich je nach Emissionsszenario bis zu verdreifachen im Vergleich zur Referenzperiode. Bei den Innenberufen zeigen sich höhere Verluste, obwohl sie weniger stark von der Hitze betroffen sind. Dies hat damit zu tun, dass in der Schweiz mehr Beschäftigte in Innenberufen tätig sind und die Löhne, und somit die Arbeitsproduktivität, tendenziell höher sind als in Aussenberufen.

Insgesamt ergeben sich Schäden in der Höhe von 686 Mio. CHF pro Jahr mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) bis zu 1'537 Mio. CHF pro Jahr ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5). Die Kosten werden dabei primär von der Privatwirtschaft getragen.

	Verteilung der Schadenskosten				
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Produktivitätsverlust	5 %	5 %	10 %	80 %	0 %

Tabelle 25 Verteilung der Schadenskosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabellen zeigen die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtanpassungskosten sowie die Verteilung der Kosten auf die Beteiligten.

		Anpassungskosten (Mio. CHF/Jahr)		
Massnahme	**Szenario**	Investitionskosten	Betriebskosten	Total
Passive und aktive Kühlmethoden	RCP 2.6	892	235	1’128
	RCP 4.5	1’224	391	1’616
	RCP 8.5	1’433	590	2’023

Tabelle 26 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz für 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

		Verteilung der Anpassungskosten			
Massnahme	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Passive Kühlmethoden	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %

Tabelle 27 Verteilung der Anpassungskosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Kosten für die Reduktion der Hitze in den Unternehmen sind zwischen 1’128 und 2'023 Mio. CHF pro Jahr. Die Kosten der Anpassungsmassnahmen werden komplett von den Unternehmen selbst getragen.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Durch die Anpassungsmassnahmen können die Produktivitätsverluste der Innenberufe komplett verhindert, jene der Aussenberufe um etwas mehr als die Hälfte reduziert werden.

		Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr)			Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Schadensindikator	**Szenario**	Innenberufe	Aussenberufe	Total	
Produktivitätsverlust (Mio. CHF/ Jahr)	Referenz	369	209	578	-
	RCP 2.6	0	115	115	- 83 %
	RCP 4.5	0	180	180	- 83 %
	RCP 8.5	0	251	251	- 84 %

Tabelle 28 Jährliche Schadenskosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Durch die Anpassungsmassnahmen reduzieren sich die Schadenskosten um über 80 %.

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten.

		Gesamtkosten ohne Anpassung (Mio. CHF / Jahr)	Gesamtkosten mit Anpassung (Mio. CHF / Jahr)	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Schadens-indikator	**Szenario**	Total	Total	
Produktivitätsver-lust (Mio. CHF/ Jahr)	Referenz	578	-	-
	RCP 2.6	686	1’243	+ 81 %
	RCP 4.5	1’061	1’796	+ 69 %
	RCP 8.5	1’537	2’274	+ 48 %

Tabelle 29 Jährliche Gesamtkosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung in der Schweiz für die Referenzperiode und 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

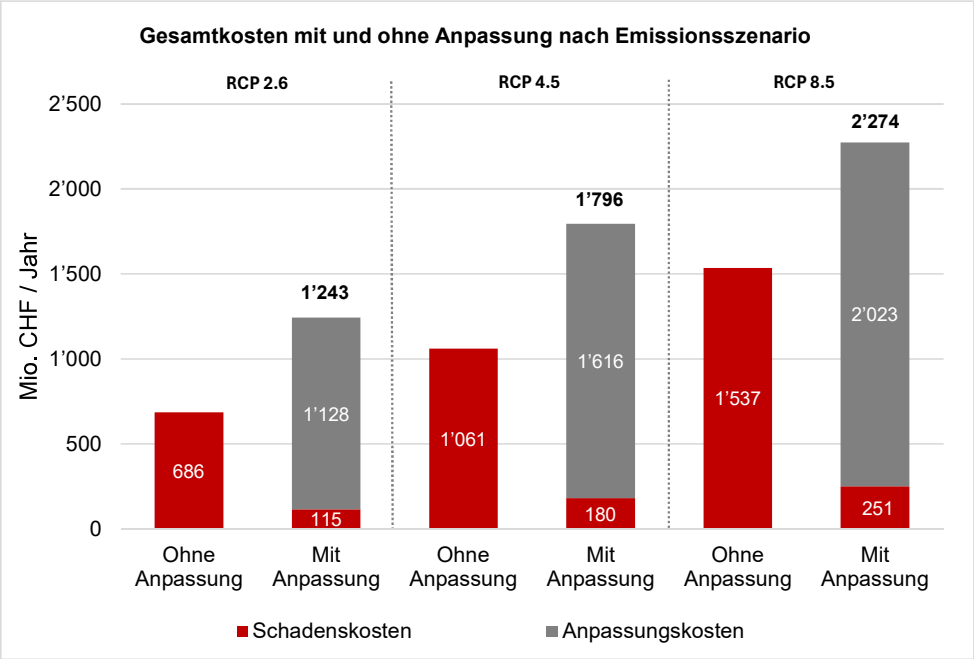


Abbildung 41 Jährliche Gesamtkosten von Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung in der Schweiz für die Referenzperiode und 2065 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Anpassungskosten übersteigen die Reduktion der Schadenskosten, sodass die Gesamtkosten höher ausfallen als die ursprünglichen Schadenskosten ohne Anpassung. Dies ist auf die Annahmen zurückzuführen, die bei den jeweiligen Analysen der Risiken betrachtet wurden:

— Die Schadenskosten werden aufgrund des angewandten Modells tendenziell unterschätzt, da verschiedene Aspekte nicht berücksichtigt werden.

— Die Anpassungskosten werden auf der anderen Seite deutlich überschätzt aufgrund der Annahme das 70% der Unternehmen eine Kühlung installieren und die Räumlichkeiten auf 21°C kühlen (Kapitel 4.3).[21] Es kann davon ausgegangen werden, dass in der Praxis nicht alle Unternehmen eine Kühlung installieren und anstelle der Kühlung verschiedene, organisatorische Massnahmen ergreifen, die kostengünstiger sind.

4.2.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben (Abbildung 42 ohne Anpassung und Abbildung 43 mit Anpassung).

[21] Gemäss der aktuellen Gesetzeslage in der Schweiz bestehen bei sommerlicher Hitze keine verbindlichen Vorgaben für eine maximale Raumtemperatur am Arbeitsplatz. Das Arbeitsgesetz (ArG) verpflichtet Arbeitgeber jedoch, die Gesundheit der Mitarbeitenden zu schützen. Dazu gehört gemäss Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz (ArGV 3) auch die Gewährleistung eines gesundheitlich zuträglichen Raumklimas. Konkrete Temperaturgrenzwerte sind derzeit nicht festgelegt. Inwieweit sich diese Rechtslage künftig ändern wird, wird im vorliegenden Bericht nicht analysiert.

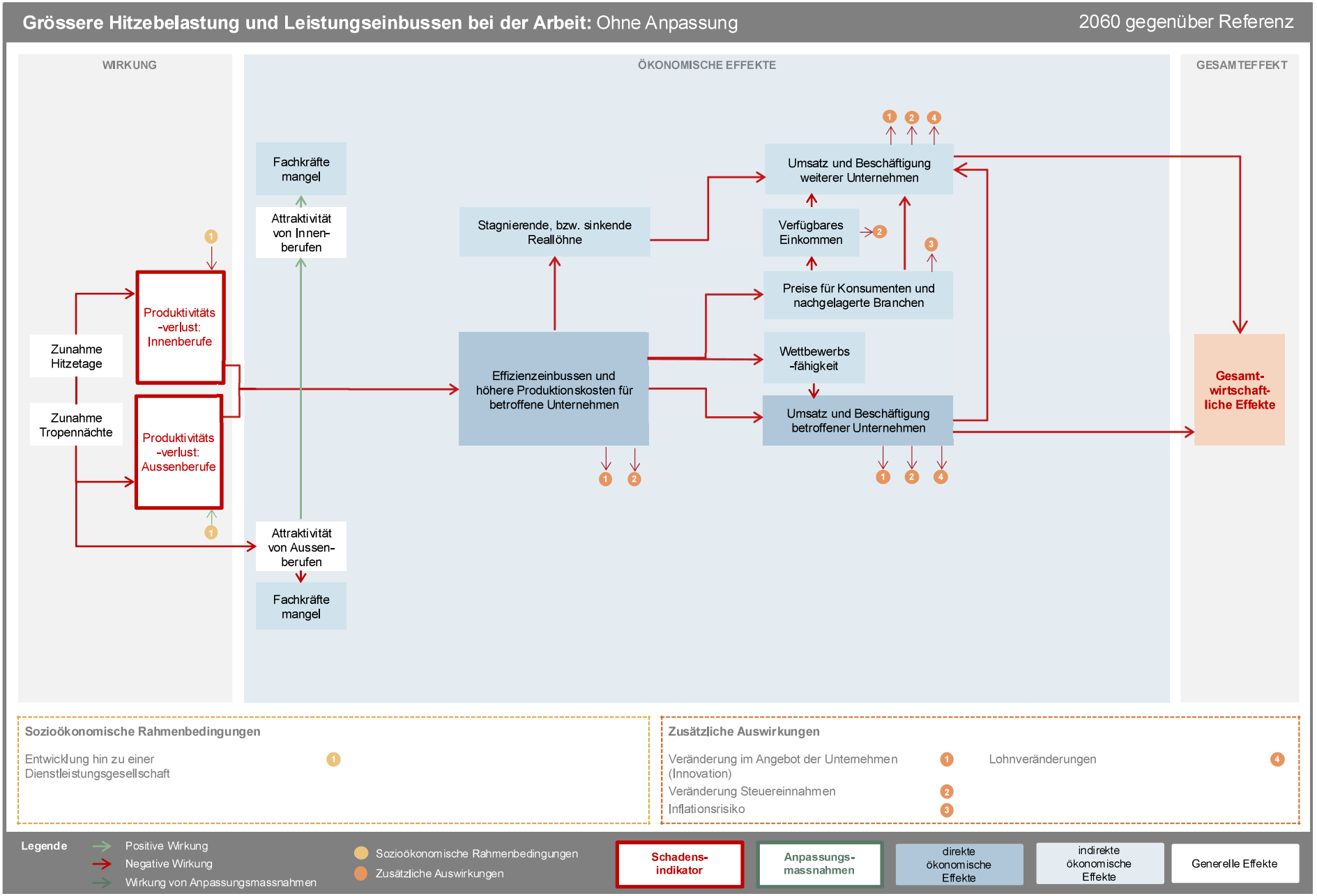


Abbildung 42 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung ohne Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Steigende Temperaturen führen sowohl in Innen- als auch in Aussenberufen zu Arbeitsproduktivitätsverlusten. Für die betroffenen Unternehmen bedeuten diese Produktivitätseinbussen höhere Produktionskosten und geringere Effizienz. In der Folge sinken ihre relative Wettbewerbsfähigkeit sowie Umsatz und Beschäftigung. Gleichzeitig wirken sich die durch die geringere Produktivität bedingten steigenden Kosten zumindest teilweise auf die Konsumpreise aus. Dadurch wird das verfügbare Einkommen der Haushalte belastet, und auch Umsätze und Beschäftigung in nachgelagerten Branchen können negativ beeinflusst werden.

Zugleich stagnieren oder sinken die Reallöhne[22] aufgrund der tieferen Arbeitsproduktivität, wodurch die Kaufkraft der Konsumentinnen und Konsumenten zusätzlich eingeschränkt wird. Dies wirkt sich wiederum negativ auf die Umsätze und die Beschäftigung weiterer Unternehmen aus.

Auch die Attraktivität bestimmter Berufe wird durch die Hitze beeinträchtigt. Aussentätigkeiten werden körperlich anstrengender, sodass Fachkräfte möglicherweise von Aussen- zu Innenberufen wechseln. Dies könnte den Fachkräftemangel in Aussenberufen verschärfen, während er in Innenberufen tendenziell abnimmt.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene kumulieren diese Entwicklungen zu negativen Effekten. Hinzu kommen zusätzliche Auswirkungen wie ein potenziell höheres Inflationsrisiko, Veränderungen bei Steuereinnahmen oder im Innovationsverhalten der Unternehmen.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Ohne Gegenmassnahmen gegen hitzebedingte Produktivitätsverluste könnten Reallöhne und Kaufkraft sinken, was insbesondere einkommensschwache Haushalte vor zusätzliche finanzielle Herausforderungen stellt.

[22] Produktivitätsverluste senken die Grenzproduktivität der Arbeit und damit den Verteilungsspielraum der Unternehmen, weshalb sich Anpassungen typischerweise in geringeren Löhnen niederschlagen. Die Annahme stellt eine sinnvolle Vereinfachung dar, da der Schock direkt die Arbeit betrifft und daher eher weniger über alternative Anpassungskanäle wie Gewinne oder Investitionen wirkt.

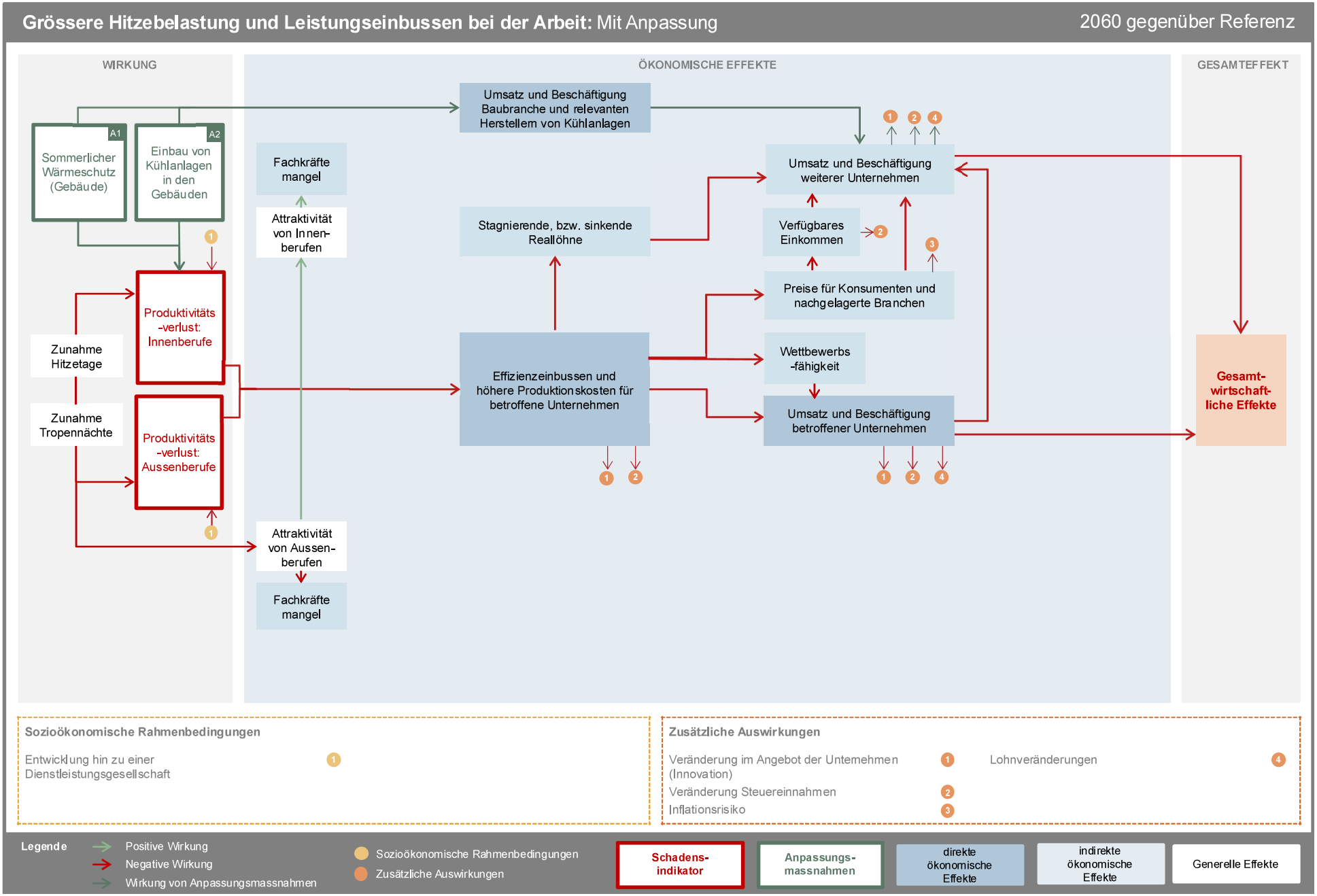


Abbildung 43 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Durch die Anpassung an die Hitze können insbesondere die negativen Effekte auf die Arbeitsproduktivität bei Innenberufen reduziert werden. Zusätzlich führt die Anschaffung sowie der Betrieb der Klimaanlagen zu weiteren positiven Impulsen in der Gesamtwirtschaft, die in gewissen Branchen zu zusätzlichem Umsatz und Beschäftigung führt.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt bleiben negative Gesamteffekte bestehen. Diese fallen jedoch tiefer aus als ohne Anpassung.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Anpassungsmassnahmen sollten so gestaltet sein, dass Mitarbeitende, insbesondere im Stundenlohn, vor kurzfristigen Einkommenseinbussen geschützt sind.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Quantitative Analyse

Aufbereitung der wirtschaftlichen Impulse

Die ursprünglichen Schadens- und Anpassungskosten werden im ersten Schritt in wirtschaftliche Impulse aufbereitet und anschliessend in das Modell eingespeist zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte.

Herleitung der wirtschaftlichen Impulse (Mio. CHF / Jahr)	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Ursprünglicher Effekt				
Schadenskosten	686	115	1537	251
Anpassungskosten		1128		2023
Schlussendlich getragen von				
Öffentliche Hand		226		405
Privatwirtschaft		902		1618
Haushalte	686	115	1537	251
Wirtschaftliche Impulse				
Schadensbehebung und Anpassung		1128		2023
Konsum- und Investitionsverzicht	-686	-1243	-1537	-2274

Tabelle 30 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Beeinträchtigung Leistungseinbussen bei der Arbeit durch zunehmende Hitzebelastung mit und ohne Anpassung für zwei Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Wichtig bei der Herleitung der wirtschaftlichen Impulse ist, dass die Kosten analog zur Modellierung der Auswirklungen als Lohnverluste interpretiert werden (Kapitel 4.2.1). Die Lohnverluste führen anschliessend zu einem Konsumrückgang der Haushalte.

Die Anpassungskosten werden von der Privatwirtschaft (Unternehmen) und der öffentlichen Hand getragen. Bei den Kosten der Anpassungsmassnahmen handelt es sich beispielsweise um Investitionen in Klimaanlagen und

um laufende Betriebskosten, wie zum Beispiel Energiekosten zur Betreibung der Klimaanlagen. Dabei wird in der Modellierung Rechnung getragen, dass (viele) Klimaanlagen importiert werden und die Anpassungsmassnahmen somit nur teilweise Wertschöpfung im Inland erzeugen.

— Schadensbehebung und Anpassung: Wirtschaftliche Impulse entstehen nur in Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel durch den Kauf von zusätzlichen Kühlanlagen. Die Leistungseinbussen bei der Arbeit führen zu keinen direkten, materiellen Schäden. Die Schäden führen ausschliesslich zu einer geringeren Arbeitsproduktivität, die sich in tieferen Löhnen und Unternehmensgewinnen niederschlagen an.

— Konsum- und Investitionsverzicht: Der Konsum- und Investitionsverzicht entsteht einerseits durch den Einkommensverlust der Haushalte und andererseits durch die Kosten der Anpassungsmassnahmen, die durch den Bund und die Unternehmen getragen werden, und teilweise auf die Haushalte abgewälzt werden.

Verwendete Datengrundlagen

Zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen werden die im Kapitel 3.5 genannten Daten verwendet.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der gesamtwirtschaftlichen Berechnung zu berücksichtigen:

— Wechselwirkungen zwischen den Auswirkungen verschiedener Klimarisiken werden in der gesamtwirtschaftlichen Modellierung nicht betrachtet.

— Der Verlust von Arbeitsproduktivität zeigt sich als Folge in geringeren Löhnen an die Arbeitnehmenden oder in Form von weniger Gewinnen bei den Arbeitgebenden. Im Folgenden wird vereinfachend ausschliesslich der Lohnrückgang und damit dem Einkommen an Arbeitnehmenden betrachtet. Der Verlust von Gewinnen hätte jedoch ähnliche Auswirkungen.

— Es wird angenommen das der Rückgang der Arbeitsproduktivität durch zusätzliche Arbeiten erbracht wird. Das heisst, dass der Produktionsrückgang als direkte Folge von Arbeitsproduktivität in der Modellierung nicht betrachtet wird.

— In der Praxis könnte eine Verlegung der Arbeitszeiten aufgrund des Klimawandels eine mögliche Anpassungsmassnahme darstellen. Dies würde voraussichtlich zu Mehrkosten im Zusammenhang mit den höheren Löhnen führen, die für Abend- und Nachzuschläge bezahlt werden müssen. Dies wird in der Modellierung analog zur Kostenmodellierung nicht berücksichtigt.

Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte dargestellt. Dabei werden in einem ersten Schritt die Effekte der Schäden und der Anpassung betrachtet und anschliessend den Effekten des Konsumverzichts gegenübergestellt.

Schaden und Anpassung

Gesamtwirtschaftliche Effekte Schaden und Anpassung	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**0**	**950**	**0**	**1’748**
Direkt	0	339	0	599
Indirekt	0	611	0	1’148
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**0**	**6’485**	**0**	**11’740**
Direkt	0	2’630	0	4’560
Indirekt	0	3’855	0	7’180
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**0**	**71**	**0**	**128**

Tabelle 31 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte von Schaden und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Impuls der Anpassungskosten führt zu positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten. Sie führen zu einer Erhöhung der Bruttowertschöpfung von rund 1’748 Mio. CHF pro Jahr sowie einer Erhöhung der Beschäftigung von rund 12'000 VZÄ pro Jahr. Ebenso steigen die Steuereinnahmen um 128 Mio. CHF pro Jahr.

Ohne Anpassung gibt es keine Impulse und somit liegen keine gesamtwirtschaftlichen Effekte vor.

Konsumverzicht

Gesamtwirtschaftliche Effekte Konsumverzicht	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (in Mio. CHF/ Jahr)	**-668**	**-1’092**	**-1’496**	**-2’001**
Direkt	-309	-472	-693	-867
Indirekt	-358	-620	-803	-1’134
Beschäftigung (in VZÄ)	**-4’420**	**-7’065**	**-9’895**	**-12’960**
Direkt	-2’130	-3’160	-4’770	-5’805
Indirekt	-2’290	-3’905	-5’125	-7’155
Steuereffekte (in Mio. CHF/ Jahr)	**-51**	**-96**	**-114**	**-176**

Tabelle 32 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte des Konsumverzichts nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Konsumverzicht führt im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) zu einer gesamtwirtschaftlichen Reduktion der Bruttowertschöpfung von bis zu 2’001 Mio. pro Jahr sowie zu einem Rückgang der Beschäftigung in der Höhe von bis zu rund 12’960 VZÄ pro Jahr. Die Steuereinnahmen sinken um bis zu 176 Mio. CHF pro Jahr.

Totale Gesamtwirtschaftliche Effekte

Gesamtwirtschaftliche Effekte Total (Schaden und Anpassung sowie Konsumverzicht)				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung	**-668**	**-141**	**-1’496**	**-254**
Direkt	-309	-133	-693	-268
Indirekt	-358	-8	-803	14
Beschäftigung	**-4’420**	**-580**	**-9’895**	**-1’220**
Direkt	-2’130	-530	-4’770	-1’245
Indirekt	-2’290	-50	-5’125	25
Steuereffekte	**-51**	**-26**	**-114**	**-48**

Tabelle 33 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Berechnungen.

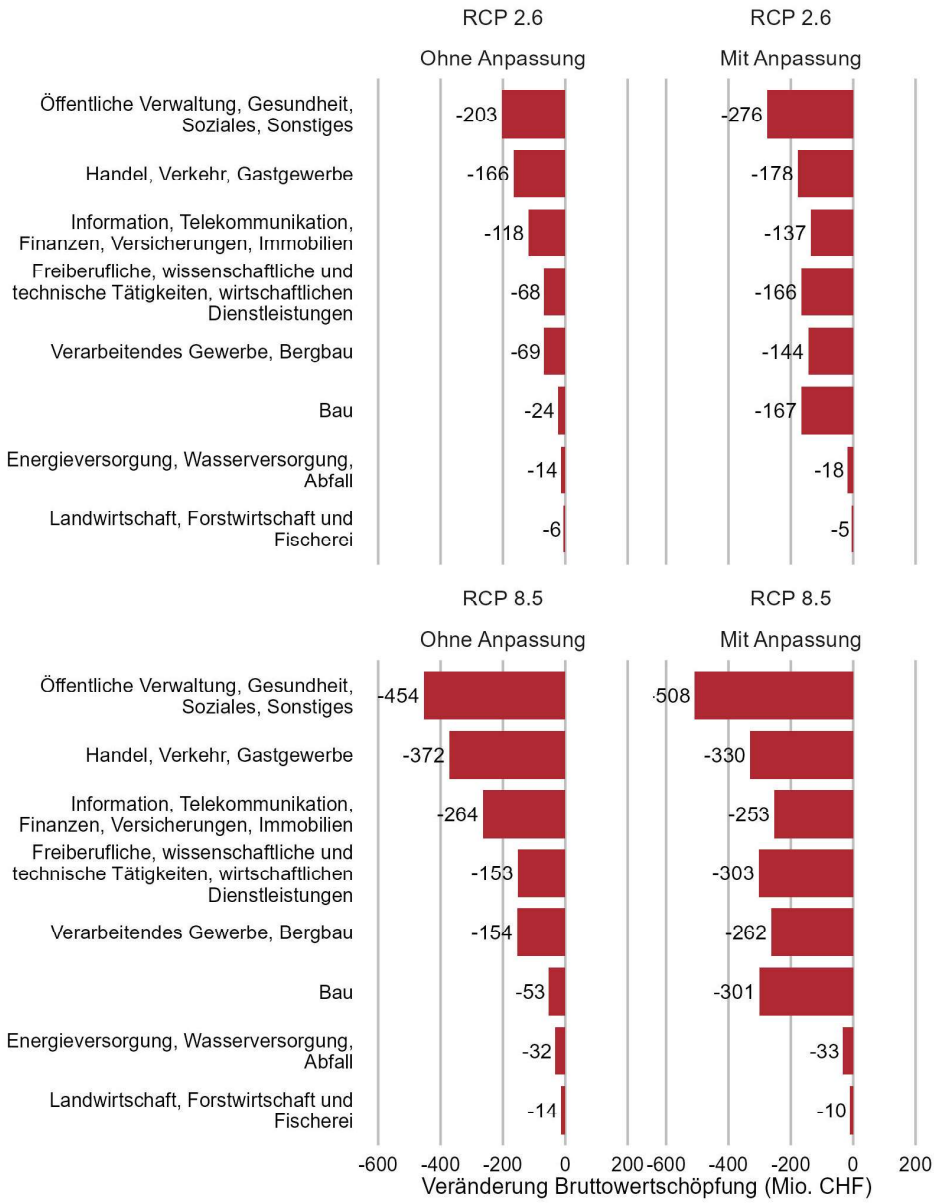
Auswirkungen auf Branchen

Insgesamt führen die beiden Impulse zusammen betrachtet zu klar negativen Effekten. Dabei sinkt die Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassung um rund 1’496 Mio. CHF pro Jahr, die Beschäftigung um 9’895 VZÄ und die Steuereinnahmen um bis zu 114 Mio. CHF pro Jahr. Im Emissionsszenario mit (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) ohne Anpassung können diese Effekte deutlich verringert werden auf eine Reduktion der Bruttowertschöpfung von rund 668 Mio. CHF pro Jahr, der Beschäftigung um 4’420 VZÄ und der Steuereinnahmen um bis zu 51 Mio. CHF pro Jahr.

Mit Anpassung bestehen weiterhin gesamtwirtschaftliche Schäden, jedoch fallen sie deutlich tiefer aus. So kann der Verlust der Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) beispielsweise um über 1'000 Mio. CHF jährlich reduziert werden (gegenüber dem gleichen Szenario ohne Anpassung an den Klimawandel).

Auswirkungen auf Branchen

Die folgende Grafik zeigt die Auswirkungen der gesamten Bruttowertschöpfung auf die verschiedenen Branchen.



Quelle: EBP

Abbildung 44 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Darstellung.

Aufgeschlüsselt nach Branchen zeigt sich, dass alle Branchen vom Verlust der Arbeitsproduktivität betroffen sind. Am stärksten betroffen sind die Branchen, die verhältnismässig arbeitsintensiv sind, wie beispielsweise *Öffentliche Verwaltung, Gesundheit, Soziales, Sonstiges*, *Handel, Verkehr, Gastgewerbe* sowie *Information, Telekommunikation, Finanzen, Versicherungen, Immobilien*. Die positiven Impulse der Anpassungsmassnahmen wirken den negativen gesamtwirtschaftlichen Effekten bedingt durch Abnahme der Arbeitsproduktivität entgegen, führen aber bei keiner der Branchen zu insgesamt positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten.

Verteilungseffekte

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilungseffekte auf und welche Haushalte, abhängig von ihrem Einkommen, die Schadens- und Anpassungskosten zu welchem Anteil tragen.

Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten	
Haushaltseinkommen (in CHF / Monat)	**Konsumverzicht Haushalte**
unter 4’669	10 %
4’669 – 7’004	40 %
7’005 – 9’733	22 %
9’734 – 13’716	22 %
ab 13’717	6 %

Tabelle 34 Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten nach Einkommensklassen der Leistungseinbussen bei der Arbeit durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Analyse zeigt, dass der grösste Teil der Kosten die Haushalte mit einem Einkommen zwischen 4'669 und 7’004 CHF pro Monat tragen.

4.2.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Analysen in Bezug auf den Hitzeinseleffekt: Viele Arbeitsplätze liegen in dicht besiedelten, städtischen Gebieten, die vom Hitzeinseleffekt betroffen sind. Spezifische Analysen in Bezug auf die Auswirkungen in diesen Gebieten in Kombination mit den Gebäudequalitäten können genauere Informationen zu den Auswirkungen geben.

— Präzisierung der Aktivitäten innerhalb der Branchen: Genauere Informationen zu den tatsächlichen körperlichen Aktivitäten innerhalb einer Branche und deren Aufteilung innerhalb der Branchen ermöglicht ein besseres Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels in diesen Branchen.

— Analysen mit Schweiz-spezifischen Daten sowie deren Validierung mit aktuellen und gebietsspezifischen Risiko-Koeffizienten: Eine Detailanalyse ermöglicht genauere Erkenntnisse für die Schweiz und den konkreten Auswirkungen für Schweizer Unternehmen.

— Analysen zum Einfluss von negativen, gesundheitlichen Einflüssen durch Hitzetage, Tropennächte und langanhaltenden Hitzeperioden auf die Arbeitsproduktivität: Eine vertiefte Analyse kann weitere Erkenntnisse geben auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Arbeitsproduktivität.

— Analysen für besonders betroffene Branchen: Eine Detailanalyse ermöglicht genauere Erkenntnisse für spezifische Branchen, damit diese konkreten Anpassungsmassnahmen prüfen und umsetzen können, die die spezifischen Gegebenheiten in der Branche integrieren.

— Analysen zu den Auswirkungen von organisatorischen Anpassungsmassnahmen bei Aussen- und Innenberufen: Organisatorische Massnahmen, wie beispielsweise die Verdunkelung und Lüftung von Gebäuden, haben einen (potenziell) grossen Einfluss ohne hohe Kosten auf die Leistungsfähigkeit der Arbeitnehmenden. Die Analyse Wirksamkeit dieser Massnahmen könnte Hinweise geben, welche Massnahmen sinnvoll umgesetzt werden können.

4.3 Zunahme Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung

Der Klimawandel führt weltweit zu einem signifikanten Anstieg von Temperaturen und einer Häufung und Zunahme extremer Hitzeperioden (IPCC, 2022, EEA, 2022). Diese Entwicklung hat direkte Auswirkungen auf den Energiebedarf von Gebäuden. Während der Heizenergiebedarf in milden Wintern tendenziell abnimmt, steigt der Bedarf an Kühlung in Sommermonaten deutlich an (Isaac & van Vuuren, 2009, Santamouris, 2016). In urbanen Räumen verstärken zusätzliche Effekte wie der städtische Hitzeinseleffekt die Nachfrage nach aktiver Kühlung weiter (Grossman-Clarke et al., 2017, Founda and Santamouris, 2017). Prognosen zeigen, dass sich in vielen europäischen Regionen die Zahl der Tage mit Kühlbedarf[23] bis Mitte des Jahrhunderts mehr als verdoppeln könnte (Zubler et al., 2014). Die steigende Nachfrage nach Kühlung bringt weitreichende Folgen mit sich. Einerseits werden Haushalte und Unternehmen durch höhere Energiekosten belastet, andererseits erhöhen sich die Anforderungen an Energieinfrastrukturen und Netze (IEA, 2018, Ürge-Vorsatz et al., 2015).

Für die Schweiz liegen bereits erste Modellierungen vor, die einen deutlichen Anstieg des Kühlenergiebedarfs für Wohn- und Bürogebäude erwarten lassen (Zubler et al., 2014, Remund et al., 2020). In urbanen Gebieten wie Zürich, Basel oder Genf ist mit einer besonders starken Zunahme zu rechnen, da hier hohe Bebauungsdichte und Hitzeinseleffekte zusammentreffen (BAFU, 2021b). Gleichzeitig sind vermehrt Gebäude mit Glasfassaden und geringer Wärmespeicherfähigkeit betroffen, die besonders anfällig für Überhitzung sind (Cozza et al., 2020).

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der grösseren Hitzebelastung auf die Zunahme des Kühlenergiebedarfs, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

[23] Tage mit Kühlbedarf werden definiert als Tage, an denen modellierte operative Raumtemperaturen die projektspezifische Schwelle von 21 °C über einen Zeitraum von mindestens 1 Stunde übersteigen. Siehe auch Abschnitt «Grundlagen der Modellierung».

Zunahme Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung: Schäden, Kosten und Beteiligte

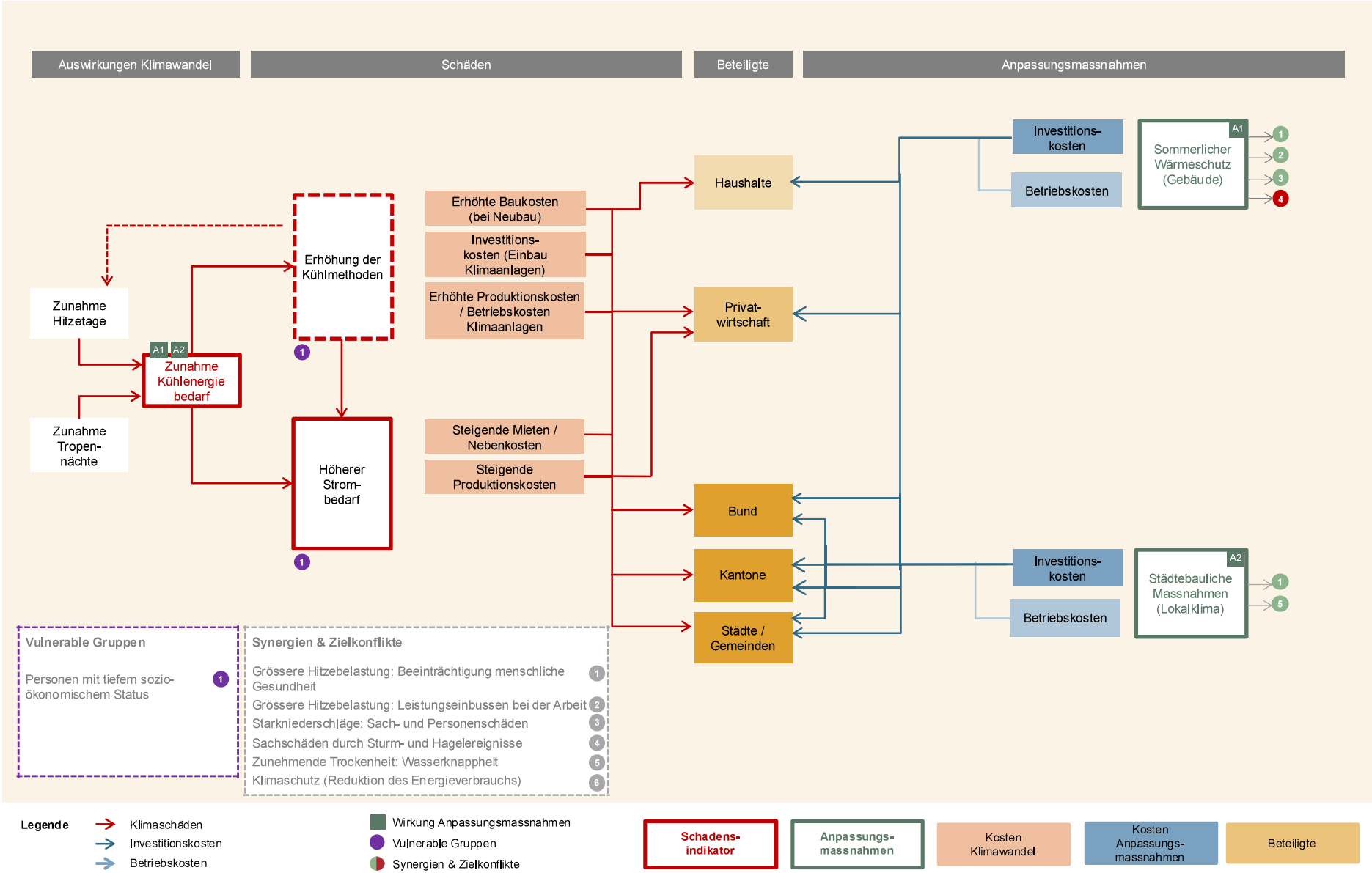


Abbildung 45 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs durch grössere Hitzebelastung. Quelle: eigene Darstellung.

4.3.1 Auswirkungen des Klimawandels

Der veränderte Kühlenergiebedarf in Gebäuden in der Schweiz wird anhand von archetypischen Gebäuden bestimmt. Für eine Anzahl wichtiger, da häufig vorkommender Gebäudetypen werden Modelle für die Aufheizung von Innenräumen während Hitzeperioden erstellt. Dabei werden sowohl typische Sommertemperaturen für das Jahr 2060 ausgewertet wie auch Extreme mit anhaltenden, heissen Temperaturen berücksichtigt.

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Die Modellierung erfolgt durch eine Kombination der lokalen Entwicklung der sommerlichen Durchschnitts- und Höchsttemperaturen mit relevanten Parametern für jedes aktuell existierende Gebäude in der Schweiz. Dabei werden verschiedene Baualters- und Nutzungsklassen analysiert:

— Wohnen: reine Wohnimmobilien oder solche mit geringem Anteil von weiteren Nutzungsarten

— Gewerbe: Büros, Schulen, Verwaltungsgebäude oder sonstige Immobilien

Zusätzlich wird zwischen Bestands- und Neubauimmobilien unterschieden und eine energetische Erneuerungsrate von 1.5 % des Gebäudebestands pro Jahr angenommen (Bundesamt für Energie (BFE), 2024a). Unter dieser Annahme resultiert im Jahr 2060 ein Gebäudeportfolio, das zu etwa 60 % aus bereits heute existierenden Immobilien besteht, während 40 % der Immobilien entweder neu gebaut oder zumindest umfassend energetisch saniert worden sind. Diese Unterscheidung hilft, für den zusätzlichen Kühlenergiebedarf auch künftige Gebäudequalitäten zu berücksichtigen.

Zur Berechnung des Energiebedarfs zur aktiven Kühlung in Nichtwohngebäuden wird zwischen leichten und mittelschweren physischen Tätigkeiten unterschieden. Diese Einteilung erfolgt gemäss Stalhandske et al. (2022).

Auswirkungsindikatoren

Für die Modellierung werden folgende Indikatoren analysiert:

— Übertemperatur-Gradstunden (ÜGh in °C·h): ÜGh werden als zeitintegrierte Überschreitungen berechnet. Dabei wird Kühlenergiebedarf ausgelöst, sobald die modellierte operative Raumtemperatur die projektspezifische Schwelle von 21 °C übersteigt. Die Bewertung orientiert sich an gebräuchlichen Komfortkriterien und der langen Zeitbewertung gemäss der SIA-Norm für die energetische Bewertung von Gebäuden (EN 16798-1). Methodische Details hierzu finden sich im entsprechenden technischen Bericht.

Nicht berücksichtigte Aspekte

— Klimaangepasste Architektur im Neubau und bei Totalsanierung: Ausgelöst durch stetig steigende Durchschnittstemperaturen, und auch durch Sensibilisierung der Bevölkerung für Anpassungen an den Klimawandel, kann erwartet werden, dass sich Architektur im Neubau zugunsten hitzeangepassten Konzepten verändert. Diese Prozesse werden nicht berücksichtigt, sondern es wird weiterhin von einer nach heutigen Normen und architektonischen Stilen ausgerichteten Bauweise ausgegangen.

— Das Modell berücksichtigt die Möglichkeit einer Nachrüstung jedes Gebäudes mit Klimatisierung nicht, sondern geht von einer überall gegebenen Möglichkeit des Einbaus von Klimageräten aus.

— Bau an anderen Standorten: Die Modellierung geht davon aus, dass Gebäude auch künftig nur an den heute bereits bebauten Standorten existieren. Eine mögliche Ausweitung von Bauzonen, insbesondere auch hin zu höheren Lagen, wird nicht berücksichtigt.

— Lokalklima: Mögliche Hitzemassnahmen im unmittelbaren städtischen Umfeld (Begrünung etc.), die sich auch auf die Hitzebelastung in Objekten selbst auswirken, sind nicht berücksichtigt.

— Psychische Folgen der Hitzebelastung und zunehmender Klimatisierung in Innenräumen: Hitze wirkt sich auf die Qualität des Schlafs, sowie der Arbeitsproduktivität und Lebensqualität am Tag aus (Kapitel 4.1). Gleichzeitig werden durch eine vermehrt durchgängige Klimatisierung neuartige psychische Belastungen durch Lärm und Kaltluftströme erwartet. Diese Aspekte werden nicht berücksichtigt.

Abweichungen der Systemgrenzen

Es bestehen keine Abweichungen zur definierten Systemgrenze (Kapitel 3.1).

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— CH2018 Klimamodelle (CH2018, 2018): Aussenlufttemperaturen und solare Randbedingungen für die Referenzperiode und 2060

— Meteo Schweiz (2024b) und SIA & HSLU (2022): Klimaszenarien Raumklima: Stundenaufgelöste Jahresgänge der Temperatur in einem typischen künftigen Jahr (*Design Reference Year*, DRY), sowie Extremjahre mit Häufigkeit 1 in 10 Jahren: Stündliche Temperaturwerte in Innenräumen für den Zeitraum 2045-2074

— Gebäude- und Wohnungsregister (GWR, BFS, 2025b): Baujahr, Nutzungskategorie

— swissBUILDINGS³D 3.0 (swisstopo, 2024b): Geometrie, ggf. Orientierungen/Dachflächen

— Stalhandske et al. (2022): Kategorisierung der Nichtwohngebäude zwischen leichten und mittelschweren physischen Tätigkeiten.

— Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020 (BFE, 2024a)

Sozioökonomische Daten

Für die Modellierung werden keine spezifischen sozioökonomischen Annahmen und Daten angewandt, um den reinen klimatischen Einfluss zu betrachten. Sozioökonomische Veränderungen, wie zum Beispiel Bevölkerungswachstum oder mehr Bautätigkeit, werden explizit aus der Modellierung ausgeschlossen.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die verwendeten Klimadaten bilden den Hitzeinsel-Effekt nicht ab, sodass die Temperaturen und damit auch die Auswirkungen in dicht besiedelten Gebieten unterschätzt werden. Da die Arbeitsorte in diesen Gebieten

besonders stark vertreten sind, werden die Auswirkungen tendenziell unterschätzt.

— Die Schweizer Gebäudelandschaft ist ausgesprochen heterogen und umfasst Bauten aus vielen Jahrzehnten mit sehr unterschiedlichen Standards bezüglich sommerlichen Wärmeschutzes. Üblicherweise stehen Informationen zu Baujahr beziehungsweise Baualtersklasse, Stockwerkszahl und Nutzungsart zur Verfügung. Diese Daten genügen jedoch nicht für eine detaillierte Beurteilung der tatsächlichen Hitzebelastung im Innenraum.

Ergebnisse

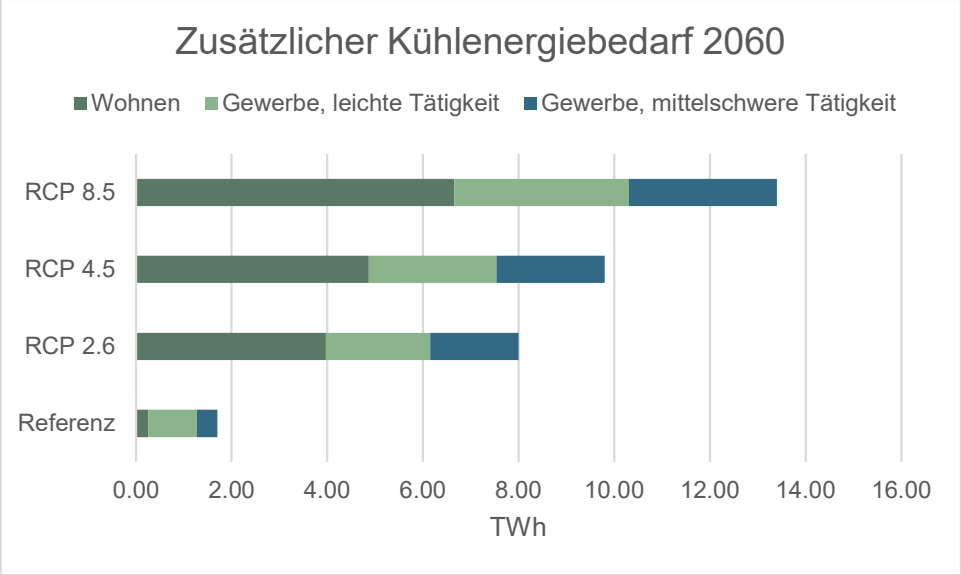


Abbildung 46 Zusätzlicher Kühlenergiebedarf 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien für verschiedene Gebäudetypen. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Kühlenergiebedarf steigt mit zunehmender Erwärmung deutlich an. Zwischen dem Jahr 2000 und 2023 ist der Kühlenergiebedarf in der Schweiz bereits von etwa 1.1 TWh auf 1.7 TWh angestiegen (BFE, 2024b). Dabei ist die Ausweitung des Gebäudebestands während dieses Zeitraums für einen Teil dieses Anstiegs verantwortlich. In Abbildung 46 wird der Gebäudebestand als konstant auf heutigem Niveau angenommen, so dass der beobachtete Anstieg rein dem Klimaeffekt entspricht. Im Szenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ist bis 2060 mit einem landesweiten Medianwert von 13.4 TWh pro Jahr zu rechnen. Bei mittlerem (globalem) Klimaschutz (RCP 4.5) liegt der entsprechende Median bei 9.8 TWh, während unter konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) ein Medianwert von 8.0 TWh erwartet wird.

Diese Werte liegen deutlich höher als in anderen Studien, wie beispielsweise den Energieperspektiven 2050+ (EP2050+) des BFE (BFE, 2021). In den EP2050+ wird der heutige Endenergiebedarf für Raumkühlung in der Schweiz auf rund 2.4 TWh pro Jahr beziffert (Referenzjahr ca. 2020). Dieser Wert umfasst im Wesentlichen elektrisch betriebene Klimatisierungssysteme in Dienstleistungs-, Büro-, Verkaufs- und Gesundheitsgebäuden sowie in geringerem Umfang auch in Wohngebäuden. Bis zum Jahr 2050 steigt dieser Endenergiebedarf in allen betrachteten Szenarien der EP2050+ auf etwa

2.7-2.9 TWh pro Jahr an. Die Bandbreite zwischen den Szenarien ist gering, sowohl die Weiter-wie-bisher-Variante als auch die klimapolitisch ambitionierten Netto-Null-Szenarien weisen eine moderate Zunahme von rund 15-20 % gegenüber heute auf. Absolut entspricht dies einem zusätzlichen Kühlenergiebedarf von rund 0.4-0.5 TWh/Jahr. Teilweise wird in den technischen Hintergrunddokumenten der EP2050+ zusätzlich ausgewiesen, dass der klimawandelbedingte Mehrbedarf an Komfortkühlung im Gebäudesektor bis 2050 etwa +1 TWh/Jahr beträgt. Dieser Wert bezieht sich jedoch auf den Brutto-Mehrbedarf durch steigende Temperaturen und wird in den Endenergiezahlen bereits durch Effizienzgewinne und strukturelle Effekte überlagert. Die EP2050+ berücksichtigen keine starke Durchdringung aller Gebäude mit aktiver Kühlung. Extrempfade mit flächendeckender Klimatisierung sind explizit nicht Bestandteil der EP2050+. Hierin unterscheidet sich die vorliegende Analyse, die bestrebt, eine möglichst annahmefreie Bewertung des Energieverbrauchs und der daraus resultierenden Kosten zu legen.

Im Ergebnis zeigen sich deutliche Unterschiede in der regionalen Verteilung: Gebäude in tiefer gelegenen Regionen und in städtischen Verdichtungsräumen, wie zum Beispiel in der Genferseeregion, im Mittelland oder im Tessin, zeigen aufgrund höherer Umgebungstemperaturen einen signifikant höheren Kühlbedarf als Gebäude in höheren Lagen oder ländlichen Gebieten. Die Höhenlage reduziert den Kühlenergiebedarf, da mit zunehmender Meereshöhe die Temperaturen und somit auch die Kühlgradtage abnehmen.

Vulnerable Gruppen
Für dieses Risiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

Personen mit tiefem, sozioökonomischem Status

— Personen mit tiefem, sozioökonomischem Status sind besonders betroffen, da sie potenziell in Gebieten mit höherer Versiegelung wohnen und in Wohnungen leben, die weniger gut gegen Hitze isoliert sind. Dazu gehören insbesondere Haushalte in Energiearmut. Sie reduzieren oder vermeiden die Kühlung, was zu höheren Gesundheitsrisiken führen kann.

Ergänzend zu diesen vulnerablen Gruppen gibt es weitere Aspekte, die die Betroffenheit von einzelnen Gruppen erhöhen können, wie beispielsweise:

— Ältere Menschen, Kleinkinder, Schwangere, chronisch Kranke: die vulnerablen Gruppen des Klimarisikos *Beeinträchtigung menschliche Gesundheit* (Kapitel 4.1) oder *Leistungseinbussen bei der Arbeit* (Kapitel 4.2) haben eine stärkere Abhängigkeit von aktiv gekühlten Innenräumen.

— Mietende in schlecht gedämmten Wohnungen (Dach-/Attikawohnungen, stark verglaste Gebäude, Südfassaden) haben geringe Einflussmöglichkeiten auf bauliche Massnahmen (Split-Incentive) und hohe Kühlkosten.

— Bewohnende in städtischen Hitzeinseln (dicht bebaute, versiegelte Quartiere, wenig Grün) haben dauerhaft erhöhte Raumtemperaturen, was zu einem überproportionalen Kühlbedarf führt.

— Einrichtungen, die vulnerable Gruppen betreuen, wie beispielsweise Pflege-, Sozial- und Gesundheitseinrichtungen sowie Schulen und Kitas müssen eine genügende Kühlung sicherstellen, was zu erhöhtem Nachrüstungs- und Betriebsaufwand führen kann.

— Unternehmen mit hitzesensiblen Prozessen, wie beispielsweise die Gastronomie, die Lebensmittelhandel/-verarbeitung, die Medizin-, Pharma- und Kosmetik-Branche sowie Druckereien oder Rechen- und Server-Infrastrukturen müssen kühle Umgebungen sicherstellen und dies kann zu erhöhtem Nachrüstungs- und Betriebsaufwand führen. Falls die Kühlkette nicht sichergestellt werden kann, ergeben sich Produktqualitätsrisiken bis zu Produktionsausfällen.

— Gebäude mit baulichen/denkmalschutzrechtlichen Restriktionen haben eingeschränkte Möglichkeiten für effiziente, fest installierte Kühlungssysteme und dies führt zu teuren Übergangslösungen.

4.3.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Sommerlicher Wärmeschutz (Gebäude)	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Forschung, Datensätze, Kommunikation, …) (G)
		Berücksichtigung lokalklimatische Aspekte bei Neu- und Umbauten sowie Arealentwicklungen (G)
		Sommerlicher Wärmeschutz von Gebäuden (A)
		Vorschriften zu klimaangepassten Gebäuden (G)
A2	Städtebauliche Massnahmen (Lokalklima)	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Klimakarten, Arbeitshilfen, …) (G)
		Integration der Anpassungen an den Klimawandel in raumplanerische Instrumente (G)
		Städtebauliche Massnahmen zur Reduktion von Hitzestau und Hitzeinseln (G)
		Berücksichtigung lokalklimatischer Aspekte bei Aussengestaltungen und Arealentwicklungen der öffentlichen Hand (G)
		Information und Sensibilisierung von Beteiligten (Planer/-innen, Bevölkerung, etc.) (G)

Tabelle 35 Anpassungsmassnahmen zur Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3). Insbesondere zu beachten ist der zusätzliche Reiter zu detaillierten Vorschlägen für Massnahmen in Bezug auf klimaangepasste Gebäude.

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind keine besonderen Aspekte zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Maladaptation von Kühlanlagen siehe die Hinweise bei den Klimarisiken *Beeinträchtigung menschliche Gesundheit* (Kapitel 4.1) und *Leistungseinbussen bei der Arbeit* (Kapitel 4.2).

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung
Die Modellierung der Anpassung basiert auf der Identifikation von Lösungen, die den zukünftig steigenden Kühlenergiebedarf in Gebäuden wirksam reduzieren können. Dabei werden folgende Möglichkeiten berücksichtigt:

— Passiv wirkende architektonische und konstruktive Bauweisen: Verschattung, thermische Masse, Gebäudebegrünung, Dach- und Fassadenreflexion

— Organisatorische Anpassungen: Anpassung der Belegungszeiten, Nachtlüftung, veränderte Nutzungsmuster

Für jede Massnahme wird geprüft, ob deren Kosten und Wirkungen im Rahmen der verfügbaren Daten quantifizierbar sind. Einige Massnahmen, insbesondere solche mit stark kontextabhängiger Wirkung, wie mikroklimatische Effekte durch Begrünung oder Änderungen des Nutzerverhaltens, lassen sich derzeit nur qualitativ beschreiben. Diese werden zwar aufgeführt, fliessen jedoch nicht in die quantitativen Kosten- und Wirksamkeitsberechnungen ein. Für quantifizierbare Massnahmen wird jeweils die mögliche Reduktion des Kühlenergiebedarfs ermittelt, ausgedrückt in eingesparter Kühlenergie pro Jahr. Diese Werte dienen als Grundlage für die vergleichende Bewertung.

Die Wirkung einzelner Massnahmen ist nicht unabhängig voneinander, sondern kann sich gegenseitig verstärken oder abschwächen. So führt beispielsweise die Verschattung von Fenstern zu einer deutlichen Verringerung der solaren Wärmegewinne. Wird jedoch gleichzeitig eine *Solar-Control*-Verglasung eingesetzt, reduziert sich der zusätzliche Nutzen der Verschattung, da beide Massnahmen denselben Effekt adressieren. Umgekehrt kann eine Kombination aus Nachtlüftung und hoher thermischer Masse eine stärkere Kühlwirkung entfalten als beide Massnahmen für sich genommen.

Im vorliegenden Bericht werden die Massnahmen bewusst nicht in einem vollumfänglichen thermischen Gebäudemodell abgebildet, sondern in einer vereinfachten Form analysiert mit dem Ziel, jene Massnahmen auszuwählen, die sich mit möglichst geringen gegenseitigen Abhängigkeiten zu einem robusten Massnahmenmix kombinieren lassen. Auf Basis dieses Mixes wird die Gesamtwirksamkeit als Reduktion des Kühlenergiebedarfs ausgewiesen.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Bestimmte Anpassungsmassnahmen sind nur für spezifische Gebäudetypen technisch umsetzbar und bei anderen ausgeschlossen. Vor diesem Hintergrund können die Ergebnisse der Modellierung lediglich grobe Abschätzungen zur Wirksamkeit der Anpassung an den Klimawandel liefern, nicht aber objektscharfe Bewertungen einzelner Gebäude.

— Die Annahme, dass mehrere Massnahmen mit ähnlich gerichteter Wirkung unabhängig voneinander umgesetzt und ihre Kosten addiert werden können, ist eine methodische Vereinfachung. Dies kann bei stark substitutiven Massnahmen dazu führen, dass die Gesamtkosten überschätzt werden. In realen Gebäudesystemen wirken Massnahmen jedoch häufig unabhängig, nichtlinear und können komplementäre Effekte haben. Einzelmassnahmen entfalten ihre volle Wirksamkeit oft erst im Zusammenspiel mit anderen, während zusätzliche Systemanforderungen (z. B. Steuerung, Integration, Planung) zu erhöhten Investitions- und Betriebskosten führen können. Eine rein additive Betrachtung ohne Berücksichtigung dieser Wechselwirkungen kann daher ebenso zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Systemkosten führen.

4.3.3 Kosten des Klimawandels

Die mit zunehmender Klimatisierung verbundenen Aufwendungen lassen sich aus zwei Blickwinkeln betrachten: Einerseits als Schadenskosten, die durch die steigende Hitzebelastung infolge des Klimawandels entstehen und den Bedarf an aktiver Kühlung erhöhen. Andererseits als Kosten der Anpassung an den Klimawandel, wenn alternative Massnahmen zur Reduktion des Kühlenergiebedarfs umgesetzt werden. In der folgenden Analyse werden die Kosten aktiver Klimatisierung den Schadenskosten zugerechnet, während bauliche oder organisatorische Massnahmen zur Kühlung von Innenräumen den Anpassungskosten zugeordnet werden.

Grundlagen der Modellierung
Ausgehend von den Emissionsszenarien wird zunächst bestimmt, wie viele ÜGh in den einzelnen Gebäuden der Schweiz künftig auftreten. Als Baseline wird definiert, dass diese zusätzlichen ÜGh vollständig durch aktive Kühlung kompensiert werden, sodass die Innenraumtemperaturen von maximal 21 °C im Vergleich zum Referenzzeitraum konstant bleiben (ISO, 2017).

Berechnung Schadenskosten

Zur Umsetzung dieser Annahme sind zwei Kostenarten zu berücksichtigen:

— Kapitalinvestitionen (CAPEX): Kosten für die Neuanschaffung und Installation von Klimaanlagen, basierend auf marktüblichen Geräten für Wohn- und Bürogebäude (IEA, 2018, Santamouris, 2016).

— Betriebskosten (OPEX): Laufende Kosten für den Betrieb dieser Anlagen, insbesondere Stromverbrauch (Ürge-Vorsatz et al., 2015, Isaac & van Vuuren, 2009).

Um die jährliche Kostenbelastung abzubilden, werden die CAPEX über eine angenommene Betriebsdauer von 30 Jahren linear abgeschrieben und den OPEX hinzugerechnet. Der Zeitpunkt des Zubaus bis zum Jahr 2060 wird dabei nicht differenziert. Sämtliche Kosten werden Preise von 2023 ohne Inflations- oder Diskontierungsannahmen ausgewiesen.

Für die Berechnung der Betriebskosten wird ein einheitlicher Stromtarif von CHF 0.30/kWh angesetzt. Dieser Wert entspricht den Durchschnittspreisen für Haushaltsstrom in der Schweiz (BFE, 2023) und liegt im mittleren Bereich internationaler Projektionen für Europa bis 2050 (IEA, 2022). Auch wenn anzunehmen ist, dass sich das Strompreisniveau bis 2060 verändert, erlaubt die Modellierung eine einfache Sensitivitätsanalyse, da der Strompreis als skalierbarer Faktor auf die zu reduzierende Energiemenge wirkt.

Berechnung Anpassungskosten

Im Rahmen der Quantifizierung der Kosten von Anpassungsmassnahmen wird ein Massnahmen-Mix aus der *Gruppe Sommerlicher Wärmeschutz von Gebäuden durch Haushalte und die Privatwirtschaft und öffentliche Hand als Eigentümer* herangezogen. Die Beschreibung der konkreten Massnahmen findet sich im technischen Bericht.

Für die Berechnung der Kosten der Anpassung an den Klimawandel wird für jede im Massnahmenmix enthaltene Option sowohl Investitionskosten als auch Betriebskosten abgeschätzt. Viele Massnahmen skalieren mit der Grösse des Gebäudes. So werden beispielsweise die Kosten für ein

automatisiertes Beschattungssystem pro Fenster ausgewiesen. Ähnliche Proxy-Ansätze werden auch für andere Massnahmen angewandt.

Der Zeitpunkt der Umsetzung bis 2060 wird, analog zur Vorgehensweise bei den Schadenskosten, nicht differenziert. Alle Kosten werden in heutigen Preisen ohne Inflations- oder Diskontierungsannahmen ausgewiesen.

Um zu berücksichtigen, dass nicht alle Gebäude angepasst werden, wird ein Durchdringungsfaktor von 70 % angenommen.[24] Das bedeutet, dass rund 30 % der Gebäude keine Anpassungsmassnahmen umsetzen. Ausgenommen hiervon ist die Klimatisierung, die in diesem Klimarisiko nicht als Anpassung, sondern als Schadenskosten definiert wird.

Die Berechnung liefert zunächst gebäudespezifische Anpassungskosten, die anschliessend auf landesweiter Ebene aggregiert werden. Die Ergebnisse werden nach Investitions- und Betriebskosten getrennt ausgewiesen, um Investitions- und Betriebslasten transparent darzustellen.

Jede Massnahme wird hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewertet, das heisst der prozentualen Reduktion des aktiven Kühlenergiebedarfs. Da aktive Klimatisierung per Definition die einzige Massnahme ist, die eine vollständige Kompensation ermöglicht, erreichen andere Anpassungen typischerweise geringere Wirkungsgrade. Es verbleibt somit ein Restbedarf an Kühlung. In der Gesamtrechnung ergeben sich die jährlichen Gesamtkosten mit Anpassung aus der Summe von verbleibenden Kühlkosten und den zusätzlichen Anpassungskosten.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden ergänzend zu den Datenquellen im Kapitel 4.3.1 folgende Datenquellen genutzt:

— Investitionskosten für Klimageräte aus Preisrecherchen im Online-Einzelhandel. Nähere Informationen hierzu finden sich im technischen Bericht.

— Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT), aus dem Jahr 2017 (BFS, 2022): Gemeindegenaue Angaben zu Unternehmen inklusive Beschäftigte nach Branchen.

— Elektrizitätstarife 2023 – Übersicht für Haushalte (BFE, 2023): Durchschnittspreisen für Haushaltsstrom in der Schweiz

— Fensteranzahl je Gebäude (Bundesamt für Landestopographie swisstopo, 2024b): Datensatz swissBUILDINGS3D

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die ausgewiesenen Investitions- und Betriebskosten der Massnahmen unterliegen erheblichen Unsicherheiten. Diese ergeben sich insbesondere aus regionalen Preisunterschieden, Marktschwankungen bei Bau- und Energiekosten, sowie aus projektspezifischen Faktoren wie Gebäudegeometrie, Ausstattungsstandard und Nutzungsprofil.

[24] Diese Annahme wurde durch Vergleich der Durchdringung von Klimageräten in Abhängigkeit von Kühlgradtagen und Wohlstandsniveau in anderen Ländern plausibilisiert. Siehe den Technischen Bericht zu diesem Klimarisiko.

— Technologische Weiterentwicklungen bezüglich Effizienz von Klimatisierung, beispielsweise durch Hybrid- und Kombinationssysteme werden aufgrund mangelnder Datenlage nicht berücksichtigt.

— Mögliche Smarte Nutzugsmuster von Kühlgeräten, welche angebots- und nachfragegesteuert Kälteanlagen einsetzen, werden nicht berücksichtigt.

— Es ist davon auszugehen, dass sich technologische Entwicklungen bis 2060 sowohl auf die Kostenstruktur als auch auf die Effizienz der Massnahmen auswirken werden. Die vorliegenden Kostenschätzungen sind daher als Basis zu verstehen, die eine plausible Grössenordnung abbilden, nicht aber fallspezifische Einzelwerte. Falls technologischer Fortschritt künftig Gerätekosten senken und Geräteeffizienz verbessern, stellen die hier genannten Kosten eine Abschätzung im eher oberen Bereich dar.

— Bestimmte Anpassungsmassnahmen sind nur für spezifische Gebäudetypen technisch umsetzbar und bei anderen ausgeschlossen. Vor diesem Hintergrund können die Ergebnisse der Modellierung lediglich grobe Abschätzungen zu den Kosten der Anpassung an den Klimawandel liefern, nicht aber objektscharfe Bewertungen einzelner Gebäude. Falls durch passive Massnahmen und Veränderung von Bewirtschaftungsprozessen von Gebäuden künftig auf einen Teil der antizipierten Kühlenergie verzichtet werden kann, stellen die hier genannten Kosten eine Abschätzung im eher oberen Bereich dar.

— Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts werden die Preise gemäss Jahr 2023 konstant gehalten.

— Das Modell arbeitet mit vereinfachten Typen von Gebäuden («Archetypen»), welche sich im Wesentlichen durch die Bauperiode und den übergeordneten Nutzungstyp (Wohnen, Büro, sonstige) unterscheiden. Diese Archetypen sind naturgemäss limitiert in Ihrer Aussagekraft für ein einzelnes Gebäude. Während die Mehrzahl der kleineren und mittelgrossen Wohngebäude ausreichend gut abgebildet sein dürfte, werden komplexe Gebäude wie Schulen oder Spitäler oder auch Werksgebäude mit schweren physischen Tätigkeiten in Innenbereichen oder zusätzlichem, prozessbedingtem Wärmeeintrag nicht ausreichend repräsentiert. Die Kosten werden daher tendenziell etwas unterschätzt.

— Das Modell geht von statischen Investitionskosten pro Gebäudetyp für Klimageräte aus. Dies ist für die Mehrzahl der Gebäude eine gute Annäherung, für grosse Gebäude mit integrierter Gebäudetechnik jedoch nicht angemessen.

— Das Modell berücksichtigt keine sich ändernden Strompreise. Dies hat den Vorteil, dass Ergebnisse unabhängig von wiederum komplexen Strompreisszenarien vergleichbar sind. Eigene Annahmen über die zeitliche Entwicklung von Strompreisen können jedoch einfach berücksichtigt werden, da der Strompreis lediglich als Faktor in die Kostenberechnungen eingeht. Ein mögliches Vorgehen hierzu wird im technischen Bericht, in dem höher aufgelöste Daten dargestellt werden, beschrieben.

Ergebnisse

Schadenskosten

Aus der Modellierung und der Berechnung ergeben sich folgende jährliche Schadenskosten für durchschnittliche Jahre (DRY). Werte in Klammern entsprechen Extremjahren (1 in 10 Jahren).

		Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [Extremjahr]		
Schadensindikator	**Szenario**	Investitions-kosten	Betriebskosten	Total
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Wohnen**	RCP 2.6	1'064	263 [370]	1'327 [1'434]
	RCP 4.5	2'127	1'433 [1'986]	3'560 [4'113]
	RCP 8.5	3'563	3'274 [4'457]	6'838 [8'020]
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, leichte** physische Tätigkeit	RCP 2.6	985	144 [203]	1'129 [1'188]
	RCP 4.5	1'257	225 [319]	1'482 [1'576]
	RCP 8.5	1'515	371 [503]	1'886 [2'018]
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, mittelschwere** physische Tätigkeit	RCP 2.6	454	123 [173]	557 [628]
	RCP 4.5	717	238 [335]	955 [1'052]
	RCP 8.5	797	360 [490]	1'157 [1'287]

Tabelle 36 Jährliche Schadenskosten durch Investition und Strombedarf zur aktiven Kühlung für 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Schadenskosten fallen im Sektor Wohnen am grössten aus. Gründe dafür sind die absolute Anzahl der Wohngebäude in der Schweiz, die die Zahl der Nichtwohngebäude deutlich übersteigt. Stand heute, weist das Wohngebäudeportfolio einen weitaus niedrigeren Durchdringungsgrad mit Klimaanlagen aus, wodurch Aufholeffekte zum Tragen kommen. Im Vergleich der Emissionsszenarien zeigen sich etwa dreimal höhere Investitionskosten und fünfmal höhere Gesamtkosten im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) gegenüber dem Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6).

In Extremjahren steigen aufgrund des akut höheren Kühlenergiebedarfs die operativen Ausgaben für Kühlung nochmals deutlich an. Bei den Investitionskosten wird nicht zwischen mittleren Jahren und Extremjahren unterschieden, da die Investitionsentscheidungen als ein langjähriger Prozess verstanden wird, der unabhängig von einzelnen Extremjahren abläuft.

Im Nichtwohnbereich fallen die Gesamtkosten für Gebäude mit leichten physischen Tätigkeiten höher aus als die Gesamtkosten für Gebäude mit mittelschweren physischen Tätigkeiten. Grund hierfür ist die deutlich höhere Anzahl von Gebäuden, in denen leichten physischen Tätigkeiten stattfinden. Dies überkompensiert den höheren Kühlbedarf bei mittelschweren physischen Tätigkeiten, der aus dem Anteil der Betriebskosten an den Gesamtkosten ersichtlich ist.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Schadenskosten. Für die Aufteilung der Kosten werden die modellierten Eigentumsanteile der Gebäudeflächen in der Schweiz der einzelnen Beteiligten zugrunde gelegt.

	Verteilung der Schadenskosten				
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privatwirtschaft	Haushalte
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung)	5 %	5 %	10 %	0 %	80 %
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, leichte** phys. Tätigkeit	5 %	10 %	20 %	65 %	0 %
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, mittelschwere** physische Tätigkeit	5 %	5 %	10 %	80 %	0 %

Tabelle 37 Verteilung der Schadenskosten der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung auf die Beteiligten. Quelle: BFS, 2025b.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabelle zeigt die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtanpassungskosten. Werte ohne Klammern beziehen sich auf ein mittleres Jahr (DRY). Werte in Klammern beziehen sich auf ein Extremjahr (1 in 10 Jahren).

		Anpassungskosten (Mio. CHF / Jahr) [Extremjahr]		
Schadensindikator	**Szenario**	Investitionskosten	Betriebskosten	Total
Investition und Unterhalt passiver Kühlmethoden: **Wohnen**	RCP 2.6	213	27 [35]	241 [248]
	RCP 4.5	427	139 [178]	566 [605]
	RCP 8.5	715	294 [377]	1009 [1092]
Investition und Unterhalt passiver Kühlmethoden: **Gewerbe, leichte** physische Tätigkeit	RCP 2.6	413	105 [135]	519 [549]
	RCP 4.5	528	155 [203]	683 [730]
	RCP 8.5	636	237 [303]	873 [939]
Investition und Unterhalt passiver Kühlmethoden: **Gewerbe, mittelschwere** physische Tätigkeit	RCP 2.6	191	77 [102]	268 [293]
	RCP 4.5	302	143 [192]	445 [493]
	RCP 8.5	335	207 [272]	542 [607]

Tabelle 38 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Auswertung der jährlichen Anpassungskosten zeigt, dass sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten mit zunehmender Intensität des Klimawandels ansteigen. Während Extremjahre primär die Betriebskosten beeinflussen, da diese direkt mit dem zusätzlichen Kühlleistungsbedarf skalieren, werden die Investitionskosten als unabhängig von einzelnen Extremereignissen betrachtet, da sie im Wesentlichen von den grundlegenden baulichen und technischen Entscheidungen im Neubau oder bei der Sanierung bestimmt werden.

Die Verteilung der Anpassungskosten gegen Zunahme des Kühlenergiebedarfs auf die Beteiligten wird identisch zur Schadensverteilung angenommen, da die zugrunde liegenden, bewerteten Massnahmen sämtlich auf die Kühlung des Einzelobjekts abzielen.

	Verteilung der Anpassungskosten				
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privatwirtschaft	Haushalte
Investition und Unterhalt passiver Kühlmethoden: **Wohnen**	5 %	5 %	10 %	0 %	80 %
Investition und Unterhalt passiver Kühlmethoden: **Gewerbe, leichte** phys. Tätigkeit	5 %	10 %	20 %	65 %	0 %
Investition und Unterhalt passiver Kühlmethoden: **Gewerbe, mittelschwere** physische Tätigkeit	5 %	5 %	10 %	80 %	0 %

Tabelle 39 Verteilung der Anpassungskosten der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung auf die Beteiligten. Quelle: BFS, 2025b.

Die Kosten der Anpassung an den steigenden Kühlenergiebedarf von Wohngebäuden liegen in erster Linie bei Haushalten als grösstes Eigentümersegment. Öffentliche Eigentümer tragen zu geringen Anteilen bei. Auch öffentliche finanzielle Unterstützung bei der Umsetzung von Kühlmassnahmen am oder im Gebäude kann eine Rolle spielen. Bei Nichtwohngebäuden trägt die Privatwirtschaft als grösstes Eigentümersegment die höchsten Kosten. Öffentliche Eigentümer sind hier durch Verwaltungsgebäude, Schulen, Spitäler etc. stärker vertreten und tragen die verbleibenden Kosten.

Die folgende Tabelle zeigt die verbleibenden Schadenskosten unter Berücksichtigung der Anpassungsmassnahmen. Die Reduktion der Kosten um 80 % stellt eine getroffene Grundannahme und kein reines Modellergebnis dar, die aufgrund der bestehenden Bandbreite in der Wirksamkeit von Klimaanpassung im bestehenden Gebäudepark der Schweiz getroffen wurde.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

		Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [Extremjahr]			Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Schadensindikator	**Szenario**	Investitionskosten	Betriebskosten	Total	
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Wohnen**	RCP 2.6	213	53 [74]	265 [287]	- 80 %
	RCP 4.5	425	287 [397]	712 [823]	- 80 %
	RCP 8.5	713	655 [891]	1’367 [1’604]	- 80 %
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, leichte** physische Tätigkeit	RCP 2.6	197	29 [41]	226 [238]	- 80 %
	RCP 4.5	251	45 [64]	296 [315]	- 80 %
	RCP 8.5	303	74 [101]	377 [404]	- 80 %
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, mittelschwere** physische Tätigkeit	RCP 2.6	91	25 [35]	115 [126]	- 80 %
	RCP 4.5	143	48 [65]	191 [210]	- 80 %
	RCP 8.5	159	72 [98]	231 [257]	- 80 %

Tabelle 40 Jährliche Schadenskosten der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Das Modell für Umsetzung von Anpassungsmassnahmen wird derart gewählt, dass sich eine Reduktion der Schadenskosten um 80 % gegenüber der Situation ohne Anpassung ergibt. Dies drückt sich in den verbleibenden Investitions- und Betriebskosten aus, die die verbleibende nötige aktive Kühlung von Gebäuden beschreibt. Analog zu den ursprünglichen Schadenskosten verbleiben daher auch mit Anpassung die meisten Kosten im Wohngebäudesektor, während der Sektor von Nichtwohngebäuden mit leichten physischen Tätigkeiten höhere verbleibende Kühlkosten zu tragen hat als der Sektor von Nichtwohngebäuden mit mittelschweren physischen Tätigkeiten.

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende verbleibende jährliche Gesamtkosten.

Schadens-indikator	**Szenario**	**Jährliche Gesamtkosten (Mio. CHF/Jahr)** [Extremjahr] Investitions-kosten	Betriebskosten	Total	**Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung**
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Wohnen**	RCP 2.6	426	80 [109]	506 [535]	- 62 % [- 63 %]
	RCP 4.5	852	426 [575]	1’278 [1’427]	- 64 % [- 65 %]
	RCP 8.5	1’428	949 [1268]	2’376 [2’696]	- 65 % [- 66 %]
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, leichte** physische Tätigkeit	RCP 2.6	610	134 [176]	745 [786]	- 34 % [- 34 %]
	RCP 4.5	779	200 [266]	980 [1’046]	- 34 % [- 34 %]
	RCP 8.5	939	311 [404]	1’250 [‘1343]	- 34 % [- 33 %]
Zunahme Kühlenergiebedarf (aktive Kühlung): **Gewerbe, mittelschwere** physische Tätigkeit	RCP 2.6	282	101 [137]	383 [418]	- 34 % [- 33 %]
	RCP 4.5	445	191 [239]	636 [704]	- 33 % [- 33 %]
	RCP 8.5	494	279 [370]	773 [864]	- 33 % [- 33 %]

Tabelle 41 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung nach Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.

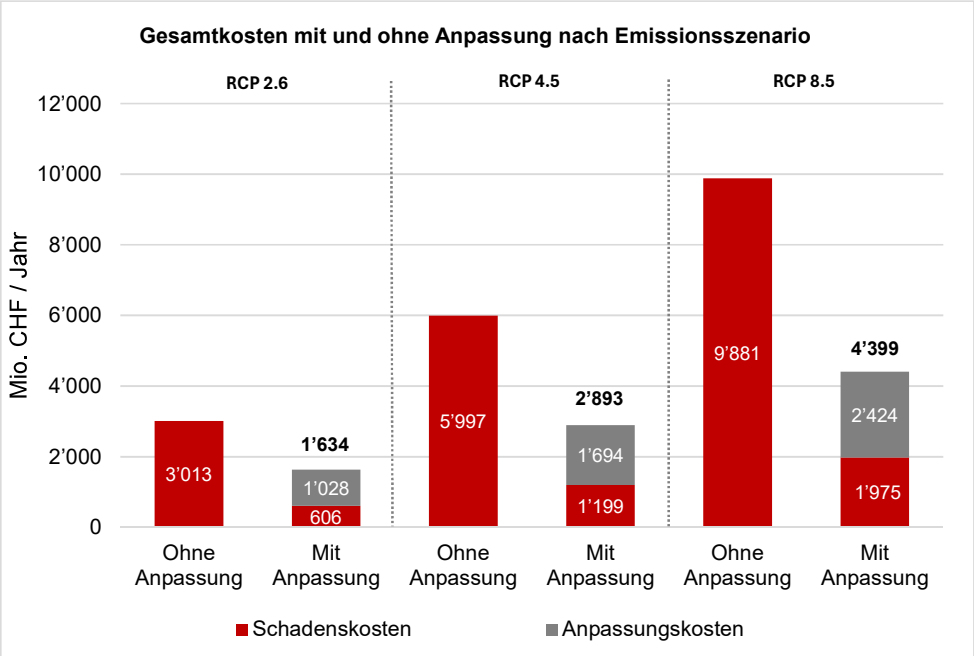


Abbildung 47 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Zunahme von Kühlenergiebedarf durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung nach Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Analog zu den Schadens- und Anpassungskosten sind auch die jährlichen Gesamtkosten aus verbleibenden Schäden und Kosten der Anpassung für den Sektor Wohngebäude am höchsten. Innerhalb der Gebäudesektoren sind jeweils für Kosten für das Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) am höchsten und nehmen mit Emissionsszenarien, die stärkeren globalen Klimaschutz beschreiben, ab. Für Wohngebäude kann unabhängig vom Emissionsszenario durch Anpassung eine Kostenreduktion um etwa zwei Drittel erzielt werden. Für Nichtwohngebäude kann mit den gewählten Anpassungsmassnahmen eine Kostenreduktion von etwa einem Drittel erzielt werden.

4.3.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während Abbildung 48 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet Abbildung 49 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

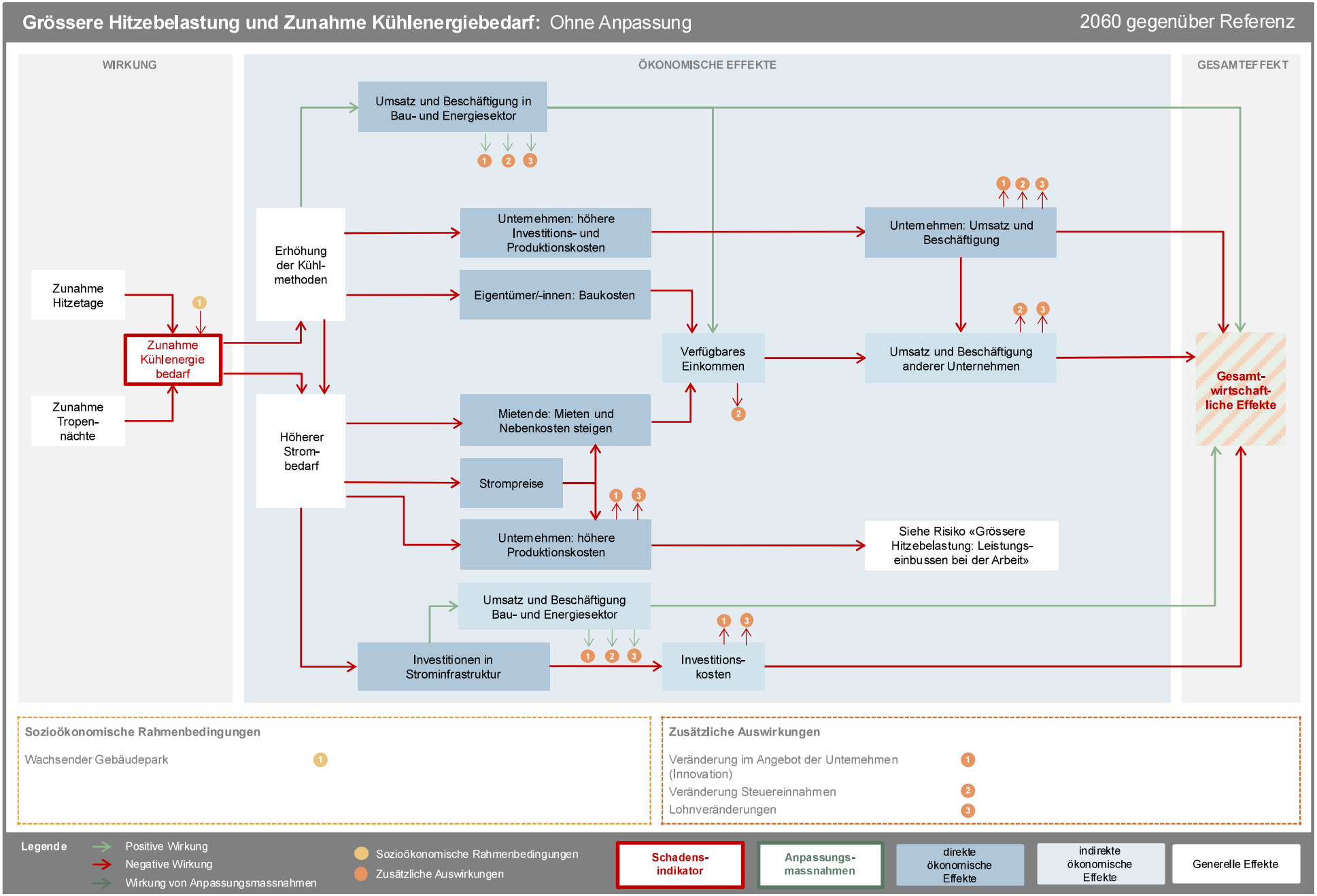


Abbildung 48 Wirkungskette gesamtwirtschaftlichen Effekte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs durch grössere Hitzebelastung ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Der zunehmende Kühlenergiebedarf führt dazu, dass vermehrt Kühlmethoden wie Kühlanlagen eingebaut werden und dass der Strombedarf steigt. Die Investitionen in Kühlanlagen wirken sich einerseits positiv auf Branchen aus, die solche Anlagen produzieren oder einbauen. Andererseits führen sie zu höheren Kosten sowohl für Unternehmen als auch Wohneigentümerinnen und -eigentümer. Bei den Unternehmen können sich die steigenden Kosten negativ auf deren Umsatz und Beschäftigung auswirken, was sich wiederum auf weitere Branchen überträgt. Bei den Wohneigentümerinnen und -eigentümer sinkt durch die steigenden Baukosten das verfügbare Einkommen, wodurch sie weniger für andere Produkte und Dienstleistungen von anderen Unternehmen ausgeben.

Der höhere Strombedarf kann zu höheren Strompreisen und somit auch zu höheren Mietkosten führen, was sich wiederum negativ auf das verfügbare Einkommen von Haushalten auswirkt. Gleichzeitig erhöhen sich die Produktionskosten von Unternehmen. Welche weiteren Effekte in Bezug die Hitze und Arbeitsproduktivität für Unternehmen zu erwarten sind, ist in Kapitel 4.2 ausgeführt. Der höhere Strombedarf führt dazu, dass zusätzliche Investitionen in die Strominfrastruktur benötigt werden (IEA 2018, Ürge-Vorsatz et al. 2015). Dies hat positive Effekte für die Branchen, die in den Ausbau der Infrastruktur involviert sind.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt ergeben sich sowohl positive wie auch negative gesamtwirtschaftliche Effekte im Zusammenhang mit dem zunehmenden Kühlenergiebedarf, wobei gewisse Beteiligte wie die Baubranche eher profitieren dürften, wohingegen andere Branchen wie auch Haushalte eher mit negativen Auswirkungen konfrontiert sein werden.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Einkommensschwache Haushalte sind stärker betroffen, weil sie steigende Strom- und Mietkosten weniger gut abfedern können.

— In tief gelegenen, städtischen Gebieten mit dichter Bebauung steigt der Kühlbedarf stärker (Hitzeinseln). Das bedeutet, dass städtische Bevölkerungsschichten überdurchschnittlich belastet werden, auch finanziell durch höhere Mieten.

— Energieintensive Branchen müssen mit höheren Kosten rechnen, was Arbeitsplätze gefährden kann, insbesondere in wettbewerbsintensiven und margenschwachen Bereichen, die häufig auch den Niedriglohnsektor betreffen.

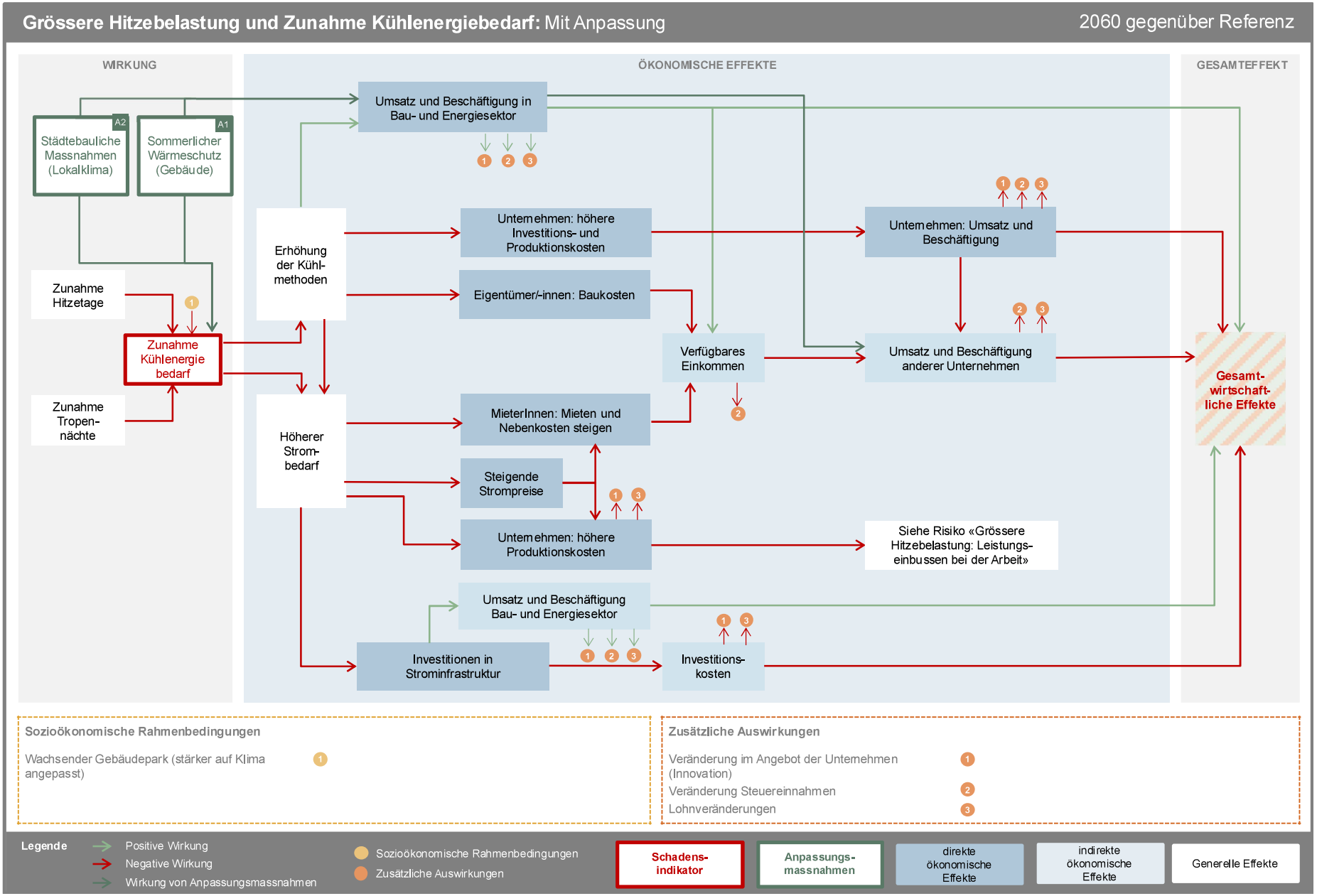


Abbildung 49 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Zunahme des Kühlenergiebedarfs durch grössere Hitzebelastung mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Zur Anpassung werden hier sowohl die ökonomischen Wirkungen von städtebaulichen Massnahmen wie auch baulichen Massnahmen zum Wärmeschutz von Gebäuden wie die Beschattung betrachtet.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Beide Massnahmen reduzieren den Kühlenergiebedarf und somit auch indirekt die daraus resultierenden Effekte. Gleichzeitig führen sie zu Investitionen, die den involvierten Branchen, insbesondere der Baubranche, zugutekommen.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Nicht alle Haushalte oder Gebäude können gleichwertig von baulichen Massnahmen profitieren. Wohlhabendere Eigentümerinnen und Eigentümer können beispielsweise Beschattungen, Wärmedämmung oder Klimaanlagen leichter finanzieren als einkommensschwache Haushalte oder Mietende.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

4.3.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Spezifische Stadtklimamodelle: Analyse der tatsächlichen Hitzebelastung im Aussenraum in besonders betroffenen Regionen, wie beispielsweise Städte und Agglomerationen durch spezifische Messungen und Analysen.

— Wechselwirkungen Massnahmen: Analyse der Wechselwirkung der verschiedenen Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (gegenseitige Verstärkung oder Abschwächung der Wirkungen).

— Schaffen eines Bewusstseins für die Berücksichtigung von Hitzeresilienz bei der Sanierung und beim Neubau von Gebäuden: Bezugnahme auf konkrete Anforderungen und Eigenschaften des jeweiligen Gebäudes und Fokus auf möglichst passive (nicht energieverbrauchende) Massnahmen.

— Detailanalyse zu den psychischen Folgen der zunehmenden Klimatisierung in Innenräumen: Dies kann gemeinsam mit den Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit umgesetzt werden.

— Analyse der Diskrepanz von Möglichkeiten und Anreizen von Eigentümerinnen und Eigentümer sowie Mietenden: Es bestehen verschiedene Möglichkeiten zum Umgang mit dem zunehmenden Kühlenergiebedarf, die jedoch sehr stark von den Akteursgruppen abhängen. So haben Mietende viel weniger, beziehungsweise andere Möglichkeiten als Eigentümerinnen und Eigentümer.

4.4 Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit

Durch den Klimawandel gibt es häufigere und längere Phasen der Trockenheit, wodurch viele Pflanzen unter Wasserstress geraten. Dies kann zu einer verminderten Qualität und Quantität der Ernte führen, was sich direkt auf das Einkommen der Betriebe auswirkt.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der zunehmenden Trockenheit auf die Ertragseinbussen in der Landwirtschaft, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit: Schäden, Kosten und Beteiligte

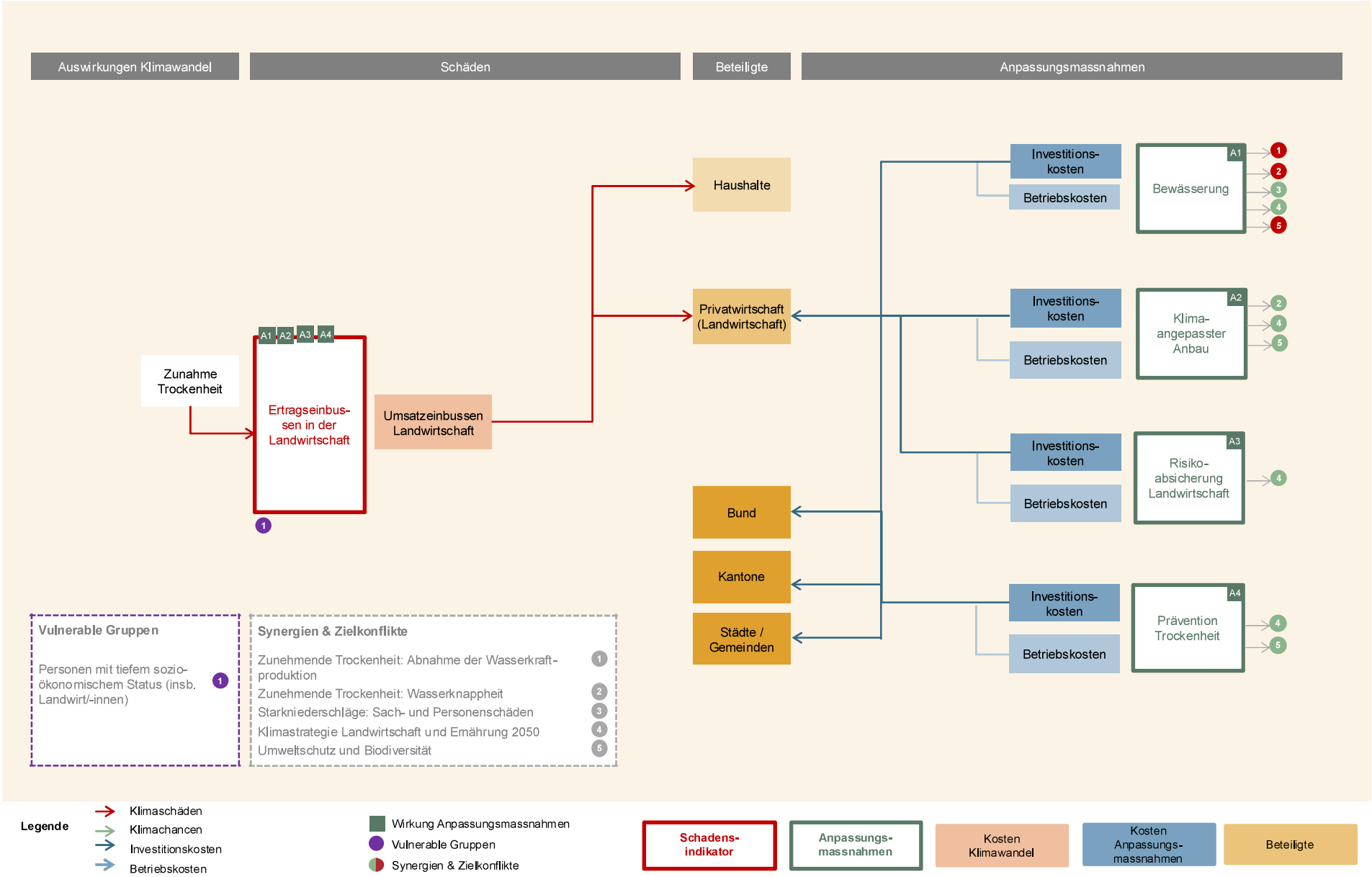


Abbildung 50 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Darstellung.

4.4.1 Auswirkungen des Klimawandels

Die Auswirkungen der Trockenheit wird anhand des zusätzlichen Bewässerungsbedarfs von unterschiedlichen Sorten bewertet. Da nur schwer abzuschätzen ist, wie sich dieser Bewässerungsbedarf auf den Ertrag auswirkt, wird diese Auswirkung erst bei der Berechnung der Kosten beziffert.

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Die Analyse basiert auf einer Studie von Agroscope (Eisenring et al., 2021), die den aktuellen und zukünftigen Bewässerungsbedarf verschiedener häufig angebauter Sorten an unterschiedlichen Standorten im Schweizer Mittelland berechnet. Für acht[25] Sorten wird der Bewässerungsbedarf unter den Emissionsszenarien mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) für vier Zeiträume ausgewiesen. Zwei der berechneten Zeiträume entsprechen der Referenzperiode und der Zukunftsperiode (2060), weshalb sich die Resultate für eine weitergehende Auswertung gut eignen.

Für eine Skalierung auf die gesamte Landwirtschaft wird angenommen, dass die acht Sorten repräsentativ sind für die Gesamtschweiz[26] und dass deren zusätzlicher Bewässerungsbedarf im Durchschnitt ungefähr dem zusätzlichen Bedarf der Gesamtlandwirtschaft entspricht.

Auswirkungsindikatoren

Für die Modellierung werden folgende Indikatoren analysiert:

— Veränderung des Bewässerungsbedarfs pro Sorte in mm/ Jahr sowie in Prozent gegenüber der Referenzperiode

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Andere Auswirkungen des Klimawandels, die landwirtschaftliche Erträge beeinflussen, wie beispielsweise längere Vegetationsperioden. Die Resultate einer aktuellen Agroscope Studie, die im Rahmen des NCCS-Impact Projekt 3 *Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemleistungen in der Schweiz* erstellt wurde, untersucht für neun Kulturen, wie sich der durchschnittliche Ertrag unter dem Klimawandel ändert. In der Tendenz zeichnet sich eine Zunahme der Erträge ab aufgrund der Erwärmung und höherer CO_2-Levels. Auch wenn die Erträge im Schnitt womöglich sogar ansteigen werden, so ist eine stärkere Schwankung der Erträge zu erwarten (dos Reis Martins & Calanca, 2026). So sind in Jahren mit extremer Trockenheit substanzielle Ertragsausfälle in der Landwirtschaft realistisch. Der Anstieg der durchschnittlichen Erträge setzt voraus, dass die Wasserzufuhr für die Kulturen gesichert ist. Fehlt diese Sicherstellung, müssen Landwirte auch künftig mit erheblichen Ertragsausfällen in Trockenjahren rechnen.

---

[25] Für die Berechnung der Kosten wurden acht landwirtschaftliche Kulturen modelliert. Für zwei Kulturen (Raigras und Klee) liegen jedoch keine vollständig eigenständigen Modellierungen vor, da sie dieselben Anbauflächen betreffen. Die entsprechenden Kosten wurden daher ausgehend von der Gesamtfläche «Gras» näherungsweise aufgeteilt und den beiden Kulturen zugeordnet.

[26] Diese Annahme ist zwar eine Vereinfachung aber grundsätzlich plausibel, da die acht Sorten unterschiedliche Arten landwirtschaftlicher Kulturen umspannen (Getreide, Hackfrüchte, Futterpflanzen, Gemüse, Obstbaumkulturen, Strauchbeeren).

Abweichungen der Systemgrenzen

Folgende Aspekte weichen von der übergeordneten Systemgrenze ab:

— Referenz- und Zukunftsperiode: Da hier die Veränderung der Emissionsszenarien zur Referenzperiode betrachtet wird, kann für die Referenzperiode selbst keine Angabe gemacht werden.

— Emissionsszenarien: Aufgrund der Datengrundlage werden nur die Emissionsszenarien RCP 2.6 und RCP 8.5 betrachtet.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Studie zum aktuellen und zukünftigen Bewässerungsbedarf verschiedener häufig angebauter Sorten (Eisenring et al., 2021)

Sozioökonomische Daten

Es werden keine sozioökonomischen Daten in der Modellierung verwendet.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die Modellierung basiert auf Standorten im Mittelland und ist somit nur begrenzt repräsentativ für die gesamte Schweiz.

— Änderungen in Anbaupraktiken, wie frühere Aussaat- oder Erntetermine oder Sortenwahl unter höheren Temperaturen, werden nicht modelliert, obwohl sie den Bewässerungsbedarf deutlich verändern könnten.

Ergebnisse

Nachfolgende Tabelle zeigt den zusätzlichen Bewässerungsbedarf für das Jahr 2060 im Vergleich zur Referenzperiode auf.

			Zusätzlicher Bewässerungsbedarf im Vergleich zur Referenzperiode	
Indikator	**Szenario**	Sorte	in mm/ Jahr	in %
Zusätzlicher Bewässerungsbedarf je Sorte	RCP 2.6	Kartoffeln	14	+ 9 %
		Eisbergsalat	8	+ 9 %
		Raigras	9	+ 7 %
		Karotten	21	+ 28 %
		Zuckermais	7	+ 10 %
		Apfelbäume	12	+ 10 %
		Erdbeere	13	+ 9 %
		Klee	9	+ 10 %
Zusätzlicher Bewässerungsbedarf je Sorte	RCP 8.5	Kartoffeln	41	+ 26 %
		Eisbergsalat	23	+ 26 %
		Raigras	31	+ 28 %
		Karotten	43	+ 58 %
		Zuckermais	26	+ 39 %
		Apfelbäume	45	+ 38 %
		Erdbeere	36	+ 24 %
		Klee	29	+ 33 %
Zusätzlicher Bewässerungsbedarf gesamte Landwirtschaft	RCP 2.6	-	12	+ 11 %
	RCP 8.5	-	34	+ 34 %

Tabelle 42 Zusätzlicher Bewässerungsbedarf aufgrund Ertragseinbussen durch zunehmende Trockenheit in der Landwirtschaft. Quelle: eigene Berechnungen.

Im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) steigt der Bewässerungsbedarf bei den meisten Sorten moderat um 7 bis 10 %, mit Ausnahme der Karotten, bei denen ein Anstieg von 28 % verzeichnet wird. Insgesamt ergibt sich über alle Kulturen hinweg ein durchschnittlicher Anstieg von 11 %.

Deutlich stärker fällt die Zunahme im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) aus. Hier liegt der zusätzliche Bewässerungsbedarf je nach Sorte zwischen 26 und 39 %. Besonders auffällig ist erneut die Karotte mit einem Anstieg von 58 %. Im Durchschnitt benötigen die in der Schweizer Landwirtschaft angebauten Kulturen unter diesem Szenario rund ein Drittel mehr Wasser.

Vulnerable Gruppen
Für dieses Risiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

Personen mit tiefem sozio-ökonomischem Status

— Landwirtinnen und Landwirte mit tiefem sozio-ökonomischem Status sind von Ernteausfällen besonders betroffen.

— Steigende Lebensmittelpreise infolge von Ernteausfällen belasten vor allem einkommensschwache Haushalte. Diese gaben in den Jahren 2020/2021 über 13 % ihres Budgets für Lebensmittel aus und haben weniger Spielraum, um auf Preissteigerungen zu reagieren (BFS, 2024a).

Ergänzend zu diesen vulnerablen Gruppen gibt es weitere Aspekte, die die Betroffenheit erhöhen können, wie beispielsweise:

— Landwirtschaftsbetriebe, die sich in besonders trocknen und heissen Regionen befinden, sind stärker von der Trockenheit und den daraus resultierenden Ertragsausfällen betroffen.

4.4.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Bewässerung	Nachhaltige Bewässerungssysteme und Wasserspeicher (A)
		Information und Sensibilisierung von Beteiligten öffentliche Hand und Forschungsinstitute (Landwirt/-innen, etc.) (G)
A2	Klimaangepasster Anbau	Forschung und Beratung von Landwirt/-innen zu Kulturen- und Sortenwahl, sowie Förderung von klimaangepassten Anbaumethoden (G)
		Kulturen- und Sortenwahl sowie Anbausystem entsprechend der Wasserverfügbarkeit (A)
A3	Risikoabsicherung Landwirtschaft	Agrarversicherungen und Ausbildungen zur Risikoabsicherung (G)
A4	Prävention Trockenheit	Monitoring und Frühwarnsysteme (G)

Tabelle 43 Anpassungsmassnahmen für Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3).

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

— Die künstliche Bewässerung in der Landwirtschaft verschärft den Wassermangel anderer Anspruchsgruppen wie Haushalten, Tourismus oder Wasserkraftproduzenten. Eine integrale Wasserpolitik ist daher nötig, um das Wasserdargebot zwischen den Interessensgruppen zu verteilen (Kapitel 4.5).

— Bewässerungssysteme können zu negativen Auswirkungen auf die Ökologie führen, die es bei der Umsetzung zu vermeiden gilt.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung

In Bezug auf die Anpassung wird ausschliesslich die Bewässerung als Massnahme berücksichtigt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der zusätzliche Bewässerungsbedarf komplett mit der künstlichen Bewässerung gedeckt werden kann.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Aufgrund der allgemein zunehmenden Trockenheit ist es wahrscheinlich, dass die zur vollständigen Deckung des zusätzlichen Wasserbedarfs in der Landwirtschaft benötigten Wassermengen nicht überall verfügbar sein werden. Dies hängt stark von den lokalen Gegebenheiten ab.

— Es wird davon ausgegangen, dass an allen Standorten der Schweiz entsprechende Bewässerungssysteme installiert werden können. In der Praxis ist dies jedoch aus verschiedenen Gründen, etwa aufgrund hoher Investitionskosten oder ungünstiger Standortlagen, nicht überall umsetzbar.

Exkurs: Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Schadorganismen

Der Klimawandel und das dadurch mildere Klima begünstigt auch die Verbreitung von Schadorganismen in der Landwirtschaft wie Bakterien, Pilze, Viren, Insekten, Unkräuter oder invasive Arten. Besonders mildere Winter beeinflussen die Verbreitung, da durch weniger Frost mehr Schadorganismen überleben. Ausserdem werden auch die Gegenspieler der Schädlinge, die Nützlinge vom Klimawandel beeinflusst. Das genaue Zusammenspiel und deren Auswirkungen sind aber noch nicht eindeutig erforscht (Lotze-Campen et al., 2024). Voraussagen sind auch schwierig zu treffen, da sich Schädlinge aufgrund ihrer kurzen Reproduktionszeit schnell anpassen können, während Nutzpflanzen meist längere Wachstumszeiten haben und sich daher weniger schnell an neue Bedingungen anpassen können (Anderson et al., 2020). Allgemein werden in der Landwirtschaft zunehmende Produktionsverluste erwartet, da die Vermehrung von Schädlingen die Ernte beeinträchtigt. Zusätzlich führt die verstärkte Bekämpfung der Schädlinge zu Mehrkosten in der Produktion (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020).

In Bezug auf die Anpassung an Schadorganismen zeigt folgende Tabelle die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Umgang mit Lebensmitteln	Eruierung des Einflusses des Klimawandels auf die Lebensmittelsicherheit (G)
		Umsetzung der Massnahmen zur Früherkennung und Überwachung von Gefahren in Lebensmitteln (G)
		Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Forschung, Monitoring, Massnahmen, Kommunikation, …) (G)
A2	Klimaangepasster Anbau	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Forschung, Monitoring, Massnahmen, Kommunikation, Beratung…) (G)
		Betriebliche Massnahmen, z.B. Anpassung der Anbaumethoden (G)
A3	Prävention Schadorganismen	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Monitoring, Massnahmen, Empfehlungen, Kommunikation, …) (G)
A4	Bekämpfung von Schadorganismen	Grundlagenbereitstellung öffentliche Hand (Konzepte, Monitoring, Massnahmen, Kommunikation, …) (G)
		Bauliche und betriebliche Massnahmen zur Minimierung von Schadorganismen durch öffentliche Hand und Unternehmen (G)

Tabelle 44 Anpassungsmassnahmen zu Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Schadorganismen. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der Massnahmentabelle enthalten.

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

— Um diese Produktionsverluste in der Landwirtschaft zu minimieren, können verschiedene Massnahmen ergriffen werden, wie zum Beispiel Anpassung der Bewirtschaftungsmethoden, Monitoring, aber auch chemische Mittel. Besonders der Einsatz von Pestiziden ist häufig in Konflikt mit Umweltschutzzielen und daher problematisch und konfliktreich (Jandl et al., 2024).

4.4.3 Kosten des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Berechnung Schadenskosten

Zur Berechnung des resultierenden monetären Schadens wird vereinfachend angenommen, dass der zusätzliche prozentuale Bewässerungsbedarf dem prozentualen Rückgang der landwirtschaftlichen Erträge entspricht.

Im ersten Schritt wird der jährliche Umsatz je Sorte für das Jahr 2023 berechnet. Dazu wird die jährliche Gesamtproduktion gemäss Agristat (2024) mit den Produzentenpreisen gemäss Bundesamt für Landwirtschaft (2025) multipliziert. Anschliessend werden diese Umsätze mit dem zuvor geschätzten prozentualen Ertragsrückgang verrechnet, um die entsprechenden Umsatzeinbussen zu ermitteln.

Zur Abschätzung der Auswirkungen auf die gesamte pflanzliche Erzeugung der Schweizer Landwirtschaft erfolgt eine einfache Hochrechnung. Dabei wird der über alle acht Sorten durchschnittliche zusätzliche Bewässerungsbedarf mit dem Ertragsrückgang gleichgesetzt. Dieser Wert wird anschliessend mit dem Gesamtproduktionswert der pflanzlichen Erzeugung der Schweizer Landwirtschaft im Jahr 2023 (BFS, 2024c) verrechnet.

Berechnung Anpassungskosten

Zur Berechnung der Bewässerungskosten werden die Gesamtkosten der in der Schweiz am häufigsten eingesetzten Verfahren herangezogen, wie Reihenregner, Rollomat und Tropfenbewässerung. Die zugrundeliegenden Kostenschätzungen beinhalten jährliche Fixkosten, variable Kosten, Arbeitskosten, Pumpkosten sowie Kosten für Hilfsgeräte. Die Kosten werden mithilfe des Konsumentenpreisindex auf das Jahr 2023 aktualisiert.

Anschliessend wird ein durchschnittlicher Kostensatz über alle drei Verfahren gebildet. Dieser wurde gewichtet nach dem Flächenanteil, der aktuell mit der jeweiligen Methode bewässert wird (BFS, 2024d). Für jede Sorte wird der gewichtete Kostensatz mit der gesamtschweizerischen Anbaufläche multipliziert. Bei den Betriebskosten wird ergänzend der jeweilige zusätzliche Bewässerungsbedarf berücksichtigt.

Zur Hochrechnung auf die gesamte Landwirtschaft wird der durchschnittliche Kostensatz schliesslich mit der gesamtschweizerischen Anbaufläche sowie dem mittleren zusätzlichen Bewässerungsbedarf über alle acht untersuchten Kulturen hinweg verrechnet.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Daten zu den landwirtschaftlichen Erträgen gemäss den Statistische Erhebungen und Schätzungen (Agristat, 2024)

— Daten zu den Produzentenpreise je Sorte gemäss Agrarbericht 2024 (Bundesamt für Landwirtschaft, 2025)

— Daten zum Gesamtproduktionswert der Schweizer Landwirtschaft gemäss der landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (BFS, 2024c)

— Vollkosten unterschiedlicher Bewässerungsverfahren (Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen, 2016)

— Flächenanteil, der aktuell mit der jeweiligen Methode bewässert wird (BFS, 2024d)

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die Annahme, dass der Ertragsausfall direkt dem zusätzlichen Bewässerungsbedarf entspricht, ist eine starke Vereinfachung. Sie zeigt daher den maximal möglichen Schaden (Kapitel 4.4.1).

— Es wird kein Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum unterstellt. Zudem wird angenommen, dass der Ertrag auf dem Niveau von 2023 konstant bleibt (Kapitel 3.4). Dies führt tendenziell zu einer Unterschätzung der Schäden.

— In der Modellierung wird angenommen, dass die Kosten in erster Linie von den Landwirtschaftsbetrieben selbst getragen werden (keine Subventionen).

— Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts werden die Preise der Güter gemäss Jahr 2023 konstant gehalten. Ebenso wird nicht berücksichtigt, dass die Preise der landwirtschaftlichen Erzeugnisse in der Regel steigen bei geringeren Ernten, was einen Teil der Ertragseinbussen kompensieren würde (Kapitel 3.4).

— Der Einfluss globaler Preise landwirtschaftlicher Güter auf die Schweizer Preise wird nicht berücksichtigt. Auch Änderungen von Importen und Exporten werden ausgeklammert.

Ergebnisse

Schadenskosten

Aus der Berechnung ergeben sich folgende jährliche Schadenskosten.

			Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr)	
Schadensindikator	**Szenario**	Sorte	Pro Sorte	Total
Ertragseinbussen der acht modellierten Sorten	RCP 2.6	Kartoffeln	20	221
		Eisbergsalat	3	
		Raigras	61	
		Karotten	30	
		Zuckermais	5	
		Apfelbäume	40	
		Erdbeere	6	
		Klee	56	
	RCP 8.5	Kartoffeln	59	741
		Eisbergsalat	9	
		Raigras	234	
		Karotten	61	
		Zuckermais	19	
		Apfelbäume	158	
		Erdbeere	16	
		Klee	184	
Ertragseinbussen gesamte Landwirtschaft (pflanzliche Erzeugung)	RCP 2.6	-	-	494
	RCP 8.5	-	-	1’466

Tabelle 45 Jährliche Schadenskosten in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit nach Sorte unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Über alle untersuchten Kulturen hinweg beläuft sich der Gesamtschaden im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) auf 221 Mio. CHF pro Jahr. Im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) fällt der Schaden deutlich höher aus mit 741 Mio. CHF pro Jahr, also mehr als dem Dreifachen.

Wird dieser Wert auf die gesamte pflanzliche Erzeugung der Schweizer Landwirtschaft hochgerechnet, ergeben sich jährliche Schadenskosten von rund 494 Mio. CHF im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und 1'466 Mio. CHF im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5).

	Verteilung der Schadenskosten				
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Ertragseinbussen in der Landwirtschaft	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %

Tabelle 46 Verteilung der Schadenskosten der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Kosten werden in erster Linie von den Landwirtschaftsbetrieben selbst getragen. Falls die Betriebe sich gegen Trockenheit versichert haben, fallen diese Kosten teilweise bei den Versicherungsunternehmen an.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabellen zeigen die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtanpassungskosten auf sowie die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Beteiligten.

		Anpassungskosten (Mio. CHF/Jahr)		
Indikator	**Szenario**	Investitionskosten	Betriebskosten	Total
Bewässerungskosten der acht modellierten Sorten	RCP 2.6	68	17	85
	RCP 8.5	68	58	125
Bewässerungskosten gesamte Landwirtschaft (pflanzliche Erzeugung)	RCP 2.6	458	148	606
	RCP 8.5	458	431	888

Tabelle 47 Jährliche Anpassungskosten unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

	Verteilung der Anpassungskosten				
Indikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Bewässerungskosten	10 %	10 %	10 %	70 %	0 %

Tabelle 48 Verteilung der Anpassungskosten auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die jährlichen Gesamtkosten belaufen sich für die acht modellierten Kulturen auf 85 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und 125 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5).

Hochgerechnet auf die gesamte Schweizer Landwirtschaft ergeben sich Kosten von 606 Mio. CHF pro Jahr beziehungsweise 888 Mio. CHF pro Jahr.

Der Grossteil dieser Kosten fällt direkt bei den landwirtschaftlichen Betrieben an. Werden die Bewässerungssysteme staatlich unterstützt, so fällt ein Teil der Kosten auch bei Bund, Kantonen und Gemeinden an.

Es wird angenommen, dass die Ertragsausfälle durch die zusätzliche künstliche Bewässerung vollständig ausgeglichen werden können.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Schadensindikator	Szenario	Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr)	Veränderung ggü. Situation ohne Anpassung (%)
Ertragseinbussen der acht modellierten Sorten	RCP 2.6	0	- 100 %
	RCP 8.5	0	- 100 %
Ertragseinbussen gesamte Landwirtschaft (pflanzliche Erzeugung)	RCP 2.6	0	- 100 %
	RCP 8.5	0	- 100 %

Tabelle 49 Jährliche reduzierte Schadenskosten der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten.

Gesamtkosten

Schadensindikator	Szenario	Gesamtkosten ohne Anpassung (Mio. CHF / Jahr) Total	Gesamtkosten mit Anpassung (Mio. CHF / Jahr) Total	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Ertragseinbussen der acht modellierten Sorten	RCP 2.6	221	85	- 62 %
	RCP 8.5	741	125	- 83 %
Ertragseinbussen gesamte Landwirtschaft (pflanzliche Erzeugung)	RCP 2.6	494	606	+ 23 %
	RCP 8.5	1’466	888	- 39 %

Tabelle 50 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

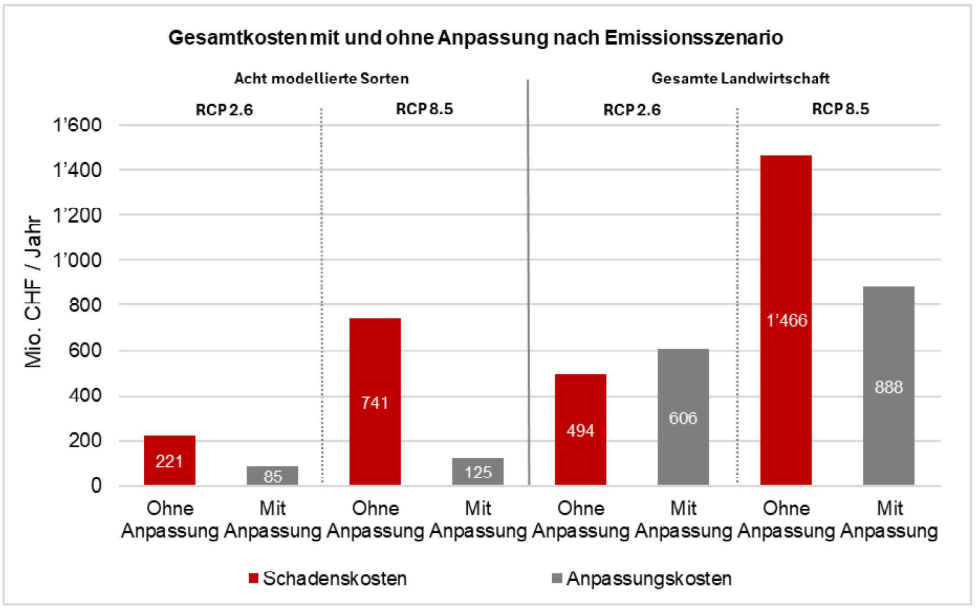


Abbildung 51 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Wird die Bewässerung wie angenommen flächendeckend umgesetzt, verbleiben als Gesamtkosten lediglich die Kosten für die Anpassung (siehe Tabelle 50). Verglichen mit den Schäden ohne Bewässerung verringert sich der Schaden für die Landwirtinnen und Landwirte bei den acht betrachteten Kulturen damit um rund 140 Mio. CHF pro Jahr im Szenario mit (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) beziehungsweise über 600 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5).

Hochgerechnet auf die gesamte pflanzliche Erzeugung der Schweizer Landwirtschaft lassen sich die Kosten nur im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) senken, um rund 39 %. Im Szenario mit (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) hingegen sind die Kosten für die Bewässerung sogar um rund 23 % höher als die ursprünglichen Ertragseinbussen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Einbussen auch für Weideflächen berechnet wurden. Die Kosten ohne Anpassung berücksichtigen dabei nur die Ausfälle des Werts der angebauten Futtermittel, nicht jedoch damit zusammenhängende zusätzliche Kosten bei der Viehhaltung. Die Bewässerung der Weideflächen hingegen wirkt jedoch sowohl Einbussen der Futtermittel sowie der Viehhaltung entgegen, wodurch sich die Bewässerung dennoch lohnen dürfte.

4.4.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Ökonomische Auswirkungen

Wirkungskette

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während die erste Abbildung 52 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet die zweite Abbildung 53 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

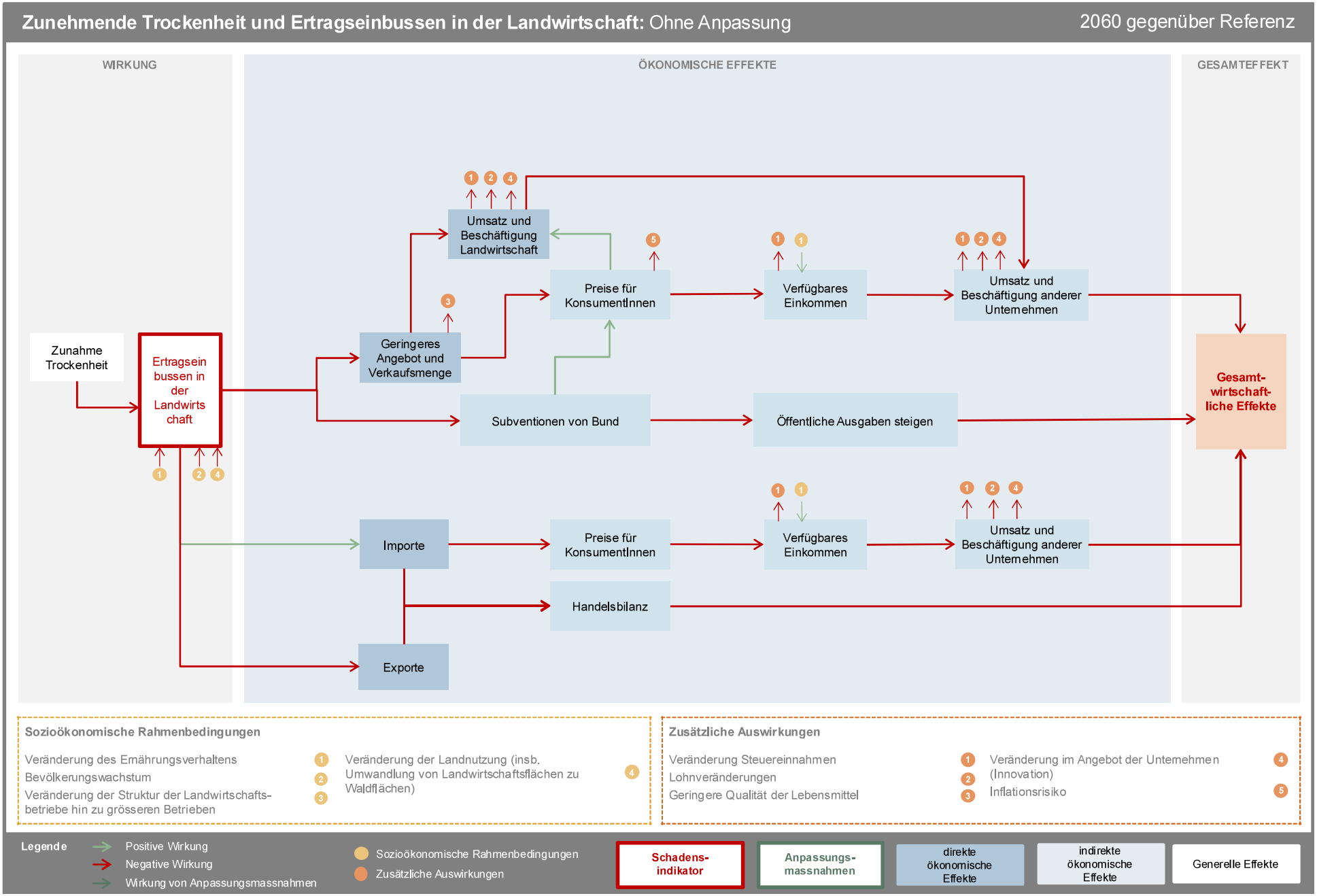


Abbildung 52 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen

Der Ausgangspunkt dieser Wirkungskette ist der Schadensindikator Ertragseinbussen in der Landwirtschaft aufgrund von zunehmender Trockenheit. Ein direkter Effekt der Ertragseinbussen ist, dass die Verkaufsmengen und somit das Angebot abnehmen. Dadurch sinkt der Umsatz und die Beschäftigung im Landwirtschaftssektor, aber auch in anderen Unternehmen, die vom Landwirtschaftssektor abhängig sind.

Das knappere Angebot wirkt sich auch auf die Preise für die Konsumenten aus. Durch die gestiegenen Preise haben die Haushalte weniger Einkommen zur Verfügung, was sich ebenfalls auf den Umsatz und die Beschäftigung anderer Unternehmen auswirkt, da die Haushalte weniger konsumieren können. Die Umsatzeinbussen haben generell weitreichende Folgen und führen zu sinkenden Steuereinnahmen, sinkenden Löhnen und einem veränderten Angebot der Unternehmen.

Um die steigenden Konsumentenpreise und die Umsatzeinbussen abzufedern, kann der Bund kurzfristig vermehrt subventionieren oder die Zölle reduzieren, wodurch jedoch die öffentlichen Ausgaben steigen oder die Einnahmen sinken.

Um die Ertragseinbussen zu kompensieren, wird vermehrt importiert und weniger exportiert, da es weniger Überschuss gibt. Das wirkt sich einerseits negativ auf die Handelsbilanz aus und andererseits steigen die Preise für die Konsumenten weiter. Gleichzeitig kann durch die höheren Importe die Nachfrage nach Nahrungsmitteln weiterhin gedeckt werden.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Ertragseinbussen in der Landwirtschaft ohne Anpassungsmassnahmen haben daher ausschliesslich negative Effekte auf die Gesamtwirtschaft. Diese werden verstärkt von verschiedenen Rahmenbedingungen sowie die allgemeine Bevölkerungszunahme, die vermehrte Umwandlung von Landwirtschaftsfläche zu Waldflächen und die Tendenz weniger Fleisch zu konsumieren.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Ertragseinbussen in der Landwirtschaft treffen insbesondere Landwirtschaftsbetriebe, die bewässerungsintensive Sorten anbauen. Fehlende alternative Anbaumöglichkeiten oder eingeschränkte Diversifizierung erhöhen den finanziellen Druck und können langfristig die Existenz gefährden (BAFU, 2025a).

— Einkommensschwache Haushalte werden von den steigenden Lebensmittelpreisen stärker getroffen, da ihr bereits knappes verfügbare Einkommen weiter eingeschränkt wird.

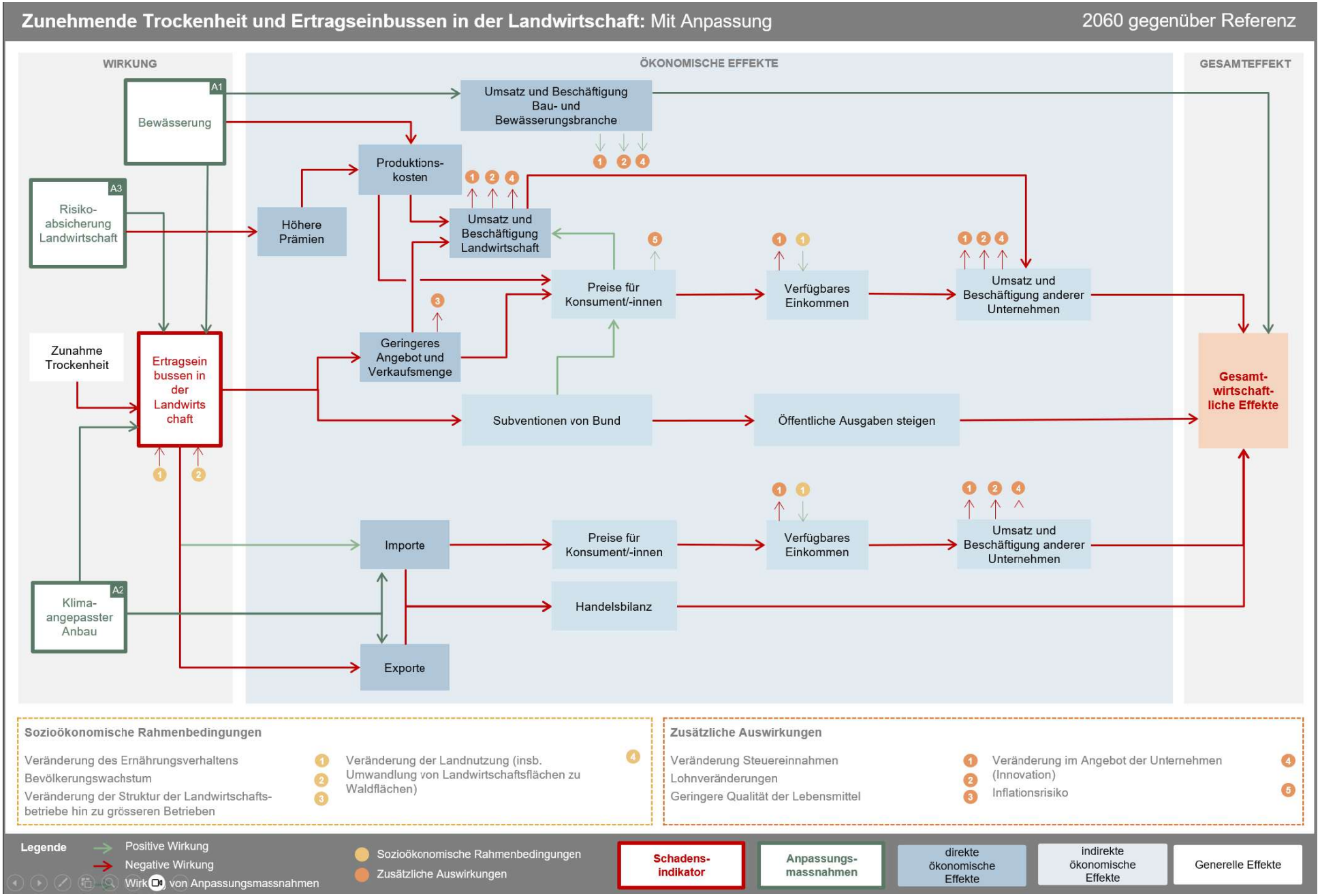


Abbildung 53 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungs-massnahmen

Um die Ertragseinbussen zu verringern, sind für die Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen drei Anpassungsmassnahmen berücksichtigt. Einerseits kann eine vermehrte Bewässerung den fehlenden Niederschlag kompensieren. Vom Bau der Bewässerungsanlagen profitiert dabei auch die Bewässerungs- und Baubranche, da sie zusätzliche Aufträge erhalten. Jedoch führt der Bau von Bewässerungsanlagen auch zu höheren Produktionskosten, was sich negativ auf den Umsatz der Landwirtschaftsbetriebe auswirkt.

Eine weitere Anpassungsmassnahme ist eine zusätzliche Risikoabsicherung der Landwirtschaftsbetriebe. Diese hat jedoch höhere Versicherungsprämien zur Folge, was ebenfalls zu höheren Produktionskosten führt.

Schliesslich können Ertragseinbussen auch durch einen klimaangepassten Anbau verringert werden. Trockenheitsresistentere Pflanzen und neue Anbaumethoden können als weitere Anpassungsmassnahmen auch einen positiven Effekt auf Importe und Exporte haben, da dadurch mehr produziert werden kann.

Gesamt-wirtschaftliche Effekte

Insgesamt kann besonders der Bau von Bewässerungsanlagen einen positiven gesamtwirtschaftlichen Effekt erzeugen, der möglicherweise zumindest einen Teil der negativen Effekte, die grösstenteils von steigenden Preisen und höheren Produktionskosten verursacht werden, kompensieren kann.

Verteilungs-gerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Bewässerung erfordert hohe Investitionen, die insbesondere für einkommensschwache Betriebe schwierig zu stemmen sind. Landwirtschaftsbetriebe in Regionen mit begrenztem Bewässerungspotential sind zusätzlich betroffen.

— Ebenfalls sind Betriebe stärker betroffen, die auf Kulturen angewiesen sind, bei denen sich eine Bewässerung wirtschaftlich nicht lohnt.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Quantitative Analyse

Aufbereitung der wirtschaftlichen Impulse

Die ursprünglichen Schadens- und Anpassungskosten werden im ersten Schritt in wirtschaftliche Impulse aufbereitet und anschliessend in das Modell eingespeist zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte.

Im Folgenden werden zwei extreme Varianten betrachtet:

— Die Ertragsverluste der Landwirte werden vollständig durch die öffentliche Hand kompensiert

— Die Landwirte tragen die Ertragsverluste vollständig selbst (siehe Exkurs)

Beide Varianten sind nicht realistisch, zeigen jedoch die jeweiligen extremen Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft auf. Erstere gibt einen Eindruck, welche Auswirkungen sich für die Konsumenten ergeben, die schlussendlich die Subventionen tragen werden. Zweiteres zeigt auf, welche Auswirkungen auftreten, wenn keine staatliche Unterstützung erfolgt. In der Realität werden die Effekte zwischen diesen beiden Extremen liegen.

Herleitung der wirtschaftlichen Impulse (Mio. CHF / Jahr)				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Ursprünglicher Effekt				
Schadenskosten initial getragen von:	221	0	741	0
Öffentliche Hand	*221*	*0*	*741*	*0*
Anpassungskosten initial getragen von:	0	85	0	125
Öffentliche Hand	*0*	*85*	*0*	*125*
Schlussendlich getragen von				
Haushalte	-221	-85	-741	-125
Wirtschaftliche Impulse IOT				
Schaden und Anpassung	0	85	0	125
Konsumverzicht	-221	-85	-741	-125

Tabelle 51 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit mit und ohne Anpassung für zwei Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Aufbereitung der Schadenskosten

Ertragsausfälle führen in der Landwirtschaft in der Regel zu Umsatzeinbussen und tendenziell steigenden Preisen. Für die Modellierung wird angenommen, dass die öffentliche Hand solche Einbussen durch Subventionen oder reduzierte Zölle kompensiert und Preissteigerungen verhindert. Fehlende Erträge werden durch Importe ausgeglichen.

Initial trägt somit die öffentliche Hand die entstehenden Schäden. Zur Finanzierung erhöht sie die Steuern, so dass die Belastung letztlich von den Haushalten getragen wird. Dies schmälert deren verfügbares Einkommen und führt zu einer Reduktion des Konsums in der Höhe der ursprünglichen Schadenskosten von bis zu 741 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5).

Aufbereitung der der Anpassungskosten

Um die Schäden zu vermeiden, reagieren die Landwirtinnen und Landwirte mit verstärkter künstlicher Bewässerung. Auch hier wird angenommen, dass die öffentliche Hand die zusätzlichen Kosten mit Subventionen ausgleicht und diese wiederum über Steuern auf die Haushalte umlegt. Der Schaden fällt somit nicht direkt bei der Landwirtschaft an. Gleichzeitig führen die Investitionen und laufenden Ausgaben für die Bewässerungssysteme zu zusätzlichen Einnahmen beispielsweise bei Herstellern und Dienstleistern solcher Systeme. Die Anpassungskosten führen daher sowohl zu einem positiven Effekt von beispielsweise 125 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) für vorgelagerte Branchen, gleichzeitig zu negativen Effekten in derselben Höhe im Zusammenhang mit dem Konsumverzicht zur Finanzierung dieser Kosten.

Wirtschaftliche Impulse

Die aus den direkten Schadens- und Anpassungskosten hergeleiteten wirtschaftlichen Impulse ergeben sich daraus wie folgt:

— Schaden und Anpassung: Positive Impulse entstehen durch die zusätzlichen Einnahmen anderer Branchen im Zusammenhang mit der

künstlichen Bewässerung. Da sowohl die Schäden der Landwirtschaft als auch die Kosten der Bewässerung vollständig über Subventionen und Steuererhöhungen abgefedert werden, ergeben sich für die Landwirtschaft selbst keine direkten Verluste.

— Konsumverzicht: Infolge der höheren Steuerlast, mit der die Haushalte die Schäden und Anpassungskosten letztlich finanzieren, erfolgen negative Impulse durch den Konsumverzicht.

Verwendete Datengrundlagen

Neben den generell für die gesamtwirtschaftliche Modellierung genutzten Grundlagen (Kapitel 3.5) werden keine zusätzliche Datengrundlagen verwendet.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu berücksichtigen:

— Die Annahme, dass die öffentliche Hand sämtliche Schäden und Kosten der Landwirtschaft vollständig durch höhere Subventionen ausgleicht, ist stark vereinfachend. Grundsätzlich erscheint es jedoch plausibel, dass staatliche Unterstützung erfolgt, da die Landwirtschaft bereits heute in hohem Masse subventioniert wird. Wahrscheinlich würden jedoch nur Teile der Schäden kompensiert, während die Landwirtschaft einen Anteil selbst tragen müsste.

— Es wird angenommen, dass die öffentliche Hand die höheren Ausgaben für die Subventionen komplett über Steuern refinanziert. Theoretisch könnte sie aber auch Schulden aufnehmen oder die Ausgaben in einem anderen Bereich reduzieren, was zu anderen gesamtwirtschaftlichen Effekten führen würde.

— Die Annahme, dass Ertragsausfälle in der Schweiz durch Importe ausgeglichen werden können, bedingt, dass es möglich ist, diese Güter aus dem Ausland zu beziehen. In Realität kämpft jedoch die Landwirtschaft auch im Ausland mit den Folgen des Klimawandels und ist in Zukunft mit Einbussen konfrontiert. Zudem können nicht alle Güter importiert werden (ebenfalls abhängig von Transportwegen, Saisonalität oder Handelsbarrieren). Es ist daher wahrscheinlich, dass künftig gewisse landwirtschaftliche Güter knapp werden können.

— Es wird angenommen, dass die Landwirtschaft künftig durch erhöhte Bewässerung auf klimabedingte Veränderungen reagieren kann. Diese Annahme vernachlässigt jedoch, dass Wasser in Zukunft eine zunehmend knappe Ressource sein dürfte. Zwar können landwirtschaftliche Schäden durch verstärkte künstliche Bewässerung teilweise abgefedert werden, doch ist ungewiss, in welchem Ausmass diese Massnahme tatsächlich verfügbar und nachhaltig umsetzbar sein wird.

— Auch ist zu beachten, dass gewisse (trockenresistente) Sorten vom Klimawandel profitieren und höhere Erträge daraus resultieren könnten, die die hier berechneten Verluste teilweise kompensieren. Es ist davon auszugehen, dass die Landwirtschaft ihre Produktion autonom an die Klimaverhältnisse anpasst und damit die Schäden zumindest teilweise reduziert.

Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte dargestellt. Dabei werden in einem ersten Schritt die Effekte der Schäden und der Anpassung betrachtet und anschliessend den Effekten des Konsumverzichts gegenübergestellt.

Schaden und Anpassung

Gesamtwirtschaftliche Effekte Schaden und Anpassung	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**0**	**86**	**0**	**127**
Direkt	0	40	0	59
Indirekt	0	46	0	68
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**0**	**950**	**0**	**1'395**
Direkt	0	670	0	985
Indirekt	0	280	0	410
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	**0**	**7**	**0**	**11**

Tabelle 52 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte von Schaden und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Berechnungen.

Ohne Anpassung wird der Schaden vollständig von der öffentlichen Hand zu den Haushalten umgelegt und damit null. Der Effekt der Umlegung auf die Haushalte ist im Rahmen des entstehenden Konsumverzichts der Haushalte erläutert.

Mit Anpassung führen die Ausgaben für die künstliche Bewässerung zu einer steigenden Bruttowertschöpfung. Konkret steigt diese je nach Emissionsszenario zwischen 86 und 127 Mio. CHF pro Jahr. Ebenso steigt die Beschäftigung um 950 bis 1’395 VZÄ. Verbunden mit den positiven wirtschaftlichen Effekten erhöhen sich auch die Steuereinnahmen um 7 bis 11 Mio. CHF jährlich.

Konsumverzicht

Gesamtwirtschaftliche Effekte Konsumverzicht	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**-213**	**-82**	**-713**	**-120**
Direkt	-97	-37	-326	-55
Indirekt	-116	-44	-387	-65
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**-1'435**	**-555**	**-4'820**	**-810**
Direkt	-700	-270	-2'350	-395
Indirekt	-735	-285	-2'470	-415
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	-17	-6	-56	-9

Tabelle 53 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte des Konsumverzichts nach Emissions-szenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Konsumverzicht führt ohne Anpassung zu einer gesamtwirtschaftlichen Reduktion der Bruttowertschöpfung zwischen 213 Mio. CHF bis 713 Mio. CHF pro Jahr sowie zu einem Rückgang der Beschäftigung in der Höhe von 1'435 bis 4'820 VZÄ pro Jahr. Die Steuereinnahmen reduzieren sich um 17 bis 56 Mio. CHF pro Jahr.

Mit Anpassung fallen die negativen Effekte deutlich tiefer aus. So beträgt der Rückgang der Bruttowertschöpfung lediglich noch 82 Mio. CHF bis 120 Mio. CHF pro Jahr, was einer Reduktion von 60 bis 80 % entspricht.

Totale Gesamtwirtschaftliche Effekte

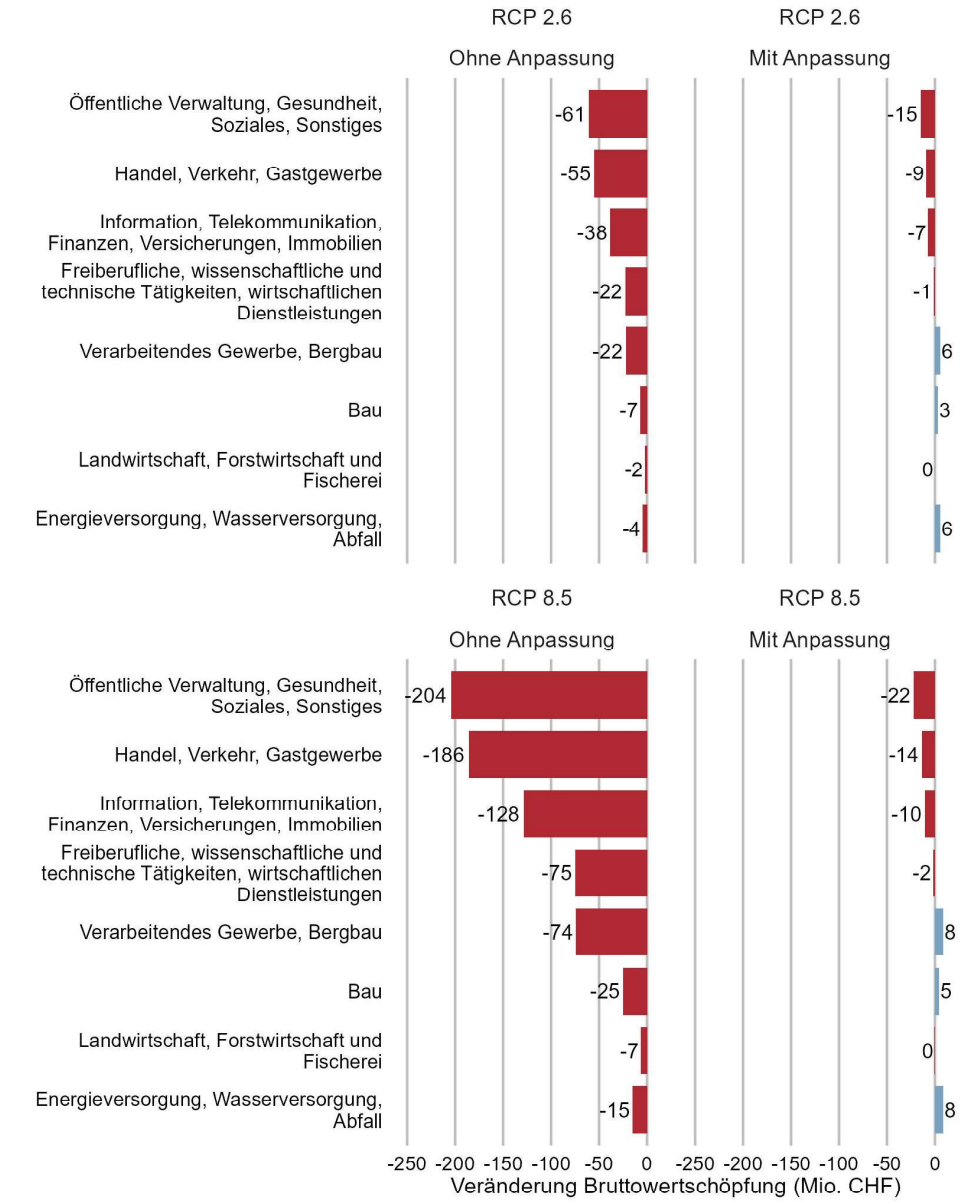
Gesamtwirtschaftliche Effekte Total (Schaden und Anpassung sowie Konsumverzicht)				
	RCP 2.6		**RCP 8.5**	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**-213**	**4**	**-713**	**7**
Direkt	-97	3	-326	4
Indirekt	-116	2	-387	2
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**-1'435**	**395**	**-4'820**	**585**
Direkt	-700	400	-2'350	590
Indirekt	-735	-5	-2'470	-5
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	**-17**	**1**	**-56**	**1**

Tabelle 54 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Berechnungen.

Ohne Anpassung ergeben sich eindeutig negative gesamtwirtschaftliche Effekte. Diese sind vor allem auf den Konsumverzicht der Haushalte sowie die daraus resultierenden direkten und indirekten Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft zurückzuführen. Mit Anpassung überwiegen die positiven Effekte der Ausgaben für Bewässerungssysteme die negativen Effekte des Konsumverzichts leicht. Einzig in Bezug auf die Steuereffekte ist auch mit Anpassung der Effekt leicht negativ.

Auswirkungen auf Branchen

Die folgende Grafik zeigt die gesamten Auswirkungen auf die Bruttowertschöpfung der verschiedenen Branchen.



Quelle: EBP

Abbildung 54 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Landwirtschaft selbst hat kaum Einbussen bei der Bruttowertschöpfung. Der Grund dafür ist, dass in dieser Variante die Schäden vollständig durch Subventionen von der öffentlichen Hand ausgeglichen werden. Diese Kosten trägt letztlich die Bevölkerung über Steuern. Dadurch sinkt der Konsum in verschiedenen Bereichen, was zu Verlusten in vielen anderen Branchen führt. Besonders stark betroffen ist die Branche *Öffentliche Verwaltung, Gesundheit, Soziales, Sonstiges* (darin enthalten sind verschiedene Wirtschaftsbranchen) mit bis zu 204 Mio. CHF Verlust pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassung. Mit Anpassungsmassnahmen verringern sich die Verluste auf rund 22 Mio. CHF pro Jahr. Einige Branchen, etwa das *verarbeitende Gewerbe*, das *Baugewerbe* sowie die *Energie- und Wasserversorgung*, profitieren sogar leicht, da durch die zusätzliche künstliche Bewässerung mehr investiert wird.

Exkurs: Variante Landwirte tragen die Ertragsverluste vollständig

In dieser Variante subventioniert die öffentliche Hand die Landwirtschaft nicht zusätzlich und die Schäden ohne Anpassung müssen vollständig von der Landwirtschaft selbst getragen werden. Die gesamtwirtschaftlichen Folgen für die Landwirtschaft und die Unternehmen in ihrer Lieferkette sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Gesamtwirtschaftliche Effekte Schaden Landwirtschaft und Lieferkette	RCP 2.6 Ohne Anpassung	RCP 8.5 Ohne Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**-250**	**-838**
Direkt	-83	-277
Indirekt	-167	-560
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**-3'155**	**-10'580**
Direkt	-1'865	-6'255
Indirekt	-1'290	-4'325
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	**-27**	**-92**

Tabelle 55 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte auf die Landwirtschaft und ihre Lieferkette nach Emissionsszenario ohne Anpassung der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit Quelle: eigene Berechnungen

Die Ergebnisse zeigen einen Rückgang der Bruttowertschöpfung zwischen 250 und 838 Mio. CHF pro Jahr sowie einen Beschäftigungsverlust zwischen 3’155 und 10’580 VZÄ. Zudem sinken die Steuereinnahmen um 27 bis 92 Mio. CHF pro Jahr.

Der gesamtwirtschaftliche Effekt fällt negativer aus als in der Variante mit Subventionen durch die öffentliche Hand. Dies, obwohl Reaktionen der Konsumentinnen und Konsumenten auf veränderte Verfügbarkeiten und Preise der landwirtschaftlichen Produkte noch nicht berücksichtigt sind. Die Gesamtwirkung wäre somit nochmals deutlich negativer. Der Vergleich der obigen Resultate mit der gesamten Bruttowertschöpfung von 4’600 Mio. CHF pro Jahr (BFS, 2025e) zeigt, dass Verluste in dieser Höhe substanziell wären.

Verteilungseffekte

Zur Analyse der Verteilungseffekte wird dargestellt, welche Haushalte, abhängig von ihrem Einkommen, die Steuererhöhung tragen.

Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten	
Haushaltseinkommen (in CHF / Monat)	**Steuererhöhungen**
Unter 4’669	2 %
4’669 – 7’004	8 %
7’005 – 9’733	15 %
9’734 – 13’716	25 %
Ab 13’717	50 %

Tabelle 56 Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten nach Einkommensklassen der Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Steuererhöhungen ergeben sich aus der Überwälzung der Landwirtschaftssubventionen auf die Steuerzahlenden und ist somit progressiv zum Einkommen. Insgesamt tragen Haushalte der obersten Einkommensklasse rund 50 % der Subventionen, wohingegen mit 2 % nur ein sehr geringer Anteil auf die tiefsten Klassen entfällt.

Würde die öffentliche Hand die Landwirtschaft jedoch nicht zusätzlich subventionieren, müssten die Schäden ohne Anpassungsmassnahmen vollständig von den Landwirten selbst getragen werden (siehe Exkurs). In diesem Fall ergäbe sich eine andere Verteilungswirkung und es ist davon auszugehen, dass Haushalte mit tieferem Einkommen überproportional von den steigenden Nahrungsmittelpreisen betroffen wären, während Haushalte mit höherem Einkommen die höheren Nahrungsmittelpreise besser abfangen könnten.

4.4.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Analyse der möglichen Ertragsverluste in unterschiedlichen Regionen: Die bestehende Studie hat sich auf die Ertragsverluste im Mittelland konzentriert. Diese sind nur bedingt repräsentativ und eine spezifische Studie für einzelne Regionen und Gebiete kann Aufschluss geben auf die möglichen Auswirkungen des Klimawandels und als Grundlage für die Identifikation von geeigneten Massnahmen genutzt werden.

— Analyse des konkreten Bewässerungsbedarfs und der Wasserverfügbarkeit unter integraler Betrachtung der potenziellen Änderungen der Anbaupraktiken und weiteren Entwicklungen: Dies könnte beispielsweise basierend auf den Erkenntnissen der Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung und weiteren Erkenntnissen aus der Landwirtschaft erfolgen.

— Analyse der Veränderungen der wichtigsten Sorten und deren künftige Entwicklung: Die aktuelle Analyse beschränkt sich auf acht Sorten. Diese sind nur eine Auswahl der landwirtschaftlichen Produktion der Schweiz und daher nur bedingt aussagekräftig. Eine breit angelegte Studie kann robustere Aussagen zu den Effekten des Klimawandels geben und aufzeigen, wie sich die Sortenwahl anpassen lässt, um die positiven Effekte zu nutzen.

— Analyse des Einflusses des Klimawandels auf die Exporte und Importe der Schweizer Landwirtschaft: Die NCCS-Impact Projekte 2 (Globale Auswirkungen), Projekt 3 (Biodiversität) und 5 (Kosten des Klimawandels) geben erste Hinweise auf mögliche Auswirkungen. Spezifischere Analysen für die Landwirtschaft zur Identifikation von künftigen Defiziten in der Schweiz, die durch Importe gedeckt werden müssen, können helfen, vorausschauend konkrete Massnahmen zu ergreifen. Mögliche Einflüsse auf landwirtschaftliche Preise könnten weitere Hinweise geben.

— Analyse der von staatlichen Subventionen in der Landwirtschaft sowie der projizierten Entwicklung der Landwirtschaft im Ausland ermöglichen realistischere Annahmen und Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen Effekte.

4.5 Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit

Zunehmende Trockenheit führt zu Wasserknappheit und zu erheblichen Schäden in unterschiedlichsten Sektoren und Bereichen, sei es durch fehlendes Wasser in Flüssen für den Gütertransport, für die Bewässerung in der Landwirtschaft, die Produktion von Gütern in der Industrie, die Verfügbarkeit von Wasser für die Beschneiung von Skigebieten oder für die Haushalte und die Bevölkerung. Ausserdem führt die zunehmende Trockenheit zu einer geringeren Verdunstung und Kühlleistung der Vegetation (Hirschi et al. 2020). Je nach spezifischen Gegebenheiten sind die Auswirkungen im einen oder anderen Bereich bedeutender.

Die Schweiz ist zwar eines der wasserreichsten Länder Europas mit bedeutenden natürlichen Wasserspeichern in Form von Seen, Gletschern, Schnee und Grundwasser, steht jedoch aufgrund des Klimawandels vor wesentlichen Herausforderungen. Ohne Klimaschutz werden die Gletscher in den Alpen bis zum Ende des Jahrhunderts voraussichtlich rund 95 % ihres derzeitigen Volumens verlieren, und es wird mehr Niederschlag in Form von Regen statt Schnee fallen. Dies wird dazu führen, dass die Schneeschmelze und der sommerliche Abfluss aus Gletschern zurückgehen, während der winterliche Abfluss zunimmt. Dies führt zu einem zeitlichen Missverhältnis, da der Wasserbedarf im Sommer aufgrund höherer Temperaturen und erhöhter Evapotranspiration voraussichtlich deutlich steigen wird. Das Projekt *Hydro-CH2018* und die damit verbundenen Forschungsarbeiten haben diese Auswirkungen umfassend analysiert und dabei betont, dass die Veränderungen noch ausgeprägter sind als bisher angenommen, insbesondere hinsichtlich des Ausmasses der Sommerdürren (BAFU, 2021a).

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der zunehmenden Trockenheit auf die Wasserknappheit, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit: Schäden, Kosten und Beteiligte

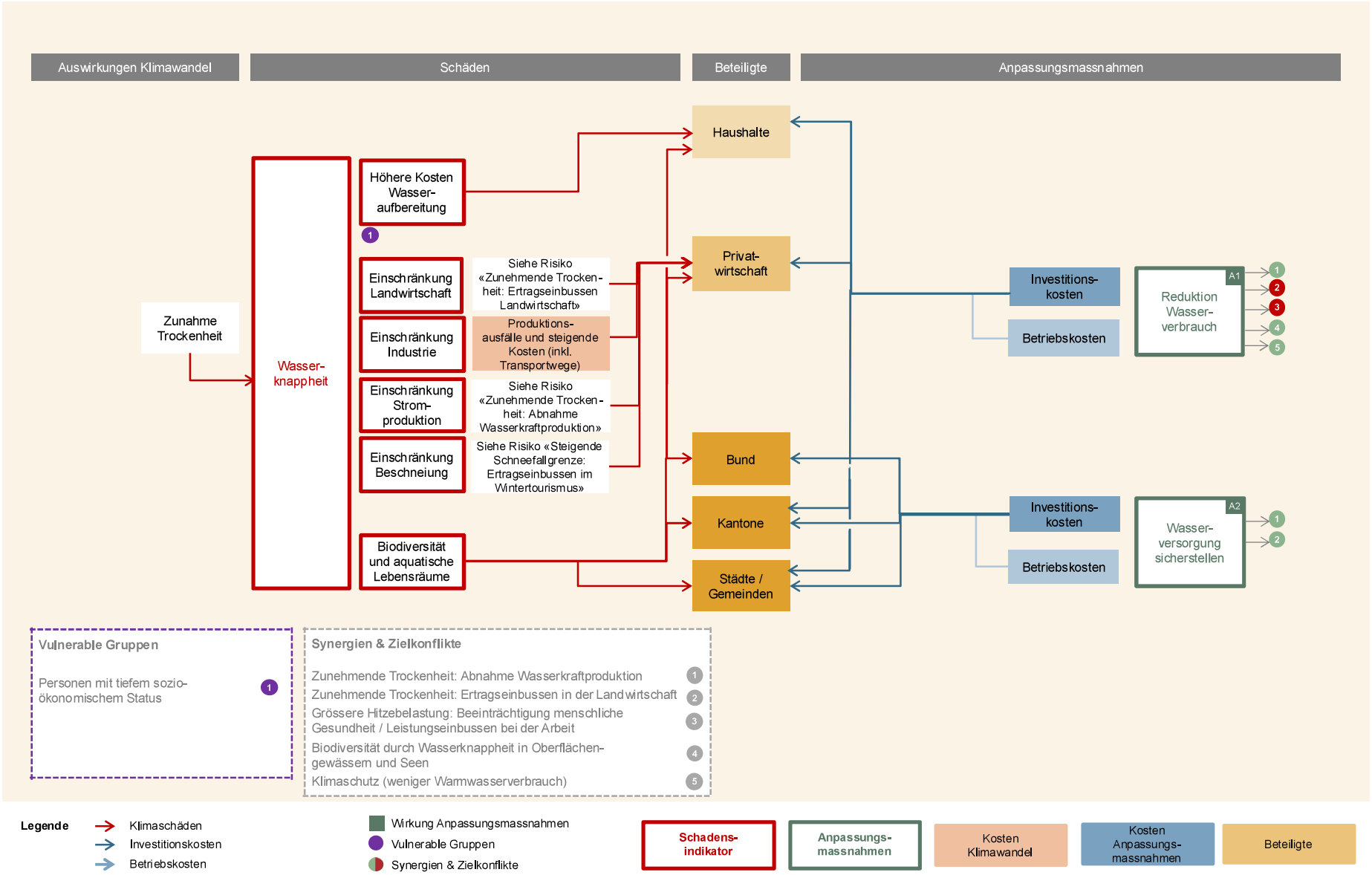


Abbildung 55 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit. Quelle: eigene Darstellung.

4.5.1 Auswirkungen des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Die Methode zur Berechnung der Wasserknappheit in der Schweiz stammt von Brunner et al. (2019) unter Verwendung der Klima- und hydrologischen Modelle, die im Rahmen der Projekte CH2018 und Hydro-CH2018 entwickelt wurden. Sie konzentrierten sich jedoch auf die lokale Ebene und damit auf mehr als 300 Einzugsgebiete. Für die vorliegende Analyse werden Daten von Brunner et al. (2019) zur Wasserversorgung und zum Wasserbedarf zu 22 Einzugsgebieten aggregiert und anhand vier Hauptelementen analysiert:

— Wasserversorgung: Analyse der jährlichen und sommerlichen Verteilung sowie unter extremen Bedingungen

— Wasserbedarf: Analyse der jährlichen und sommerlichen Verteilung sowie unter extremen Bedingungen

— Wasserüberschuss/-mangel: Differenz zwischen Wasserversorgung und Wasserbedarf, wobei die positive Differenz einem Wasserüberschuss entspricht und eine negative Differenz ein Wasserdefizit bedeutet.

— Anpassung: Mögliche Anpassungsmassnahmen zur Reduktion des Wasserdefizits

Insgesamt werden 39 Klimamodellketten verwendet, um Unsicherheiten zu berücksichtigen, die sich sowohl aus den Emissionsszenarien als auch aus der Auswahl der Klimamodelle ergeben.

Normale hydrologische Bedingungen werden anhand der gemittelten Monatswerte für die Referenz- und die Zukunftsperiode bewertet, während extreme Bedingungen anhand bestimmter Trockenjahre bewertet werden.

Extreme Trockenbedingungen werden durch den Vergleich der Versorgung in einem trockenen Jahr in die Periode 1981-2010 mit der Versorgung in einem trockenen Jahr im zukünftigen Zeitraum bewertet (2045-2074). Das Jahr 2003 entspricht entsprechend dem repräsentativen Trockenjahr in der Referenzperiode. Als zukünftiges Trockenjahr wird das Jahr mit dem entsprechenden minimalen monatlichen Abfluss über alle zukünftigen Jahre und Modellketten ausgewählt. Um repräsentative Trockenbedingungen für den Sommer zu ermitteln, wird eine univariate statistische Analyse der Distribution des aggregierten Wasserabflusses über alle Jahre und Modellketten durchgeführt. Extreme Bedingungen wurden anhand des unteren Endes der Distribution definiert, das dem 3. Perzentil entspricht.



Abbildung 56 Geografische Aggregation und Namen der Einzugsgebiete (22 Einzugsgebiete). Quelle: eigene Darstellung.

Der Wasserbedarf wird anhand von neun Kategorien berücksichtigt.

Nachfrage	Referenzperiode	2060
Trinkwasser (Haushalte)	Geschätzt durch Multiplikation des Wasserverbrauchs von 142 l pro Person und Tag mit der Anzahl der Einwohner pro Einzugsgebiet (konstant über das Jahr).	Keine Änderung
Trinkwasser (Tourismus)	Geschätzt analog zu den Haushalten durch Multiplikation derselben Wasserverbrauchsrate mit der Anzahl der Übernachtungen aus der BFS-Statistik.	Keine Änderung
Industrie: Verarbeitendes Gewerbe	Geschätzt durch Multiplikation der Wasserverbrauchsrate (148 m^3) pro Mitarbeiter mit der Anzahl der Mitarbeiter pro Einzugsgebiet.	Beibehaltung des derzeitigen Niveaus, da für diesen Sektor keine Prognosen verfügbar sind
Dienstleistungssektor	Geschätzt durch Multiplikation der Wasserverbrauchsrate (85 m^3) pro Mitarbeiter mit der Anzahl der Mitarbeiter pro Einzugsgebiet.	Beibehaltung des derzeitigen Niveaus, da für diesen Sektor keine Prognosen verfügbar sind
Herstellung von Kunstschnee	Geschätzt durch Multiplikation der Pistenfläche mit dem mittleren Wasserbedarf pro Fläche (1200 m^3 pro Hektar) (nur Wintermonate)	Skigebiete unterhalb einer bestimmten Höhenschwelle werden aufgrund von Unrentabilität verschwinden und es wird angenommen, dass der Wasserverbrauch pro Hektar auf 1500 m^3 (nur Wintermonate) ansteigen wird. Die kritische Höhe für eine Beschneiung wurde auf 2000 m ü. M. festgelegt.
Landwirtschaft (Viehzucht)	Der Wasserbedarf des Viehbestands wurde durch Multiplikation der Wasserverbrauchsrate pro Vieheinheit (110 l pro Tag) mit der Anzahl der Tiere pro Einzugsgebiet berechnet (konstant über das Jahr).	Keine Änderung

Nachfrage	Referenzperiode	2060
Landwirtschaft (Ernte)	Der Bewässerungswasserbedarf entspricht der Differenz zwischen dem Wasserbedarf der Pflanzen und dem tatsächlichen Niederschlag. Berechnet anhand der vom hydrologischen Modell abgeleiteten Zeitreihen (April-Sept).	Geschätzt anhand der potenziellen Evapotranspiration unter zukünftigen Klimabedingungen (39 Modellketten).
Ökologie	Der ökologische Abflussbedarf wurde mit einem Schwellenwert berücksichtigt, der dem 95 %-Quantil der täglichen Abflüsse (Q347) entspricht, wie es die Schweizer Gesetzgebung vorschreibt (konstant über das Jahr).	Keine Änderung
Wasserkraft	Der Wasserbedarf für die Wasserkraftproduktion wurde für jeden Stausee in der Schweiz geschätzt und dann zum Wasserbedarf für das gesamte Einzugsgebiet aggregiert. Der monatliche Wasserbedarf wurde geschätzt, indem die monatliche prozentuale Veränderung des Speicherinhalts mit der Speicherkapazität des Stausees multipliziert und anschliessend der monatliche natürliche Zufluss zum Stausee addiert wurde. Die monatlichen Zuflüsse werden auf der Grundlage des mit dem hydrologischen Modell PREVAH simulierten Abflusses im Einzugsgebiet berechnet.	Der zukünftige Wasserkraftbedarf wurde mit den zukünftigen Zuflüssen in die Stauseen berechnet (39 Modellketten).

Tabelle 57 Neun Kategorien des Wasserbedarfs und getroffene Annahmen. Quelle: eigene Darstellung.

Zur Bewertung der Wasserknappheit in Extremjahren wird eine univariate Frequenzanalyse angewandt und das Jahr 2003 mit einem künftigen Extremjahr und den extremen Monaten verglichen.

Auswirkungsindikatoren

Für die Berechnung werden folgende Indikatoren analysiert:

— Wasserknappheit für normale Jahre in Millionen m^3/Tag pro Jahr und für die Sommermonate Juni bis September

— Wasserknappheit für extreme Jahre in Millionen m^3/Tag pro Jahr und für die Sommermonate Juni bis September

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Die Modellierung berücksichtigt keinen Wassertransfer zwischen Regionen.

— Die Modellierung umfasst nur Oberflächenwasser, das heisst Grundwasser wird nicht berücksichtigt.

— Temporär kombinierte Ereignisse, wie zum Beispiel mehrere aufeinanderfolgende trockene Sommer, werden im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.

Abweichungen der Systemgrenzen

In der vorliegenden Modellierung werden die Systemgrenzen wie im Kapitel 3.1 angewandt. Es gibt somit keine Abweichung der Systemgrenzen.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Brunner et al. (2019): Wasserversorgung und Wasserbedarf auf lokaler Ebene

Sozioökomische Daten

Für die Modellierung werden keine spezifischen sozioökonomischen Annahmen und Daten angewandt. Demografische Veränderungen, sozio-ökonomische Veränderungen und Landnutzungsänderungen mit Einfluss auf die Wasserverfügbarkeit sind somit nicht enthalten.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die Entscheidung, sich auf die regionale Ebene zu konzentrieren, löst möglicherweise nicht vollständig das Problem der Wasserknappheit auf lokaler Ebene. Dies ist eine Folge der Aggregation der Daten, bei der Überschüsse und Defizite sich gegenseitig aufheben können. Für Analysen auf lokaler Ebene wird empfohlen, die Arbeit von Brunner et al. 2019 heranzuziehen.

— Die Ergebnisse hängen stark vom geografischen und räumlichen Rahmen ab. Diese Werte können sich ändern, wenn der Erfassungsbereich verkleinert wird oder eine andere Aggregation der Einzugsgebiete von der lokalen zur regionalen Ebene gewählt wird.

Ergebnisse

Durchschnittliche Wasserknappheit

Die folgenden Abbildungen zeigen die regionale Wasserverfügbarkeit in der Schweiz (Millionen m³/Tag und in den Figuren mit Mill. m³/Tag angegeben.) für das ganze Jahr (Abbildung 57) und für den Sommer (Abbildung 58). Dunkelgrüne Farbtöne weisen auf hohe Wasserüberschüsse hin, während hellgrüne bis sehr helle Farbtöne niedrigere Werte oder ein nahezu ausgeglichenes Verhältnis zwischen Wasserangebot und -bedarf anzeigen.

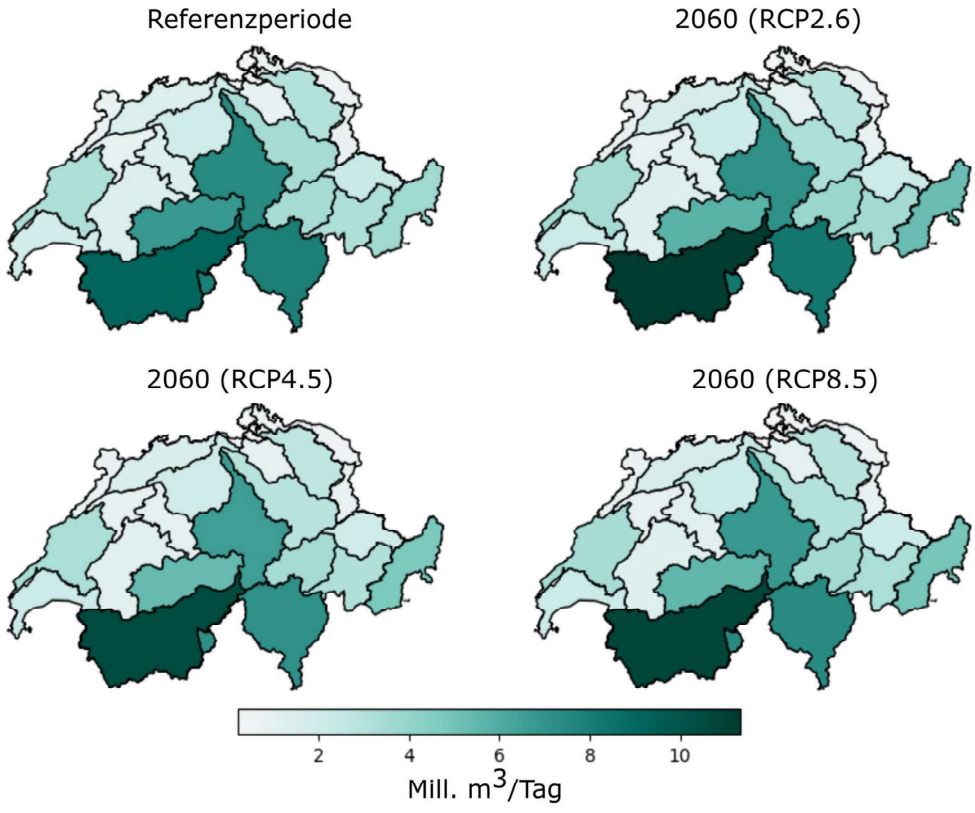


Abbildung 57 Jährliche Wasserverfügbarkeit in der Schweiz für die Referenzperiode und 2060 sowie für drei verschiedene Emissionsszenarien. Quelle: eigene Darstellung.

Unter normalen Bedingungen sind auf Jahresbasis kaum Regionen von Wasserknappheit betroffen.

Für 2060 zeigen die Emissionsszenarien nur geringe Veränderungen im Norden, während die Wassermengen im Süden zunehmen. Insgesamt bleibt die Wasserbilanz positiv, mit moderaten Unterschieden zwischen den Emissionsszenarien.

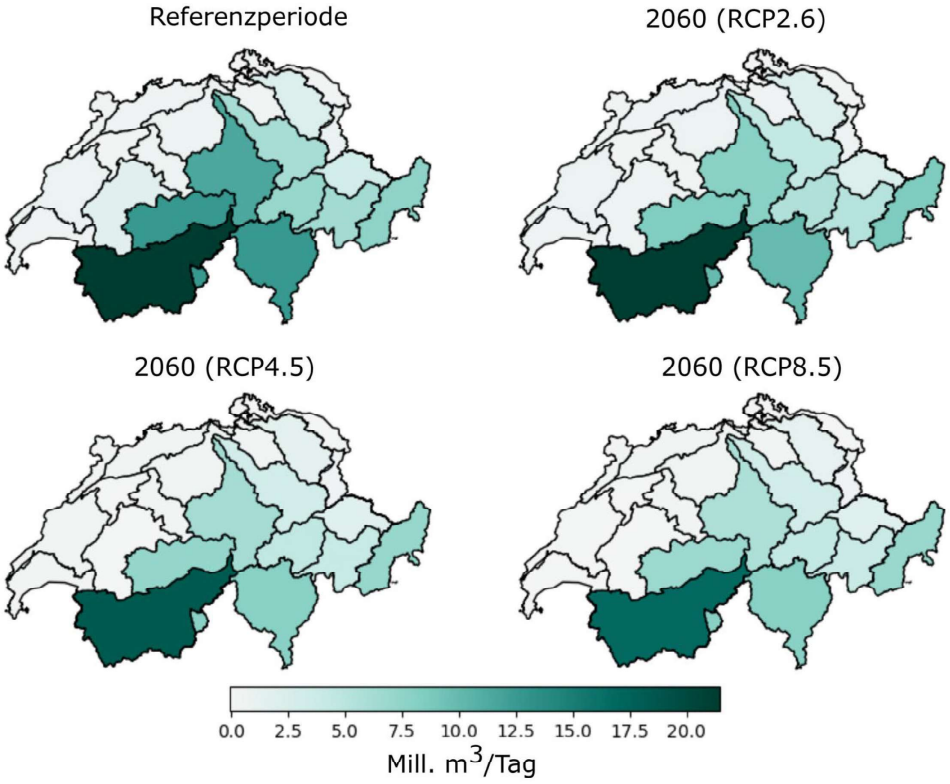


Abbildung 58 Sommerliche Wasserverfügbarkeit in der Schweiz für die Referenzperiode und 2060 sowie für drei verschiedene Emissionsszenarien. Quelle: eigene Darstellung.

Auch für den Sommer bleibt die Wasserverfügbarkeit in der Schweiz in allen Emissionsszenarien positiv, wobei der Süden die höchsten Werte aufweist. Die Unterschiede zwischen den Emissionsszenarien sind insgesamt moderat, die regionalen Kontraste sind im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) verstärkt.

Wasserknappheit in Extremjahren

Die folgende Abbildung vergleicht die Wasserverfügbarkeit während eines extrem trockenen Jahres in der Schweiz. Brauntöne weisen auf einen Wassermangel hin. Helle Farben nahe Null zeigen ausgeglichene Bedingungen mit geringem Überschuss oder Defizit. Grüntöne weisen auf einen Wasserüberschuss hin.

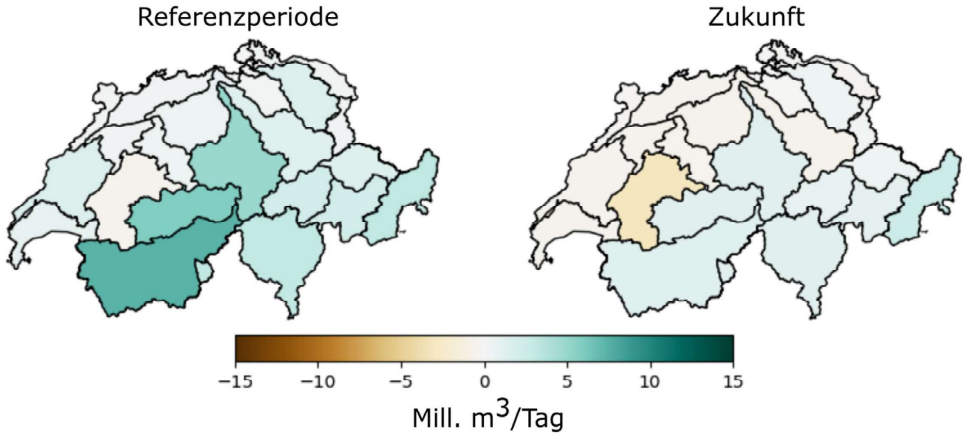


Abbildung 59 Jährliche Wasserknappheit/-überschuss in der Schweiz für die Referenzperiode (1981-2010, links) unter extremen Bedingungen, welche durch das Jahr 2003 repräsentiert werden, und für 2060 (rechts), die durch das Jahr mit dem entsprechenden monatlichen Mindestdurchfluss über alle zukünftigen Jahre und Modellketten hinweg ausgewählt wurde. Quelle: eigene Darstellung.

Selbst in einem extrem trockenen Jahr in der Referenzperiode weisen die südlichen Alpenregionen 2060 noch einen Überschuss (grün bis dunkelgrün) auf, während andere Regionen Werte zwischen leicht negativ (braun) und nahe Null (hell) aufweisen. In einem vergleichbaren extrem trockenen Jahr im Zukunft nähern sich die meisten Regionen einem Gleichgewicht oder weisen leichte Defizite auf (hellbraun). Positive Überschüsse nehmen vor allem im Süden stark ab.

Die sommerliche Wasserknappheit ist in der folgenden Abbildung aufgezeigt.

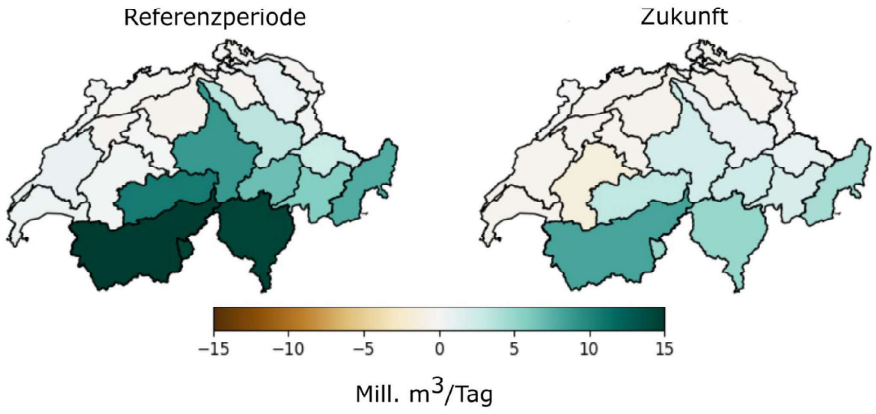


Abbildung 60 Sommerliche Wasserknappheit/sommerlicher Wasserüberschuss in der Schweiz pro Tag unter extremen Bedingungen (ca. 10 Jahre Wiederkehrperiode) für die Referenzperiode (links) und 2060 (rechts). Quelle: eigene Darstellung.

Unter extremen Zukunftsbedingungen könnten mehr als die Hälfte der Regionen im Sommer von Wasserknappheit in einer Grössenordnung von mehreren hunderttausend Kubikmetern pro Tag betroffen sein. So könnte beispielsweise in einem extremen Sommer mit einer Wiederkehrperiode von 30 Jahren mehr als die Hälfte der Regionen eine negative Wasserbilanz aufweisen, verglichen mit nur vier Regionen in der Referenzperiode. Nicht alle Regionen weisen die gleiche negative Wasserbilanz auf. Am stärksten betroffen sind die Regionen des Mittellandes sowie städtische Gebiete.

Vulnerable Gruppen
Für dieses Risiko sind folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

— In trockenen Perioden sind einkommensschwache Haushalte besonders betroffen, da diese eine höhere finanzielle Belastung durch erhöhte Wasserkosten haben (BFS, 2024a). Personen mit tiefem, sozio-ökonomischen Status

4.5.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Reduktion Wasserverbrauch	Einschränkungen des Wasserverbrauchs während Trockenperioden (G)
		Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs bei Unternehmen (A)
		Kommunikationskampagne zur Reduktion des Wasserverbrauchs durch die Gemeinden (G)
A2	Wasserversorgung sicherstellen	Grundlagenbereitstellung (Wasserknappheitshinweiskarten, Wasserversorgungsplanungen, Praxisanleitungen, …) (G)
		Monitoring und Früherkennung von Trockenheit und Wasserverfügbarkeiten (G)
		Vernetzung und Sicherung der Wasserversorgung (G)
		Bau von Wasserrückhaltebecken und Wasserspeicherung (G)
		Prüfen von Vorgaben zur Nutzung von Trinkwasser in Konzessionen oder in Wasserversorgungs-Reglementen (G)

Tabelle 58 Anpassungsmassnahmen zur Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3).

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen: Maladaptation

— Wasserversorgungsplanungen sollten so gestaltet sein, dass sie nicht dem Klimaschutz entgegenwirken oder andere negative Einflüsse auf die Natur oder Gesellschaft haben.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung
Als primäre Massnahme zur Anpassung an die Wasserknappheit wir die Sicherstellung der Wasserversorgung betrachtet. Diese wird durch die Berechnung des Verhältnisses zwischen dem verfügbaren Wasservolumen in natürlichen Seen und künstlichen Stauseen und den absoluten Werten der Wasserdefizite ermittelt, beispielsweise für Regionen mit negativen Werten für die Wasserversorgung minus Wasserbedarf. Das verfügbare Wasservolumen umfasst den nutzbaren Anteil von natürlichen Seen, Trinkwasserspeichern, Schneedeckenspeichern und künstlichen Stauseen (vorwiegend für Wasserkraft). Ist dieses Verhältnis grösser als eins, bedeutet dies, dass die in natürlichen Seen und künstlichen Stauseen verfügbare Wassermenge grösser ist als die absoluten Wasserdefizite und somit ausreicht, um eine potenzielle Wasserknappheit zu mildern.

Das Verhältnis ist die folgende Abbildung für den Referenzzeitraum (links) und für die Zukunft (rechts) dargestellt. Dunklere Farben weisen auf

niedrigere Verhältnisse hin (zwischen 0 und 1), was bedeutet, dass die Wasserdefizite im Verhältnis zur verfügbaren Wassermenge in künstlichen Stauseen und natürlichen Seen grösser sind. In diesen Regionen reicht das zusätzliche Wasser aus Stauseen und Seen nicht aus, um den Mangel vollständig zu decken. In diesem Fall sind zusätzliche Anpassungsmassnahmen erforderlich, wie beispielsweise die Reduzierung des Wasserbedarfs.

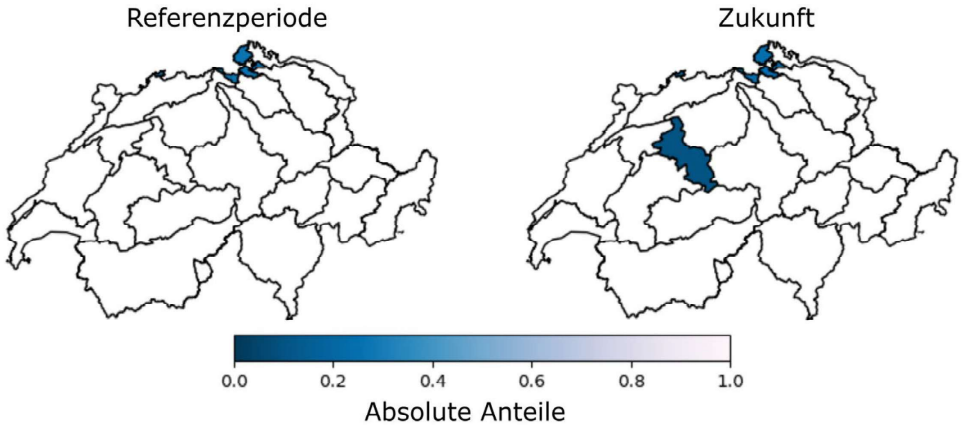


Abbildung 61 Verhältnis zwischen den Wasservolumen in Stauseen und natürlichen Seen und dem absoluten Wasserdefizit unter extremen Bedingungen im Sommer (Wiederkehrperiode von etwa 10 Jahren). In der Abbildung sind nur Regionen dargestellt, deren Verhältnis kleiner als eins ist. Referenzperiode links und Zukunftsperiode rechts. Quelle: eigene Darstellung.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Veränderungen der Wasserverfügbarkeit in Seen und Stauseen aufgrund von Änderungen der Gesetze und Vorschriften sowie der möglichen Errichtung neuer Stauseen sind nicht berücksichtigt.

4.5.3 Kosten des Klimawandels

Die Kosten des Klimawandels werden nicht quantifiziert. Dies aufgrund der starken Überschneidung mit den anderen Klimarisiken sowie der fehlenden quantitativen Angaben der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Praxisbeispiel Wasserknappheit auf der Alp

Im Sommer 2023 war es vielerorts überdurchschnittlich trocken, was auch Älpler in Graubünden zu spüren bekamen. Es fehlt einerseits Tränkwasser für das Vieh und andererseits das Wasser für die Milchverarbeitung.

Um den Wasserbedarf zu decken, wird immer mehr Wasser per Helikopter zu den Alpbetrieben geflogen. In den Jahren 2020 bis 2022 flog die Schweizer Luftwaffe über 4300 Tonnen Wasser auf trockene Alpen, was sich in über 700 Flugstunden auswirkte. In diesen Zahlen nicht enthalten sind die Flüge, die durch private Helikopterfirmen übernommen wurden und die vermutlich einen Grossteil der Wassertransporte ausmachen.

Um die Wasserversorgung sicherzustellen, wird auch immer mehr in Projekte investiert. Im Jahr 2022 beliefen sich die Kosten für diese Wasserversorgungsprojekte für die Alpwirtschaft auf ca. 22 Millionen.

Quelle: Trockenheit in den Bergen - Älpler schlagen Alarm: Z'Alp geht mancherorts das Wasser aus - News - SRF (28.06.2023)

4.5.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während die erste Abbildung 62 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet die zweite Abbildung 63 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

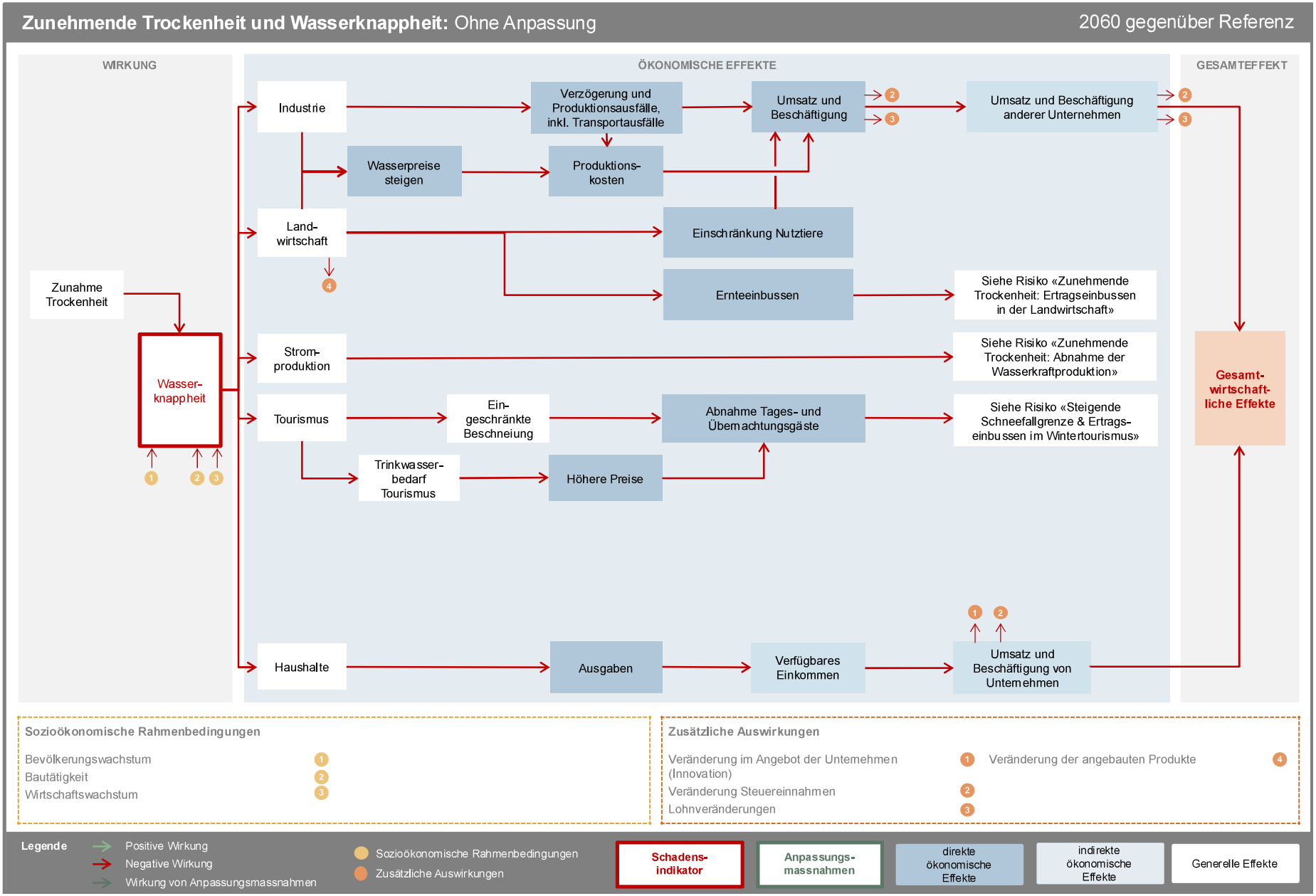


Abbildung 62 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Die zunehmende Wasserknappheit führt zu unterschiedlichen Effekten in der Industrie, in der Landwirtschaft, in der Stromproduktion, im Tourismus und bei Haushalten.

Fehlendes Wasser in der Industrie kann zu Verzögerungen, Produktions- und Transportausfällen führen, was sich negativ auf Umsatz und Beschäftigung der Industrie selbst sowie von nachgelagerten Unternehmen auswirkt. Gleichzeitig kann die Wasserknappheit sowohl in der Industrie als auch in der Landwirtschaft längerfristig zu steigenden Wasserpreisen und somit zu steigenden Produktionskosten in der Industrie führen, was diesen Effekt nochmals verstärkt.

In der Landwirtschaft kommt es zudem zu Einschränkungen bei den Nutztieren als auch zu Ernteeinbussen. Die Folgen von Ernteeinbussen in der Landwirtschaft sind detailliert im Kapitel 4.4 beschrieben.

Weitere negative Effekte sind in Bezug auf die beeinträchtigte Stromproduktion zu erwarten. Diese sind detailliert in Kapitel 4.9 ausgeführt.

Beim Tourismus kann die beschränkte Wasserverfügbarkeit einerseits dazu führen, dass die künstliche Beschneiung reduziert werden muss und dass der Trinkwasserbedarf im Tourismus zu steigenden Preisen führen kann. Beides wirkt sich negativ auf die Anzahl Tages- und Übernachtungsgäste aus. Welche weiteren gesamtwirtschaftlichen Effekte damit verbunden sind ist in Kapitel 4.6 dargestellt.

Die Wasserknappheit wirkt sich auch auf Haushalte aus, die mit steigenden Ausgaben und damit verbunden mit einem sinkenden verfügbaren Einkommen konfrontiert sind. Dies wirkt sich wiederum negativ auf diverse Unternehmen aus.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt sind negative gesamtwirtschaftliche Effekte aufgrund der Wasserknappheit zu erwarten. Die Auswirkungen sind dabei vor allem in extremen Sommern und in einzelnen Regionen zu erwarten.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Haushalte mit niedrigen Einkommen sind bei steigenden Wasserpreisen stärker betroffen, weil ein grösserer Anteil ihres Budgets für Grundversorgung (Trinkwasser, Hygiene) aufgewendet wird. Haushalte mit hohen Einkommen können Preissteigerungen leichter abfedern und zusätzlich in private Lösungen investieren, wie zum Beispiel Regenwasserspeicher oder effiziente Bewässerungssysteme (BAFU, 2025a).

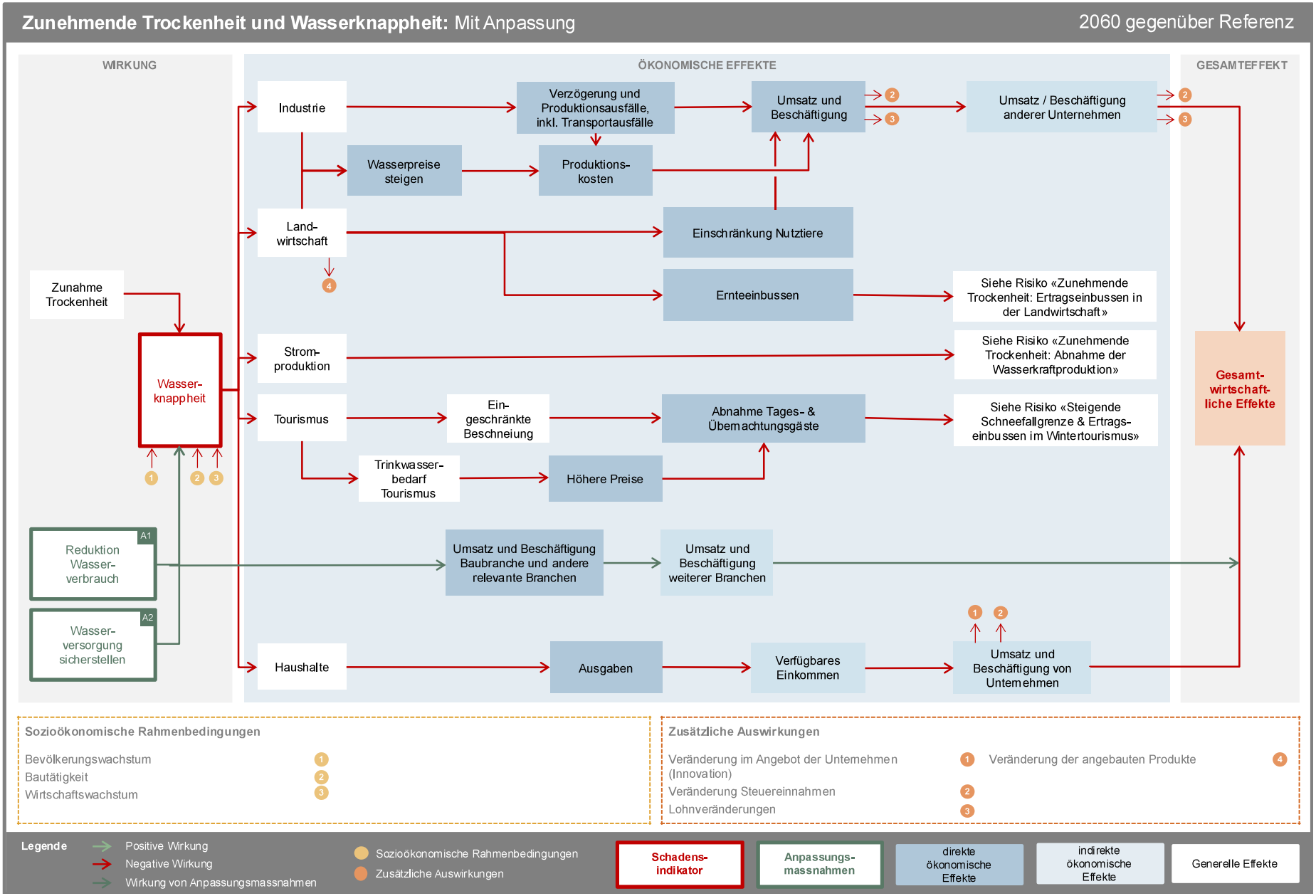


Abbildung 63 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Wasserknappheit durch zunehmende Trockenheit mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Zur Verminderung der Wasserknappheit werden nachfolgend die Effekte von Massnahmen zur Reduktion des Wasserverbrauchs oder zur Sicherstellung der Wasserversorgung betrachtet. Beide Massnahmen führen dazu, dass die Wasserknappheit und alle resultierenden Effekte bei allen betroffenen Beteiligten weniger stark ausfallen. Zudem führen die Massnahmen zu einer Steigerung des Umsatzes und Beschäftigung in der Baubranche und anderen relevanten Branchen und damit zu weiteren positiven Effekten in nachgelagerten Branchen.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt führen die Anpassungsmassnahmen dazu, dass der gesamtwirtschaftliche Effekt positiver ausfällt und die negativen Auswirkungen der Schäden teilweise kompensiert.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Bei der Einführung von dynamischen Preisen für Wasser sind einkommensschwache Haushalte stärker betroffen, weil die zusätzlichen Ausgaben das Einkommen proportional stärker reduziert wird als bei einkommensstärkeren Haushalten.

— Bei Einschränkungen müssen Behörden oft priorisieren: Trinkwasserversorgung für Haushalte hat dabei meist Vorrang vor industrieller oder landwirtschaftlicher Nutzung. Das wirft Verteilungsfragen auf, da verschiedene Branchen wirtschaftlich stark unter Druck geraten können.

— Infrastrukturprojekte zur Sicherung des Wasserangebots werden nicht überall im gleichen Mass umgesetzt. Kantone und Gemeinden mit höherer Finanzkraft oder politischem Gewicht können tendenziell mehr profitieren, während strukturschwache Regionen weniger abgesichert bleiben.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

4.5.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Analyse der Wasserbilanz für besonders gefährdete Regionen: Die Wasserknappheit ist stark abhängig von den lokalen Gegebenheiten und kann innerhalb eines Einzugsgebiets stark variieren. Daher können für Regionen mit potenziell gefährdeten Gebieten konkrete Wasserbilanzanalysen unterstützen, den konkreten Bedarf zu identifizieren.

— Analyse der Wasserknappheit während extremen Jahren unter Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Veränderungen: Der Wasserbedarf kann sich aufgrund der wirtschaftlichen, demographischen und sozio-ökonomischen Entwicklung stark und schnell verändern. Mit einer Analyse, die diese Effekte integriert, kann geprüft werden, ob noch weitere Regionen potenziell gefährdet sind.

4.6 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Schneefallgrenze

Der Wintertourismus, insbesondere der Skitourismus, ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in vielen alpinen Regionen, einschliesslich der Schweiz. Er trägt massgeblich zur Wertschöpfung, Beschäftigung und zur Attraktivität ländlicher Gebiete bei. Der Klimawandel stellt jedoch eine ernste Bedrohung für diese Branche dar. Steigende Temperaturen führen zu geringeren natürlichen Schneemengen, kürzeren Schneesaisons und einer höheren Schneefallgrenze, was die Rentabilität und langfristige Existenz von Skigebieten gefährdet.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der steigenden Temperaturen auf Ertragseinbussen im Wintertourismus, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Betroffenen. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen: Schäden, Kosten und Beteiligte

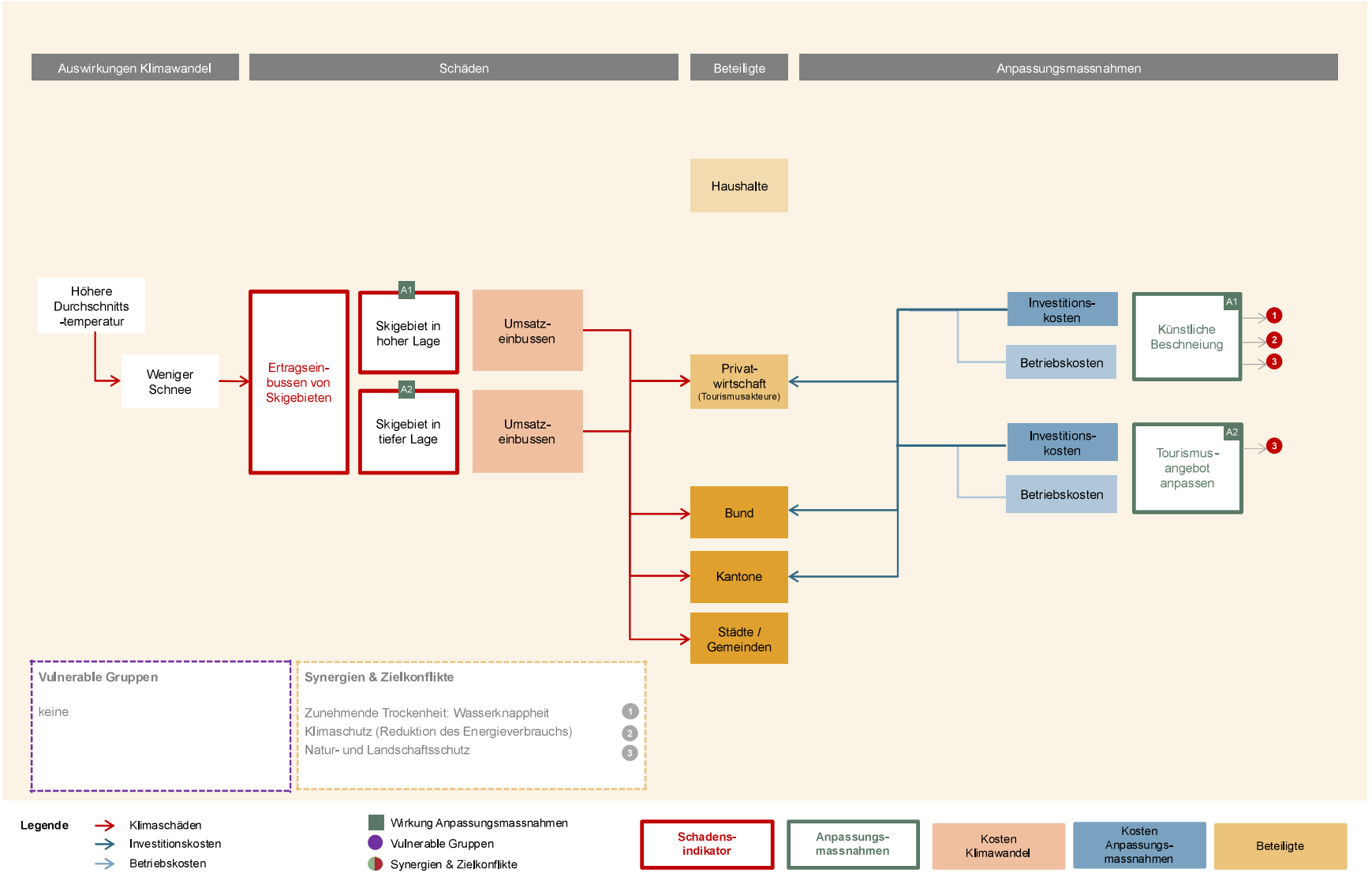


Abbildung 64 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Ertragseinbussen im Wintertourismus. Quelle: eigene Darstellung.

4.6.1 Auswirkungen des Klimawandels

Die Auswirkungen der wärmeren Temperaturen auf die Ertragseinbussen im Wintertourismus ergeben sich durch die Anzahl Skitage einer Destination.

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Die Modellierung erfolgt mittels dem *ema-workbench* und erfolgte für insgesamt zehn Skigebiete. Dabei wird ein physikalisch basiertes Schneeprozessmodell verwendet, um die tägliche natürliche Schneedecke zu simulieren.

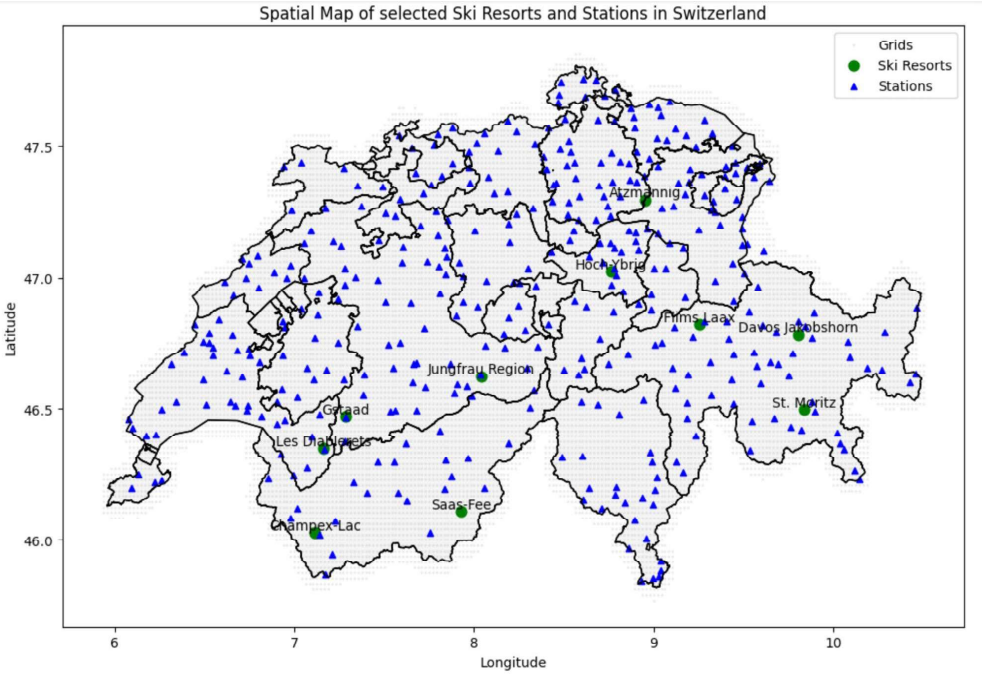


Abbildung 65 Karte der für die Modellierung ausgewählten Skigebiete der Schweiz. Quelle: eigene Darstellung.

Platz	Breitengrad	Längengrad	Kanton	Grösse	Höhenlage
St. Moritz	46.4969	9.8365	Graubünden	gross	hoch
Jungfrau Region	46.6242	8.0414	Bern	gross	gemischt
Flims Laax	46.8232	9.2525	Graubünden	gross	gemischt
Atzmännig	47.2965	8.9532	St. Gallen	klein	tief
Hoch-Ybrig	47.0253	8.761	Schwyz	klein	gemischt
Champex-Lac	46.028	7.114	Wallis	klein	tief
Les Diablerets	46.35	7.16	Waadt	gross	gemischt
Davos Jakobs-horn	46.783	9.8055	Graubünden	gross	hoch
Saas-Fee	46.11	7.9291	Wallis	klein	hoch
Gstaad	46.4721	7.2846	Bern	klein	gemischt

Tabelle 59 Informationen zu den modellierten Skigebieten. Quelle: eigene Darstellung.

Die gewählten Skigebiete sind eine gute Repräsentation der Skigebiete in der Schweiz, insbesondere im Hinblick auf die Höhenlage: niedrig gelegene, mittel gelegene sowie hoch gelegene Skigebiete. Darüber hinaus umfasst die Auswahl eine breite Vielfalt an Charakteristika der Skigebiete hinsichtlich Besucherzahlen und Umsätzen.

Auswirkungs-indikatoren

Für die Modellierung werden folgende Indikatoren analysiert:

— GSD (*Good Snow Conditions for Skiing*): Anzahl der Tage mit einer Schneedecke von mindestens 30-50 cm zwischen dem 1. Dezember und dem 15. April, unter Berücksichtigung kritischer Perioden wie Weihnachten/Neujahr.

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Die Studie konzentriert sich auf zehn repräsentative Schweizer Skigebiete unterschiedlicher Höhenlagen. Die Ergebnisse sind primär für diese Kontexte gültig, können aber als Indikation für ähnliche Gebiete in der Schweiz dienen.

Abweichungen zu den angewandten Systemgrenzen

In der vorliegenden Modellierung werden die Systemgrenzen wie im Kapitel 3.1 angewandt. Es gibt somit keine Abweichung der Systemgrenzen.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Klimadaten der analysierten Skigebiete (Vaghefi et al., 2021): Klimadaten basierend auf CH2018, die mit Resampling-Techniken erzeugt werden.
— Schneeprozessmodelldaten (Poussin et al., 2025): Eingabeparameter für Akkumulations- und Ablationsmodule, kalibriert anhand von Satellitendaten zur Schneebedeckung für die Referenzperiode.
— Topographische Daten (swisstopo, 2024a): Geländemodelle zur Berücksichtigung von Höhenlage und Exposition der Skigebiete.

Sozioökonomische Daten

Für die Modellierung wird die Anzahl der Skifahrenden konstant gehalten, um ausschliesslich den Klimaeffekt zu isolieren.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die Definition von GSD basiert primär auf der Schneehöhe. Andere meteorologische Faktoren, wie Niederschlag, Wind, Sonnenscheindauer, Temperaturwahrnehmung, die zu einem optimalen Skitag (OSD, *Optimal Skiing Day*) beitragen, werden nicht vollumfänglich integriert (Vaghefi et al., 2021).

Ergebnisse

Die abnehmenden Skitage haben für die Skigebiete direkte Konsequenzen. Wie diese ausfallen, hängt dabei unter anderem stark von der Höhenlage, der Exposition der Hänge sowie dem spezifischen Mikroklima ab.

Anzahl Tage mit guten Schneebedingungen					
Indikator	**Skigebiet**	**Szena-rio**	Referenz	2060	Veränderung ggü. Referenz
Tage mit guten Schneebedingungen	St. Moritz	RCP 2.6	135	97	- 28 %
		RCP 4.5		84	- 38 %
		RCP 8.5		65	- 52 %
	Jungfrau Region	RCP 2.6	128	93	- 27 %
		RCP 4.5		69	- 46 %
		RCP 8.5		46	- 64 %
	Flims Laax	RCP 2.6	116	60	- 48 %
		RCP 4.5		49	- 57 %
		RCP 8.5		39	- 66 %
	Atzmännig	RCP 2.6	102	53	- 48 %
		RCP 4.5		46	- 55 %
		RCP 8.5		27	- 74 %
	Hoch-Ybrig	RCP 2.6	124	87	- 30 %
		RCP 4.5		66	- 47 %
		RCP 8.5		37	- 70 %
Tage mit guten Schneebedingungen	Champex-Lac	RCP 2.6	136	103	- 24 %
		RCP 4.5		95	- 30 %
		RCP 8.5		64	- 53 %
	Les Diablerets	RCP 2.6	145	123	- 15 %
		RCP 4.5		112	- 23 %
		RCP 8.5		90	- 38 %
	Davos Jakobshorn	RCP 2.6	135	104	- 23 %
		RCP 4.5		89	- 34 %
		RCP 8.5		80	- 41 %
	Saas-Fee	RCP 2.6	153	142	- 7 %
		RCP 4.5		130	- 15 %
		RCP 8.5		123	- 20 %
	Gstaad	RCP 2.6	137	105	- 23 %
		RCP 4.5		97	- 29 %
		RCP 8.5		68	- 50 %

Tabelle 60 Anzahl Tage mit guten Schneebedingungen für die Referenz und 2060 für drei Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnung.

In einem zukünftigen Klima ohne Anpassung zeigt sich ein drastischer Rückgang der Anzahl guter Skitage in allen untersuchten Schweizer Skigebieten.

Besonders stark betroffen sind tiefer gelegene Destinationen wie Atzmännig, das von 102 auf nur noch 27 gute Skitage pro Saison fällt (RCP 8.5), ein Rückgang um 74 %. Eine fast ebenso drastische Abnahme (-70 %) zeigt Hoch-Ybrig, wo nur 37 der ursprünglich 124 Skitage erhalten bleiben. Der Rückgang in tiefer gelegenen Gebieten ist primär auf den Anstieg der Wintertemperaturen im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) zurückzuführen. Tieflagen (unter 1’500–1’800 m ü.M.) werden durch die Verschiebung der Schneegrenze nach oben besonders stark beeinträchtigt: Niederschläge fallen zunehmend als Regen statt Schnee, und bestehende Schneedecken schmelzen früher und intensiver.

Studien zeigen[27], dass unter dem Emissionsszenario ohne Klimaschutz (RCP 8.5) bis Mitte des 21. Jahrhunderts natürlicher Schnee in Gebieten unter 1’800 m ü.M. weitgehend ausbleiben könnte, wodurch die Schneesicherheit um bis zu 70–80 % reduziert wird. Dies wird durch erhöhte Verdunstung und eine Verkürzung der Schneebedeckungsdauer verstärkt, was besonders in niedrigeren Lagen wie Atzmännig und anderen kleineren Resorts zu massiven Verlusten führt.

Auch bekannte Wintersportorte wie St. Moritz und die Jungfrauregion erleben deutliche Einbussen: St. Moritz verliert 52 %, während die Jungfrauregion 64 % einbüsst. Champex-Lac und Gstaad verlieren jeweils über die Hälfte ihrer historischen Schneetage (−53 % beziehungsweise −50 %). Selbst höher gelegene und klimatisch robustere Orte wie Davos Jakobshorn (−41 %) und Les Diablerets (−38 %) zeigen spürbare Verluste.

Am geringsten ist der Rückgang in Saas-Fee, das durch seine Höhenlage (1’800–3’600 m) und das Gletscherskigebiet resilienter ist als tiefer gelegene Skigebiete. Doch auch hier ist der Rückgang spürbar, da höhere Temperaturen auch hier die Schneebedeckungsdauer reduzieren und Schmelzperioden länger werden.

Insgesamt bestätigt die Analyse, dass ohne gezielte Anpassungsstrategien ein Grossteil der Skigebiete in der Schweiz massive Einschränkungen der Schneesicherheit erfahren wird, was tiefgreifende Auswirkungen auf den Wintertourismus und die regionale Wirtschaft haben dürfte.

Vulnerable Gruppen
keine

4.6.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Künstliche Beschneiung[28]	Entwicklung neuer, technischer Lösungen für die künstliche Beschneiung (Forschung) (G)
		Investitionen in die künstliche Beschneiung (A)
A2	Tourismusangebot anpassen	Integration der Thematik Klima in die (regionalen) Tourismusstrategien und -konzepte (A)
		Förderung der Entwicklung und Umsetzung eines klimaangepassten Tourismusangebots (Diversifikation, schneefreie Angebote, etc.) (A)
		Anpassung der Tourismusinfrastruktur (A)
		Investitionen in neue Schneesportanlagen in hohen Lagen (A)

Tabelle 61 Anpassungsmassnahmen zu Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

[27] Eine Prognose der Auswirkungen des Klimawandels auf den Winter und den Wintertourismus gibt auch der ”Kompass Schnee”, STnet – Kompass Schnee

[28] Im Aktionsplan "Anpassung an den Klimawandel " steht die Angebotsentwicklung und Diversifikation im Schweizer Tourismus im Vordergrund und nicht die die künstliche Beschneiung zur Verbesserung der Schneesicherheit.

.

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3). Der von Schweiz Tourismus und den Seilbahnen Schweiz entwickelte *Kompass Schnee* zeigt ergänzend für verschiedene Destinationen der Schweiz mögliche Anpassungsstrategien für den Wintertourismus auf.[29]

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen: Maladaptation

— Die künstliche Beschneiung birgt ein hohes Risiko an negativen Effekten auf die Umwelt, insbesondere durch den hohen Wasser- und Energieverbrauch. In Bezug auf den hohen Wasserverbrauch kann dies zu Eingriffen in die Landschaft, der Ökosysteme und insbesondere zu einer Belastung der aquatischen Lebensräume führen. Der hohe Energieverbrauch führt zu einem Konflikt in Bezug auf den Klimaschutz. Diese Aspekte müssen bei der Umsetzung von Beschneiungsprojekten sorgfältig geprüft und berücksichtigt werden.

— Grössere Infrastrukturprojekte, ob Beschneiung oder neue Tourismusinfrastrukuren für Alternativangebote, können Zielkonflikte zum Natur- und Umweltschutz ausweisen. Eine sorgfältige Planung und Interessensabwägung sind hierbei essenziell.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung

Für die Implementierung von Anpassungsoptionen in der Modellierung werden die wichtigsten Bedingungen entsprechend der folgenden Tabelle angepasst. In Bezug auf die Beschneiung berücksichtigt das Modell die Anzahl der Tage, an denen die meteorologischen Bedingungen die Produktion von Kunstschnee erlauben (insb. Feuchtkugeltemperatur ≤ -2°C).

Für die Modellierung werden drei verschiedene Anpassungsintensitäten berechnet, wobei geringe, mittlere und hohe Anpassung beschreiben, wie stark Skigebiete auf abnehmenden natürlichen Schneefall reagieren:

— Geringe Anpassung: Mit geringer Anpassung sinkt der natürliche Schneehöhe auf etwa 170–230 mm/Tag, die künstliche Beschneiung steigt auf rund 130–70 mm/Tag, und die Zahl der diversifizierten Aktivitätstage sinkt leicht auf 8–12 Tage. Die Skigebiete behalten ihre aktuellen Strategien weitgehend bei und tätigen nur kleine zusätzliche Investitionen.

— Mittlere Anpassung: Mit mittlerer Anpassung fällt der natürliche Schneehöhe weiter auf 100–160 mm/Tag, die künstliche Beschneiung steigt deutlich auf 200–140 mm/Tag, und die Diversifizierung der Aktivitäten reduziert sich auf 80–90 Tage. Die Skigebiete reagieren mit umfangreicheren Investitionen in Beschneiung und alternative Aktivitäten.

— Hohe Anpassung: Mit hoher Anpassung ist der natürliche Schneefall sehr gering bei 30–90 mm/Tag, die künstliche Beschneiung wird dominant mit 270–210 mm/Tag, und die Diversifizierung der Aktivitäten sinkt stark auf 30–40 Tage. Dies erfordert sehr grosse Investitionen und stellt eine intensive Strategie dar, um den Skibetrieb trotz schwerer Klimaauswirkungen aufrechtzuerhalten.

Die Anzahl der Tage mit guten Schneeverhältnissen für verschiedene Skigebiete ist in den folgenden Tabellen dargestellt.

[29] STnet – Anpassungsstrategien

Anpassungs-intensität	Natürlicher Schneehöhe (mm/Tag) [Min; Max]	Schneesaison [Min; Max] und Künstliche Beschneiung (mm/Tag) [Min; Max]	Diversifizierung der Aktivitäten (Tage) (Min; Max)	Massnahmen
Referenz	[240, 300]	[60, 0]	[98, 100] (0,2)	Beibehaltung des aktuellen Zustands
Geringe Anpassung	[170, 230]	[130, 70]	[88, 92] (8,12)	Prozentuale Erhöhung der Investitionen
Mittlere Anpassung	[100, 160]	[200, 140]	[80, 90] (10,20)	Prozentuale Erhöhung der Investitionen
Hohe Anpassung	[30, 90]	[270, 210]	[60, 70] (30,40)	Starke prozentuale Erhöhung der Investitionen

Tabelle 62 Annahmen bezüglich natürlichem und künstlichem Schnee nach Anpassungsintensität. Quelle: eigene Berechnung.

Station und Anpassungs-intensität	Referenz	Ohne Anpassung	Geringe Anpassung	Mittlere Anpassung	Hohe Anpassung
St. Moritz RCP 2.6	135	97	110	143	162
St. Moritz RCP 4.5		84	106	133	156
St. Moritz RCP 8.5		65	87	118	147
Jungfrau Region RCP 2.6	128	93	106	129	146
Jungfrau Region RCP 4.5		69	91	114	134
Jungfrau Region RCP 8.5		46	61	80	111
Flims Laax RCP 2.6	116	60	75	94	124
Flims Laax RCP 4.5		49	64	73	110
Flims Laax RCP 8.5		39	46	61	89
Atzmännig RCP 2.6	102	53	78	106	142
Atzmännig RCP 4.5		46	63	93	125
Atzmännig RCP 8.5		27	37	54	102
Hoch-Ybrig RCP 2.6	124	87	106	121	123
Hoch-Ybrig RCP 4.5		66	82	103	103
Hoch-Ybrig RCP 8.5		37	57	77	79
Champex-Lac RCP 2.6	136	103	121	136	150
Champex-Lac RCP 4.5		95	108	126	144
Champex-Lac RCP 8.5		64	83	101	121
Les Diablerets RCP 2.6	145	123	133	142	155
Les Diablerets RCP 4.5		112	126	133	147
Les Diablerets RCP 8.5		90	99	115	131
Davos Jakobshorn RCP 2.6	135	104	125	142	159
Davos Jakobshorn RCP 4.5		89	112	131	152
Davos Jakobshorn RCP 8.5		80	103	124	145
Saas-Fee RCP 2.6	153	142	148	156	158
Saas-Fee RCP 4.5		130	142	150	151
Saas-Fee RCP 8.5		123	132	140	142
Gstaad RCP 2.6	137	105	123	136	150
Gstaad RCP 4.5		97	109	126	139
Gstaad RCP 8.5		68	81	102	120

Tabelle 63 Anzahl Tage mit guten Schneebedingungen für die Referenz und 2060 für drei Emissionsszenarien mit und ohne Anpassung nach Anpassungsintensität. Quelle: eigene Berechnung.

Die Analyse der Anpassungsintensitäten zeigt, dass selbst unter den extremen Klimabedingungen vom Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) erhebliche Verbesserungen möglich sind. Bei hoher Anpassung können einige Skigebiete das historische Niveau nahezu erreichen oder sogar übertreffen. So erreicht St. Moritz mit einer Differenz von +12 Tagen unter hoher Anpassung mehr gute Skitage als in der Referenz. Auch in Davos Jakobshorn (+10 Tage) und Atzmännig (0 Tage) wird das historische Niveau gehalten oder knapp übertroffen. Dies deutet darauf hin, dass gezielte Investitionen in künstliche Beschneiung den Rückgang deutlich abmildern können.

Allerdings zeigen die Zahlen auch, dass tiefer gelegene oder klimatisch anfälligere Regionen wie Hoch-Ybrig (-45 Tage) und Flims Laax (-27 Tage) trotz hoher Anpassung nicht an ihr historisches Niveau herankommen. Gleiches, wenn auch weniger extrem, gilt auch für die Jungfrauregion, Champex-Lac, Les Diablerets, Saas-Fee und Gstaad mit einem Rückgang zwischen 11 und 17 Tagen. Diese Gebiete verzeichnen selbst im besten Fall deutliche Einbussen. Das verdeutlicht die Grenzen technischer Massnahmen bei fortschreitendem Klimawandel und betont die Notwendigkeit einer breiteren Anpassungsstrategie, einschliesslich struktureller Veränderungen, verstärkter Diversifizierung und gegebenenfalls einer schrittweisen Umstellung auf alternative Geschäftsmodelle jenseits des klassischen Wintersports.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Der Anpassungsansatz ist dadurch begrenzt, dass er komplexe Realitäten stark vereinfacht und nur den natürlichen Schneefall, die künstliche Beschneiung und die Diversifizierung der Aktivitäten berücksichtigt, während wichtige Faktoren wie Wasser- und Energieverfügbarkeit, technologische Grenzen, touristische Nachfrage, Umweltfolgen und wirtschaftliche Machbarkeit ausgeblendet werden.

— Die Diversifizierung wird sehr eng gefasst, da nur die Reduktion von Aktivitätstagen berücksichtigt wird, nicht aber deren Art oder deren ökonomischer Wert.

— Einzelne Skigebiete und mögliche Diversifizierungsmassnahmen werden nicht untersucht.

— Das Modell geht von statischen prozentualen Investitionssteigerungen aus, ohne dynamische Markt- oder Politikveränderungen zu berücksichtigen, und erfasst weder die jahreszeitliche Klimavariabilität noch Extremereignisse oder die Schneequalität.

— Innerhalb des Modells fehlen sozioökonomische Dimensionen und eine Überprüfung der langfristigen Nachhaltigkeit, sodass Szenarien mit hoher Anpassung im Modell zwar machbar erscheinen, in der Praxis jedoch ökonomisch oder ökologisch nicht sinnvoll sind, beziehungsweise sogar schädlich sind.

4.6.3 Kosten des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Berechnung Schadenskosten

Für die Berechnung der Kosten werden folgende Kostenindikatoren verwendet:

— Der direkte Schaden wird an der Veränderung der Tages- und Übernachtungsgäste respektive der damit verbundenen Veränderung des Gesamtertrags der Skigebiete gemessen.

Die Berechnung erfolgt in verschiedenen Etappen:

— Abschätzung der Anzahl Logiernächte und Tagesgäste im Winter in Berggebieten anhand der Beherbergungsstatistik (HESTA, BFS 2025c) sowie Tourismusstudien.

— Einteilung der Schweizer Skigebiete gemäss der Lage ihrer Bergstation in tiefe Skigebiete (Bergstation liegt unter 1800 m.ü.M) und hohe Skigebiete (Bergstation liegt über 1800 m.ü.M.).

— Zuteilung der Anzahl Logiernächte und Tagesgäste anteilmässig (gewichtet nach Pistenkilometer) auf die hohen und tiefen Skigebiete.

— Abschätzung der Schadenskosten in Prozent der durchschnittlichen Anzahl guter Skitage pro Saison je Emissionsszenario. Da die Modellierung der Auswirkungen im Schnitt über die betrachteten Skigebiete nur geringe Unterschiede, wird in diesem Schritt der durchschnittliche Rückgang über alle Skigebiete zugrunde gelegt.

— Berechnung der Anzahl *Skierdays* (Anzahl Personen, die an einem Tag eine Liftanlage in einem Skigebiet nutzen) anhand Gonseth (2013).

— Berechnung des Umsatzrückgangs aufgrund der verlorenen *Skierdays*, wobei nicht nur der Umsatz der Bergbahnen berücksichtigt wird, sondern der Gesamtumsatz, den ein Tages- und Übernachtungsgast in einer Region generiert. Dazu wird angenommen, dass sich eine Reduktion der *Skierdays* eins zu eins auf die Anzahl Tages- und Übernachtungsgäste überträgt. Basierend auf der Wertschöpfungsstudie Tourismus Graubünden wird der Umsatz dabei für das Jahr 2023 auf 150 CHF pro Logiernacht und 104 CHF pro Tagesgast geschätzt.

— Berechnung der Schadenskosten unter der Annahme, dass sich der Betrieb der tiefen Skigebiete in Zukunft nicht mehr lohnt und sie ihren Betrieb aufgeben, während die hohen Skigebiete auch ohne Anpassung weiterhin betrieben werden können.

— Daraus ergibt sich als Resultat eine Verschiebung der Gäste von tieferen in höhere Skigebiete, wodurch die Anzahl Gäste in diesen voraussichtlich sogar zunimmt. In den Berechnungen wurde von rund 30% ausgegangen.

Berechnung Anpassungskosten

Die Anpassungskosten entsprechen den Kosten für die Beschneiung in hohen Skigebieten. Dazu wird angenommen, dass an allen Tagen mit guten Schneebedingungen gemäss der vorhergehenden Modellierung künstlich beschneit wird. Die durchschnittlichen Kosten für die Beschneiung werden gemäss Daten der Seilbahnen Schweiz (2025) geschätzt. Da gemäss Annahme die tiefgelegenen Gebiete den Betrieb aufgeben, fallen bei diesen auch keine Anpassungskosten an.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Wertschöpfungsstudie Tourismus Graubünden (EBP, 2024) und weitere Wertschöpfungsstudien zum Tourismus in der Schweiz (Rütter Soceco, 2016, Rütter et al., 1995) sowie Beherbergungsstatistik (HESTA, BFS 2025c): Schätzung von Ausgaben und Anzahl Tagesgäste / Logiernächte

— Landesindex der Konsumentenpreise des BFS (BFS, 2025a): Fort- und Rückschreibung der Kosten

— Bergfex (2025): Einteilung der Skigebiete in hohe und tiefe Lagen

— Gonseth (2013): Beziehung zwischen Veränderung von Skitagen (d.h. Anzahl Tage pro Saison, an denen Skifahren möglich ist) und *Skierdays* (d.h. Anzahl der tatsächlichen Nutzungstage durch Skifahrer)

— Seilbahnen Schweiz (2025): Kosten der künstlichen Beschneiung

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Die Schadenskosten werden unter der Annahme berechnet, dass keine Anpassung durch künstliche Beschneiung erfolgt. Diese wird als Anpassungsmassnahme separat als Kosten erfasst. Die resultierenden Schadenskosten entsprechen somit den Ertragseinbussen und stellen eine Obergrenze der Schäden ohne Anpassung dar.

— Da keine Daten zum Gesamtumsatz der Berggebiete in der Schweiz mit dem Wintertourismus vorliegen ebenso wie keine genauen Daten zur Anzahl Tagesgäste, werden die entsprechenden Werte anhand einer Kombination unterschiedlicher Studien und Datenquellen geschätzt, was zu einer gewissen Unsicherheit der Grössenangaben führt. Die Ergebnisse werden mit unterschiedlichen Quellen plausibilisiert und als realistisch eingestuft.

— Die Annahme, dass sich der Rückgang der *Skierdays* eins zu eins auf die Anzahl Übernachtungs- und Tagesgäste auswirkt, ist stark vereinfachend. In der Praxis würden insbesondere Tagesgäste ihren Aufenthalt in den Skigebieten auf Tage mit guten Schneebedingungen verschieben, während Übernachtungsgäste eher trotzdem anreisen aufgrund bereits getätigter Ausgaben.

— Es wird nicht berücksichtigt, dass auch vermehrt Gäste aus dem Ausland in die Schweiz kommen, da die Schweizer Skigebiete höher gelegen sind als die meisten ausländischen. Dadurch könnten hoch gelegene Skigebiete zusätzlich profitieren.

— Die Annahme, dass tiefgelegene Skigebiete generell nicht mehr betrieben werden können, ist stark vereinfachend, da es wie weiter oben beschrieben auch tiefer gelegene Skigebiete gibt mit ausreichend Tagen mit guten Schneebedingungen und umgekehrt höher gelegene Gebiete mit ungünstigen Bedingungen. Dies hängt mit weiteren spezifischen Faktoren des Skigebiets zusammen, wie die Exposition und das Mikroklima. Diese Faktoren müssten für eine zuverlässigere Schätzung ebenso wie die Höhenlage berücksichtigt werden, was jedoch aufgrund der kleinen Stichprobe nicht sinnvoll ist.

— Bei der Berechnung werden bei den tiefen Skigebieten keine Anpassungsmassnahmen umgesetzt werden. In der Praxis könnten diese Skigebiete mit der Schaffung von alternativen Angeboten im Winter oder der Ausweitung von Angeboten in anderen Jahreszeiten ihre Ertragseinbussen aus dem klassischen Skitourismus mindern.

— Bei der Berechnung der Anpassungskosten wird davon ausgegangen, dass die täglichen Beschneiungskosten in jedem Emissionsszenario gleich hoch sind. Dies ist stark vereinfacht und hängt von den spezifischen klimatischen Verhältnisse der Skigebiete ab.

— Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts sind in den Modellierungen keine Kostensteigerungen integriert.

Ergebnisse

Schadenskosten

Aus der Modellierung und der Berechnung ergeben sich folgende jährliche Schadenskosten. Negative Werte bedeuten zusätzliche Erträge, in diesem Fall durch die Verschiebung von Gästen von tiefen zu hohen Skigebieten.

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr)		
Schadensindikator	**Szenario**	Tiefe Skigebiete	Hohe Skigebiete	Total
Ertragseinbussen von Skigebieten	Referenz	-	-	-
	RCP 2.6	2’381	-188	2’193
	RCP 4.5	2’381	13	2’394
	RCP 8.5	2’381	313	2’694

Tabelle 64 Jährliche Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundene Schadenskosten je Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.
*Hinweis: negative Werte bedeuten zusätzliche Erträge (hier insb. durch die Verschiebung von Gästen von tiefen zu hohen Skigebieten).

Die tiefen Skigebiete erfahren einen hohen Verlust in der Höhe von rund 2’381 Mio. CHF pro Jahr, da der Betrieb gemäss Annahme nicht aufrechterhalten werden kann. In den hohen Skigebieten ist dieser Verlust deutlich tiefer, da sie auch ohne Anpassung weiterbetrieben werden können. Hinzu kommt, dass einige zusätzliche Gäste in die hohen Skigebiete kommen, da die tiefen Skigebiete nicht mehr offen sind. Im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) können die hohen Skigebiete so sogar eine Ertragssteigerung von 188 Mio. CHF pro Jahr verzeichnen. In den Emissionsszenarien mit stärkerem (globalem) Klimawandel hingegen verzeichnen jedoch auch sie Schäden in der Höhe von 13 Mio. CHF pro Jahr (RCP 4.5), respektive 313 Mio. CHF pro Jahr (RCP 8.5). Der Gesamtschaden für alle Gebiete beläuft sich auf zwischen 2’193 bis 2'694 Mio. CHF pro-Jahr.

		Verteilung der Schadenskosten			
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Ertragseinbussen von Skigebieten	0 %	0 %	15 %	85 %	0 %

Tabelle 65 Verteilung der Schadenskosten der Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Kosten trägt mehrheitlich die Privatwirtschaft in der Form von Umsatzeinbussen bei den Bergbahnen, Hotels, Restaurants und weiteren Institutionen in den Bergregionen. Geringe Kosten tragen auch die Gemeinden, da diese oft auch eigene Beteiligungen an den Bergbahnen oder Restaurants haben.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabelle zeigt die Anpassungskosten sowie die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Beteiligten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für tiefe Lagen keine Anpassungskosten bestehen, da davon ausgegangen wird, dass diese 2060 keinen Schneebetrieb mehr haben und daher keine Beschneiungskosten anfallen.

		Anpassungskosten (Mio. CHF/Jahr) [tiefe und hohe Anpassungsintensität]		
Massnahme	**Szenario**	Tiefe Skigebiete	Hohe Skigebiete	Total
Künstliche Beschneiung	Referenz	-	-	-
	RCP 2.6	0	370 [319, 417]	370 [319, 417]
	RCP 4.5	0	335 [285, 386]	335 [285, 386]
	RCP 8.5	0	276 [223, 337]	276 [223, 337]

Tabelle 66 Jährliche Anpassungskosten für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen nach Emissionsszenario und Anpassungsintensität. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Kosten für die Anpassung liegen je nach Emissionsszenario zwischen 276 und 370 Mio. CHF pro Jahr. Die Anpassungskosten gehen mit stärker ausgeprägtem Klimawandel zurück. Dies hat damit zu tun, dass bei stärkerem Klimawandel ein Skigebiet auch mit Beschneiung aufgrund der wärmeren Temperaturen und weiteren Gegebenheiten weniger beschneit und weniger Tage betrieben werden kann.

	Verteilung der Anpassungskosten				
Massnahme	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Künstliche Beschneiung	0 %	0 %	15 %	85 %	0 %

Tabelle 67 Verteilung der Anpassungskosten für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Kosten trägt primär die Privatwirtschaft, da die Anschaffung und der Betrieb der Anlagen zur künstlichen Beschneiung von den betroffenen Bergbahnen finanziert wird. Geringe Kosten tragen auch die Gemeinden, da diese oft auch eigene Beteiligungen an den Bergbahnen haben.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Durch die Anpassungsmassnahmen können die Schäden deutlich reduziert werden.

Schadens-indikator	Szenario	Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [tiefe und hohe Anpassungsintensität] Tiefe Skigebiete	Hohe Skigebiete	Total	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Ertragseinbussen von Skigebieten	Referenz	-	-	-	-
	RCP 2.6	2’381	-710 [-486, -762]	1’671 [1’619, 1’894]	- 24 %
	RCP 4.5	2’381	-635 [-337, -730]	1’746 [1’651, 2’044]	- 27 %
	RCP 8.5	2’381	-507 [-73, -676]	1’874 [1’705, 2’308]	- 30 %

Tabelle 68 Jährliche Schadenskosten für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen mit Anpassung nach Emissionsszenario und Anpassungsintensität. Quelle: eigene Berechnungen.
*Hinweis: negative Werte bedeuten zusätzliche Erträge (hier insb. durch die Verschiebung von Gästen von tiefen zu hohen Skigebieten).

Durch den Einsatz von künstlicher Beschneiung kann in den höhergelegenen Skigebieten statt einem Ertragsrückgang eine Ertragssteigerung erreicht werden. Insgesamt verringert sich damit der Schaden. So sinkt er beispielsweise im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) von 2’694 auf 1'874 Mio. CHF pro Jahr, eine Reduktion um etwa 30 %.

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten.

Schadens-indikator	Szenario	Gesamtkosten ohne Anpassung (Mio. CHF / Jahr) Total	Gesamtkosten mit Anpassung (Mio. CHF / Jahr) [tiefe und hohe Anpassungsintensität] Total	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Ertragseinbussen von Skigebieten	Referenz	-	-	-
	RCP 2.6	2’193	2’041 [2’035, 2’214]	- 7 %
	RCP 4.5	2’394	2’081 [2’038, 2’328]	- 13 %
	RCP 8.5	2’694	2’150 [2’042, 2’532]	- 20 %

Tabelle 69 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen mit Anpassung nach Szenario und Anpassungsintensität. Quelle: eigene Berechnungen.

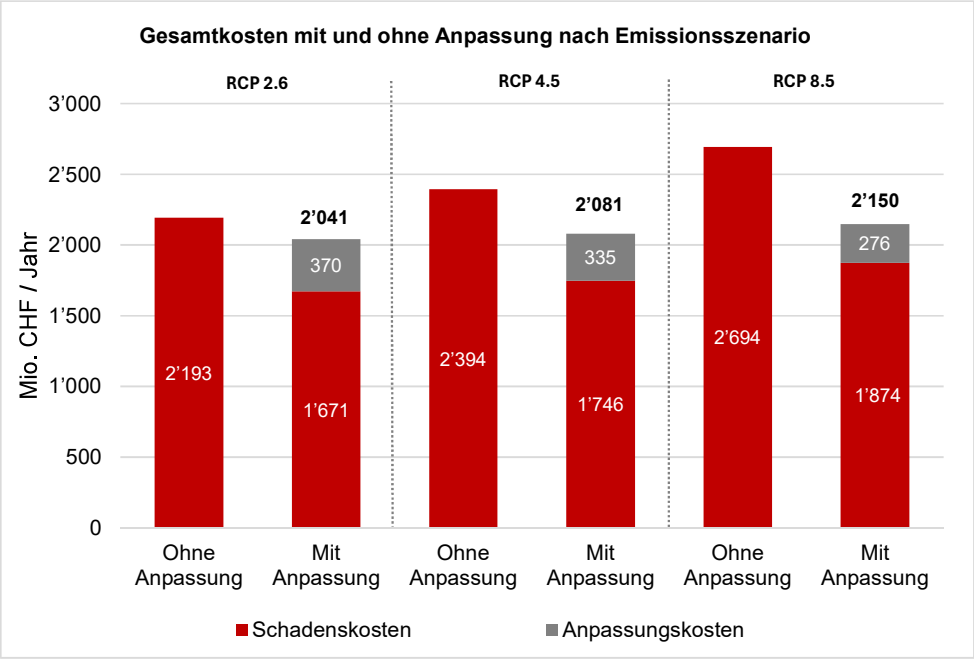


Abbildung 66 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen mit Anpassung nach Szenario und Anpassungsintensität. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Zusatzerträge in hohen Skigebieten bleiben bestehen, selbst wenn die Beschneiungskosten berücksichtigt werden. Diese können jedoch die erheblichen Verluste in den tiefen Skigebieten nicht kompensieren. Die Gesamtkosten bleiben weiterhin hoch, sind jedoch reduziert im Vergleich zur Situation ohne Anpassung. So sinken sie im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) immer noch auf 2'150 Mio. CHF pro Jahr, was einem Rückgang von etwa 20 % entspricht.

4.6.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während die erste Abbildung 67 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, illustriert die zweite Abbildung 68 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel.

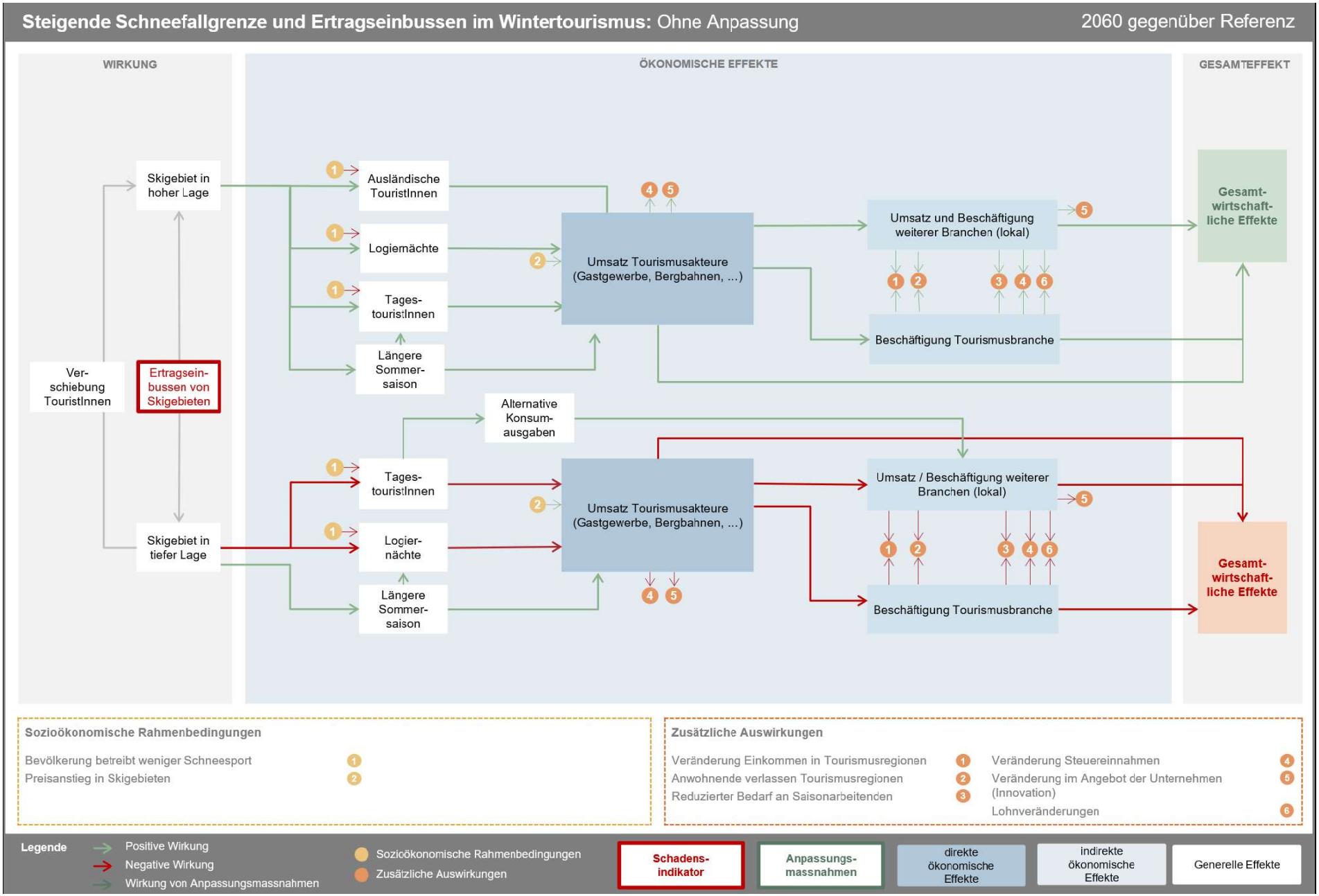


Abbildung 67 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Abnahme Ertragseinbussen im Wintertourismus ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Die Ausgangslage der Wirkungskette ist der Schadensindikator *Abnahme Skitage*. Zunächst wird zwischen Auswirkungen für Skigebiete in höheren Lagen und Skigebieten in tieferen Lagen unterschieden. Während Skigebiete in höheren Lagen mehr Touristen erwarten können, müssen tiefere Skigebiete mit Einbussen rechnen, da sich die Touristen in höhere gelegene Gebiete verschieben. Das bedeutet, dass in höheren Skigebieten die ausländischen Touristen, die Tagestouristen und die Anzahl Logiernächte zunehmen, während diese in tieferen Skigebieten abnehmen. Dieser Effekt kann in tieferen Skigebieten etwas abgefedert werden durch Ausnutzung der klimabedingten längeren Sommersaison.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Die Zunahme, respektive Abnahme, an Touristen wirkt sich in der Folge auf den Umsatz der Tourismusbranche aus. Diese beinhaltet beispielsweise das Gastgewerbe, die Bergbahnen, die Zubringerdienste oder die Hotellerie. Der Umsatz in der Tourismusbranche hat einen indirekten Effekt auf den Umsatz und die Beschäftigung weiterer Branchen, vor allem lokal. Steigt der Umsatz in der Tourismusbranche, steigt auch der Umsatz und die Beschäftigung in weiteren Branchen, da auch dort mehr konsumiert und ausgegeben wird. Das heisst, die Verschiebung der Touristen in höhere Skigebiete führt zu einem positiven gesamtwirtschaftlichen Effekt, während der Verlust von Touristen in tieferen Gebieten zu einem negativen gesamtwirtschaftlichen Effekt führt.

Der negative Effekt in tieferen Skigebieten führt zusätzlich zu einer verstärkten Abwanderung aus Bergdörfern und zu geringeren Einkommen in betroffenen Bergregionen. Zusätzlich gibt es zwei relevante sozioökonomische Rahmenbedingungen, die die Wirkungskette beeinflussen. Einerseits betreibt die Bevölkerung weniger Schneesport als früher, das heisst, es gibt allgemein weniger Schneesporttouristen und andererseits ist die Bevölkerung wohlhabender und gibt als Tourist mehr Geld aus. Somit kommen zwar weniger Gäste, aber der Umsatz pro Gast ist tendenziell höher. Diese Rahmenbedingungen haben daher einen kompensierenden Effekt.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden ökonomischen Effekte zu berücksichtigen:

— Der Rückgang der Schneebedeckung und die damit verbundenen Veränderungen im Wintertourismus wirken sich negativ auf Teilnehmende des Wintertourismus aus. Einkommensschwache Haushalte sowie Touristinnen und Touristen sind davon am stärksten betroffen, da kleinere, preisgünstigere Skigebiete wegfallen und in den verbleibenden Skigebieten mit höheren Preisen zu rechnen ist.

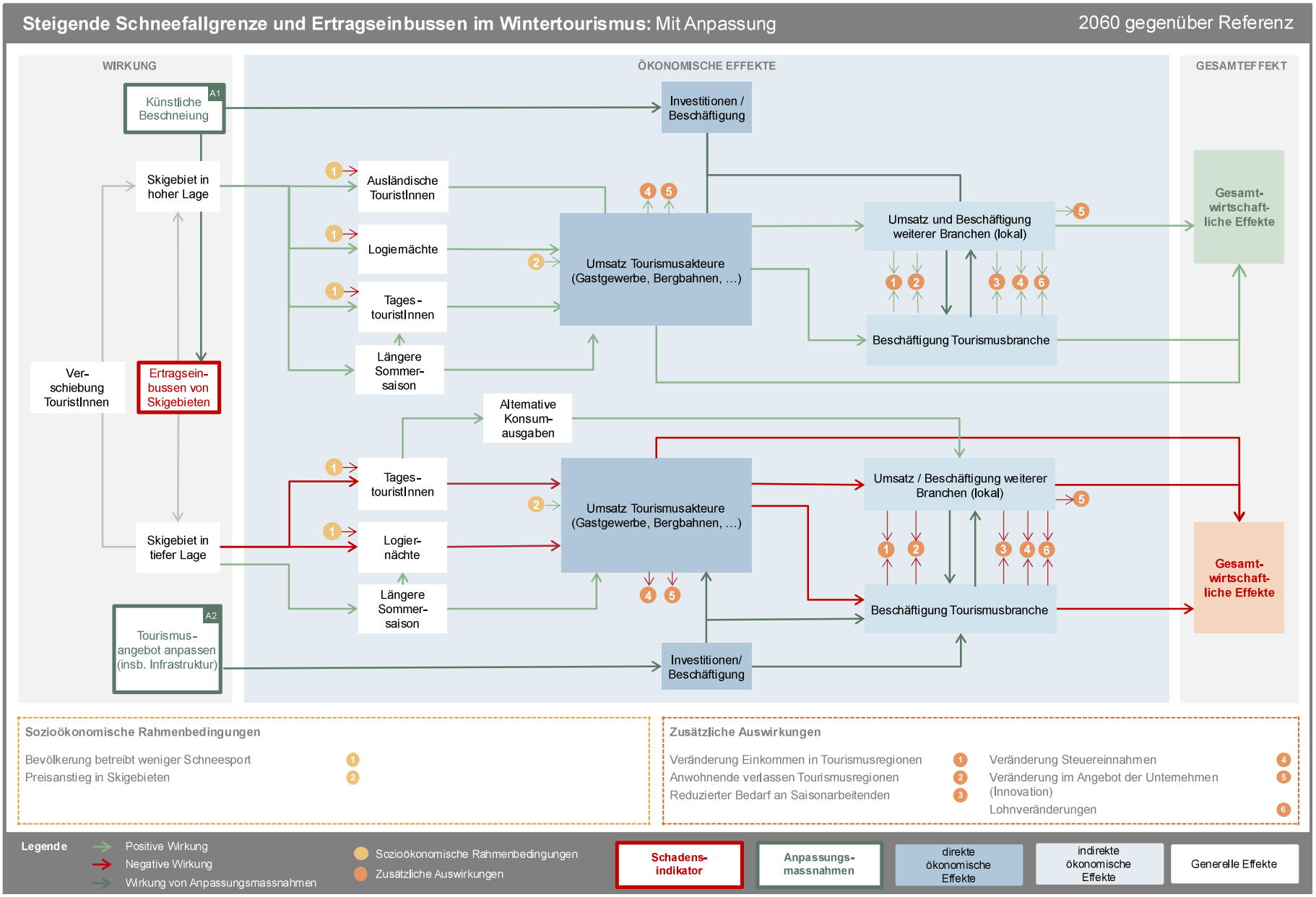


Abbildung 68 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Abnahme der Ertragseinbussen im Wintertourismus mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Zusätzliche Beschneiung kann die Abnahme der Skitage reduzieren und wirkt sich dadurch direkt auf den Schadensindikator aus. Sie führt ausserdem zu mehr Investitionen und auch höherer Beschäftigung, was sich positiv auf den Umsatz der Tourismusbranche und somit auch auf die Beschäftigung und den Umsatz weiterer Branchen auswirkt. Die Anpassung der touristischen Infrastruktur für alternative Nutzungen in tieferen Skigebieten, wie beispielsweise Seilparks oder Rodelbahnen, führt ebenfalls zu mehr Investitionen und Beschäftigung, was sich positiv auf den Umsatz der Tourismusbranche aber auch auf den Umsatz und die Beschäftigung weiterer Branchen auswirkt.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Die negativen gesamtwirtschaftlichen Effekte können durch die Anpassungsmassnahmen teilweise abgefedert werden.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Die Investitionen zur Anpassung des Angebots darf nicht auf Kosten einkommensschwacher Haushalte geschehen. Einerseits sollte die Finanzierung der Investitionen diese Haushalte nicht zusätzlich belasten, andererseits sollten die verbesserten Angebote in Bezug auf ihre Kosten auch weiterhin von diesen Haushalten genutzt werden können.

— Die Investitionen in der Tourismusinfrastruktur sollten inklusiv und für alle Bevölkerungsgruppen zugänglich gestaltet sein.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Quantitative Analyse

Aufbereitung der wirtschaftlichen Impulse

Die ursprünglichen Schadens- und Anpassungskosten werden im ersten Schritt in wirtschaftliche Impulse aufbereitet und anschliessend in das Modell eingespeist zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte.

Herleitung der wirtschaftlichen Impulse (Mio. CHF / Jahr)				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Ursprünglicher Effekt				
Schadenskosten	2'193	1'671	2'694	1'874
Anpassungskosten		370		276
Schlussendlich getragen von				
Privatwirtschaft (Tourismuswirtschaft)[30]	-1'620	-1'176	-1'990	-1'271
Verlust	*-2'193*	*-1'671*	*-2'694*	*-1'874*
Gewinn durch Verschiebung	*573*	*495*	*704*	*603*
Haushalte (Anpassungskosten)				
Haushalte		*-257*		*-192*
Wirtschaftliche Impulse IOT				
Schaden, Anpassung und Alternativreisen in der Schweiz	-1'620	-806	-1'990	-995

[30] Gemeindebeteiligungen an Bergbahnen werden im IO-Modell nicht gesondert berücksichtigt, da die Eigentümerstruktur die gesamtwirtschaftlichen Effekte nicht beeinflusst.

Herleitung der wirtschaftlichen Impulse (Mio. CHF / Jahr)				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Konsumverzicht		-257		-192

Tabelle 70 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse im für Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

In der Berechnung der ursprünglichen Kosten wird angenommen, dass tiefliegende Skigebiete den Betrieb aufgrund des Klimawandels aufgeben. Dabei wird bereits berücksichtigt, dass ein Teil der bisherigen Gäste der tiefen Skigebiete neu auf die höher gelegenen Skigebiete ausweichen. Für die gesamtwirtschaftliche Modellierung braucht es zusätzlich Annahmen, wofür diejenigen Gäste ihr Geld ausgeben, die aufgrund des Klimawandels gar nicht mehr in der Schweiz Skifahren, auch nicht in den höher gelegenen Skigebieten. Zu diesem Zweck wird davon ausgegangen, dass die Gäste weiterhin ein Bedürfnis nach Ferien und Erholung haben und daher denselben Betrag, den sie bis anhin für einen Skiaufenthalt in der Schweiz ausgegeben hatten, nach wie vor für Reisen nutzen.[31] Wo sie diese Ferien verbringen, unterscheidet sich jedoch nach Gästetyp:

— Bei den über alle Skigebiete wegfallenden Schweizer Tagesgästen wird angenommen, dass die Hälfte weiterhin in der Schweiz Tagesausflüge unternimmt, während die andere Hälfte stattdessen ins Ausland reist. Dabei ersetzen sie teilweise auch mehrere ihrer bisherigen Tagesausflüge in der Schweiz durch einen mehrtägigen Auslandsaufenthalt.

— Bei den Schweizer Übernachtungsgästen wird angenommen, dass lediglich ein Viertel weiterhin in der Schweiz Ferien macht und die anderen drei Viertel stattdessen ins Ausland reisen.

— Bei den ausländischen Gästen wird angenommen, dass diese nicht mehr in die Schweiz reisen und stattdessen ihre Ferien in einem anderen Land verbringen.

Dadurch, dass weiterhin ein Teil der Gäste Ferien in der Schweiz verbringt, können andere Bereiche der Schweizer Tourismuswirtschaft zusätzlichen Umsatz erwirtschaften, was den Gesamtschaden etwas relativiert. So sinkt beispielsweise der Schaden der gesamten Schweizer Tourismuswirtschaft im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassung von 2’694 Mio. CHF auf 1’874 Mio. CHF pro Jahr mit Anpassung.

Als Reaktion auf den zurückgehenden Schnee reagieren die höher gelegenen Skigebiete mit vermehrter künstlicher Beschneiung. Dadurch reduziert sich zwar ihr Schaden, gleichzeitig sind sie mit höheren Ausgaben für den Betrieb des Skigebiets konfrontiert. Für die Modellierung wird angenommen, dass diese Ausgaben vollständig an die Gäste weitergegeben werden.

Aus dieser Dynamik ergeben sich zwei wirtschaftliche Impulse:

31 In Realität würde zumindest ein Teil der Ausgaben vermutlich auch für andere Konsumzwecke statt Reisen verwendet werden und die daraus resultierenden Effekte in anderen Branchen statt der Tourismusbranche anfallen.

— Schaden, Anpassung und Alternativreisen in der Schweiz: Der Impuls setzt sich zusammen aus dem Gesamtschaden der Tourismuswirtschaft und der Steigerung des Umsatzes in der Höhe der gesamten Anpassungskosten in anderen Branchen zum Beispiel in Bezug auf die Herstellung der Beschneiungsanlagen oder auf die Energiekosten für deren Betrieb. Dieser Impuls ist in beiden Emissionsszenarien klar negativ und beläuft sich beispielsweise im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassung auf -1’990 Mio. CHF respektive mit Anpassung auf -995 Mio. CHF pro Jahr.

— Konsumverzicht: Der zweite Impuls entsteht nur mit Anpassung im Zusammenhang mit dem Konsumverzicht der Haushalte. Da die Kosten steigen, das Budget der Gäste aber gleichbleibt und sie gemäss Annahme auch nicht mehr Ersparnisse einsetzen, geben die Haushalte weniger Geld in anderen Bereichen aus. Für die Modellierung der Auswirkungen dieses Konsumverzichts von Schweizer Gästen wird angenommen, dass diese angesichts der bereits heute hohen Preise aus den mittleren bis hohen Einkommensschichten stammen. Bei den ausländischen Gästen ist der Konsumverzicht für diese Modellierung irrelevant, da er ausserhalb der Schweiz stattfindet. Somit ergibt sich beispielsweise im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) aus den gesamten Anpassungskosten in Höhe von 276 Mio. CHF pro Jahr ein Konsumverzicht von 192 Mio. CHF pro Jahr. Die Differenz reflektiert den Konsumverzicht der ausländischen Gäste.

Verwendete Datengrundlagen

Neben den generell für die gesamtwirtschaftliche Modellierung genutzten Grundlagen (Kapitel 3.5) werden folgende zusätzliche Datengrundlagen verwendet:

— HESTA (BFS 2025c): Aufteilung zwischen Schweizer und ausländischen Gästen

— Verhalten der wegbleibenden Skigäste: Experteneinschätzung

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu berücksichtigen:

— Die Annahme wieviel der Schweizer Tages- und Übernachtungsgäste weiterhin in der Schweiz Urlaub machen ist stark vereinfacht. Das tatsächliche Verhalten kann hiervon abweichen, ist aber nur schwer vorhersagbar. Hier wird eine sehr konservative Einschätzung angewandt.

— Hier wird davon ausgegangen, dass auch die Zahl ausländischer Gäste abnimmt. Es kann sein, dass diese konstant bleibt oder sogar ansteigt, da die Schneebedingungen in der Schweiz im Vergleich zum Ausland attraktiver sind. Das Ausmass dieses Effekts ist jedoch nur schwer abschätzbar.

— Dass die Skigebiete die höheren Kosten im Zusammenhang mit der Beschneiung komplett an die Gäste weitergeben können, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Dass die Gäste eine solche Preissteigerung akzeptieren würden, wird jedoch als plausibel eingestuft, da die Skiticket-Preise in den letzten Jahren bereits stark gestiegen sind, ohne dass die Anzahl Gäste gesunken ist (Seilbahnen Schweiz, 2025). Gleichzeitig

verknappt sich das Angebot für Wintertourismus aufgrund des Klimawandels sowohl in der Schweiz, insbesondere für die tiefen tiefe Lagen, als auch weltweit, wodurch steigende Preise eher akzeptiert werden.

Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte dargestellt. Dabei werden die Effekte der Schäden und der Anpassung betrachtet und anschliessend den Effekten des Konsumverzichts gegenübergestellt.

Schaden und Anpassung

Gesamtwirtschaftliche Effekte Schaden und Anpassungsausgaben	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**-1'925**	**-964**	**-2'364**	**-1'188**
Direkt	-748	-367	-919	-456
Indirekt	-1'177	-597	-1'445	-732
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**-16'500**	**-8'175**	**-20'260**	**-10'115**
Direkt	-8'930	-4'330	-10'965	-5'405
Indirekt	-7'570	-3'845	-9'295	-4'710
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	**-174**	**-80**	**-213**	**-102**

Tabelle 71 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte von Schaden und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Impuls im Zusammenhang mit den Schadenskosten der Tourismuswirtschaft führt ohne Anpassung gesamtwirtschaftlich zu einem Verlust der Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) von bis zu 2’364 Mio. CHF pro Jahr sowie einem Rückgang der Beschäftigung bis zu 20'260 VZÄ pro Jahr. Ebenso sinken die Steuereinnahmen um bis zu 213 Mio. CHF pro Jahr.

Mit Anpassungsmassnahmen fallen die Effekte immer noch negativ aus, aber bedeutend tiefer. Beispielsweise reduziert sich der Effekt auf die Bruttowertschöpfung durch die Anpassungsmassnahmen im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) um 1’176 Mio.

Konsumverzicht

Gesamtwirtschaftliche Effekte Konsumverzicht	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**0**	**-241**	**0**	**-180**
Direkt	0	-122	0	-91
Indirekt	0	-120	0	-89
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**0**	**-1'680**	**0**	**-1'250**
Direkt	0	-925	0	-690
Indirekt	0	-755	0	-560
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	**0**	**-17**	**0**	**-12**

Tabelle 72 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte des Konsumverzichts nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Konsumverzicht führt zu einer gesamtwirtschaftlichen Reduktion der Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario mit konsequentem (globalen) Klimaschutz (RCP 2.6) von bis zu 241 Mio. pro Jahr sowie zu einem Rückgang der Beschäftigung bis zu 1’680 VZÄ pro Jahr. Die Steuereinnahmen sinken rund 17 Mio. CHF pro Jahr.

Totale gesamtwirtschaftliche Effekte

Gesamtwirtschaftliche Effekte Total (Schaden und Anpassung sowie Konsumverzicht)				
	RCP 2.6		**RCP 8.5**	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF / Jahr)	**-1'925**	**-1'205**	**-2'364**	**-1'367**
Direkt	-748	-489	-919	-547
Indirekt	-1'177	-717	-1'445	-821
Beschäftigung (VZÄ / Jahr)	**-16'500**	**-9'855**	**-20'260**	**-11'365**
Direkt	-8'930	-5'255	-10'965	-6'095
Indirekt	-7'570	-4'600	-9'295	-5'270
Steuereinnahmen (Mio. CHF / Jahr)	**-174**	**-97**	**-213**	**-114**

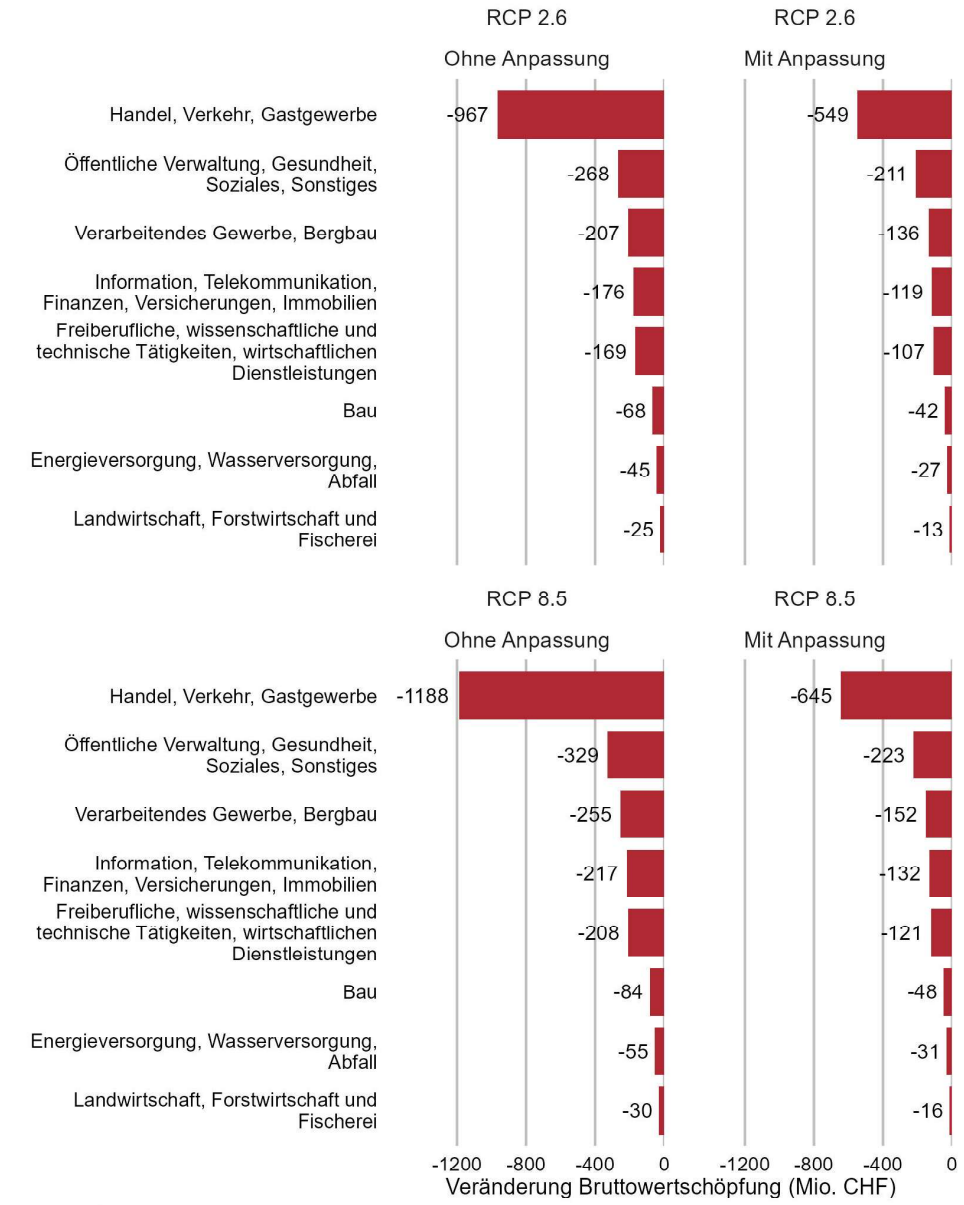
Tabelle 73 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Insgesamt führen die beiden Impulse zusammen betrachtet zu klar negativen Effekten. Da der Konsumverzicht nur mit Anpassung erfolgt, bleiben die totalen gesamtwirtschaftlichen Effekte ohne Anpassung gleich hoch wie die Effekte der Schäden.

Mit Anpassung sinkt die Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) auf 1’367 Mio. CHF pro Jahr, die Beschäftigung auf 11’365 VZÄ und die Steuereinnahmen auf 114 Mio. CHF pro Jahr.

Auswirkungen auf Branchen

Die folgende Grafik zeigt die Auswirkungen der gesamten Bruttowertschöpfung auf die verschiedenen Branchen.



Quelle: EBP

Abbildung 69 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche, Emissionsszenario mit und ohne Anpassung aufgrund Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Analyse zeigt, dass alle Branchen Verluste erleiden. Zwar führen die Investitionen in die Beschneiungsanlagen für einige Unternehmen zu positiven Effekten, in der Summe überwiegt jedoch auch in diesen Branchen der negative Effekt durch den Rückgang des Wintertourismus.

Mit Abstand am stärksten ist der Rückgang dabei in der Branche *Handel, Verkehr und Gastgewerbe*, das sowohl die Betreiber der Skigebiete und Bergbahnen beinhält wie auch die stark mit dem Skitourismus verbundenen Hotel- und Restaurantbetriebe. Wie die Grafik zeigt, überträgt sich der Schaden auf eine Vielzahl von weiteren Branchen.

Zur Analyse der Verteilungseffekte wird untersucht, welche Haushalte, abhängig von ihrem Einkommen, die Preiserhöhungen der Skidestinationen tragen. Verteilungseffekte

Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten	
Haushaltseinkommen (in CHF / Monat)	**Preiserhöhungen**
Unter 4’669	0 %
4’669 – 7’004	10 %
7’005 – 9’733	20 %
9’734 – 13’716	30 %
Ab 13’717	40 %

Tabelle 74 Ertragseinbussen im Wintertourismus durch steigende Temperaturen und Verteilung der bei den Haushalten anfallenden Kosten nach Einkommensklassen. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Verteilungseffekte ergeben sich aus der Überwälzung der Beschneiungskosten auf die Skifahrenden. Grundsätzlich betrifft die Preiserhöhung alle Einkommensgruppen in gleichem Masse. Da sich jedoch vor allem Haushalte der mittleren bis hohen Einkommensklassen Wintersportferien leisten können, tragen sie den grössten Teil der zusätzlichen Kosten.

4.6.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Einbindung von Extremereignissen und saisonaler Klimavariabilität: Eine künftige Modellierung sollte diese Aspekte berücksichtigen, da diese die Schneesituation stark beeinflussen können.

— Berücksichtigung zusätzlicher Faktoren: Um realitätsnähere Ergebnisse zu erhalten, sollten Aspekte wie die Wasser- und Energieverfügbarkeit, die touristische Nachfrage, technologische Aspekte der Beschneiung und ökologische Auswirkungen in den Modellierungen berücksichtigt werden.

— Ganzjahresbetrachtung: Eine Studie zu den Schadens- und Anpassungskosten im Tourismus mit Blick auf das ganze Jahr ermöglicht die Analyse der Verschiebung in tiefen Lagen vom Winter- zum Ganzjahrestourismus. Diese Analysen sollten auch separat für einzelne Skigebiete auf kantonaler Ebene durchgeführt werden, um gezielte und massgeschneiderte Strategien zu entwickeln.

— Gästeverhalten: Eine genauere Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte unter Berücksichtigung des Verhaltens der wegbleibenden Gäste sowie der Diversifizierungsstrategien der Destinationen gibt einen besseren Einblick in die gesamtwirtschaftlichen Effekte. Auch sollte da Freizeitverhalten und die Veränderung der Präferenzen der Gäste in die Analyse einfliessen.

4.7 Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge

Extreme Niederschlagsereignisse haben in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz an Häufigkeit und Intensität zugenommen. Starkniederschläge können erhebliche Sach- und Personenschäden verursachen, insbesondere durch Sturzfluten, Überschwemmungen, Hangrutschungen und Murgänge. Diese Naturgefahren bedrohen nicht nur die Infrastruktur, sondern stellen auch eine direkte Gefahr für die Bevölkerung dar.

Mit fortschreitendem Klimawandel nehmen kurzzeitige Starkniederschläge in Häufigkeit und Intensität zu. Dies führt zu Hochwasser, erhöht in Siedlungs- und Verkehrsflächen den Oberflächenabfluss und begünstigt in steilen Einzugsgebieten Murgänge. Die Schäden manifestieren sich zwar lokal pro Ereignis[32], der Trend betrifft jedoch die gesamte Schweiz, mit Schwerpunkten in dicht versiegelten Agglomerationen, Talböden mit hydraulischen Engstellen sowie in alpinen und voralpinen Wildbacheinzugsgebieten.

In exponierten alpinen und voralpinen Lagen sind zusätzlich ereigniskonzentrierte, sehr hohe Einzelschäden durch Murgänge möglich an Gebäudeuntergeschossen, Betriebsarealen, Verkehrsachsen, Brücken und Unterführungen. Diese sind stark topographie-, material- und ereignisabhängig und werden, sofern nicht separat bilanziert, nur teilweise durch die obigen pluvialen Schätzungen erfasst.

Die Schweiz ist aufgrund ihrer Topografie besonders anfällig für die Auswirkungen von Starkniederschlägen. Siedlungsgebiete in Tallagen, Verkehrswege sowie kritische Infrastrukturen, wie Wasserversorgung, Abwasserbehandlung und Energieanlagen, sind einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Neben akuten Schäden durch Überflutungen und Erosion entstehen auch langfristige wirtschaftliche Belastungen durch Wiederaufbau- und Schutzmassnahmen.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen von Starkniederschlägen auf Sach- und Personenschäden, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

[32] Im weiteren Sinne beeinträchtigen Die Ereignisse nicht nur lokale Strukturen, sondern wirken überregional. Beispielsweise können Abwasserreinigungsanlagen (ARAs) in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Damit kann Schmutzwasser in Gewässer eintreten und überregional zu Umweltschäden und gesundheitlichen Risiken führen.

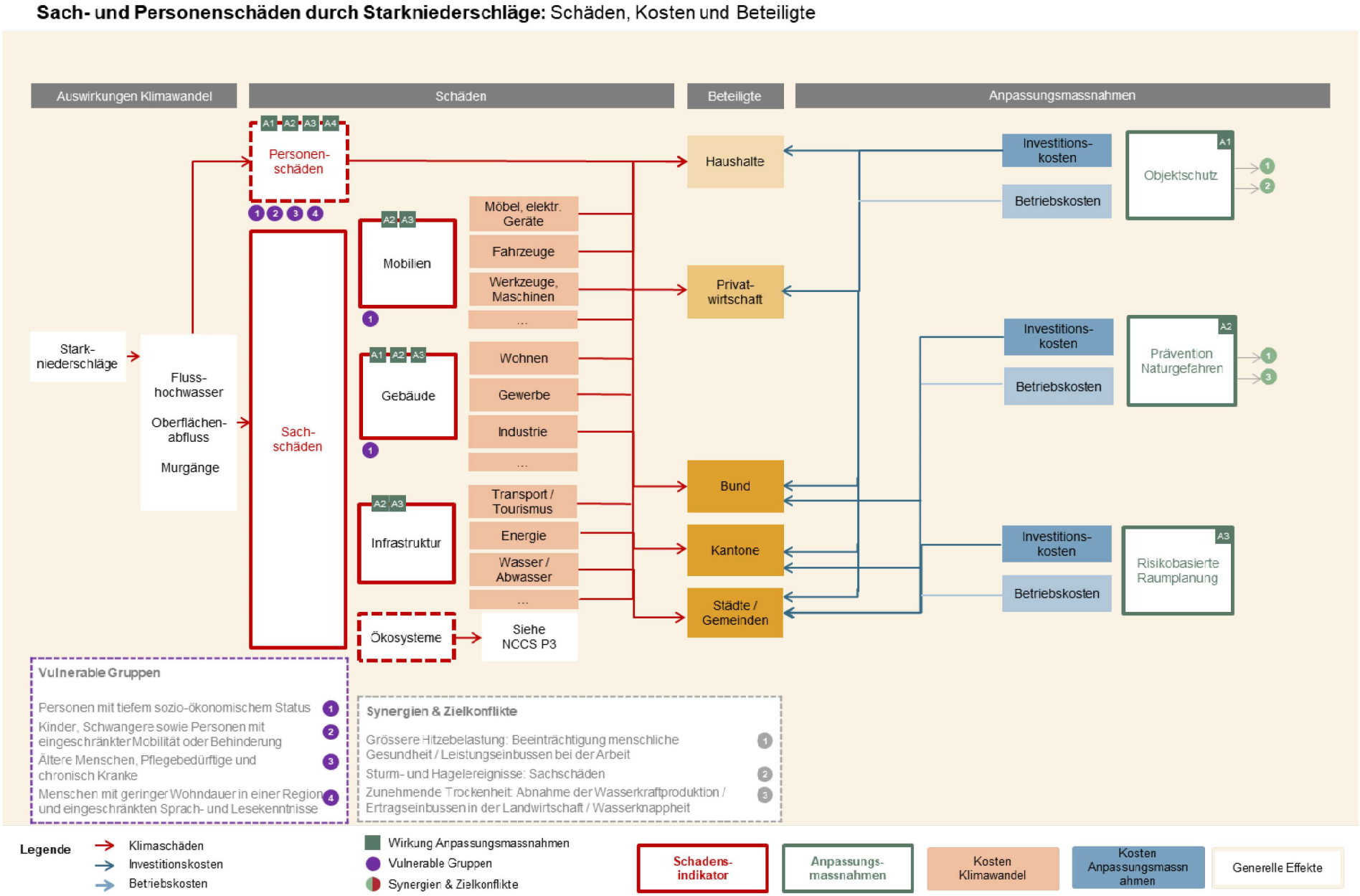


Abbildung 70 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Starkniederschlägen auf Sach- und Personenschäden. Die kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV) sind bei Kantonen integriert und die Versicherungen bei der Privatwirtschaft. Quelle: eigene Darstellung.

4.7.1 Auswirkungen des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Für die Modellierung der Auswirkungen werden nur Sachschäden betrachtet. Dies insbesondere, weil Personenschäden in der Schweiz bisher sehr selten sind. Die Modellierung von Sachschäden durch wasserbedingte Ereignisse unterscheidet:

— Flusshochwasser (fluviales Hochwasser): Ein Ansteigen von Flusspegeln wird in erster Linie durch intensiven Dauerregen in flussaufwärts gelegenen Regionen induziert. Ergebnisse der Universität Bern/MobiliarLab (2025, 2025a) zeigen, dass die veränderten Niederschlagsmuster durch den Klimawandel Hochwasserpegel in Flüssen und damit mögliche Schäden eher gering beeinflussen. Einen grösseren Einfluss hat die Steigerung der Exposition in gefährdeten Gebieten durch Neubau von Liegenschaften und Infrastruktur.

— Oberflächenabfluss (pluviales Hochwasser): Überflutungen durch Wasser, das an der Oberfläche abläuft, wird oft sehr lokal durch Starkregen verursacht. Das lokale Schadenspotential ist jedoch davon abhängig, wie gut Wasser nach einem Starkregenereignis lokal versickern kann, oder wie stark dieses Wasser an der Oberfläche entlang der lokalen Steigungen des Geländes abfliesst. Diese Parameter sind von Versiegelung und lokaler Topografie abhängig. Die Modellierung der Auswirkungen basiert auf den bestehenden, hochaufgelösten Karten für Oberflächenabfluss in der Schweiz (BAFU, 2025b). Um den Einfluss des Klimawandels zu modellieren, werden Intensitäten und Häufigkeiten von Starkregen aus den Klimaszenarien CH2018 abgeleitet (CH2018, 2018) und beispielhafte Starkregenereignissen mittels CLIMADA modelliert. Diese probabilistisch erzeugten Ereignisse werden mit Daten aus Geländemodellen, Oberflächenabfluss, Hochwasserzonen und historischen Flutereignissen zusammengeführt und so die Entstehung von Hochwasser aus den Starkregenereignissen modelliert.

— Murgänge: Um Auswirkung des Klimawandels auf und Schäden von Murgängen zu modellieren, wird für jedes Einzugsgebiet in der Schweiz ein relativer Murgang-Risikoindex zwischen 0 und 1 für den heutigen Zustand und für ein Zukunftsszenario abgeschätzt. Der Index setzt sich aus drei Bausteinen zusammen:

  — Topografische Suszeptibilität (normierter Suszeptibilitätswert): abgeleitet aus einem digitalen Höhenmodell in Bezug auf Relief, mittlere Hangneigung und der Melton-Zahl (Reliefenergieniveau) (Baumgartner, 2016).

  — Niederschlags-Trigger: Definition der Niederschlagsintensität (Dauer und Wiederkehrintervall).

  — Sedimentverfügbarkeit: Überlagerung von Gletschervorfeldern, Permafrost-Hinweiskarten und der Nähe zu Blockgletschern.

Durch die Anwendung der Klimaauswirkung pro Emissionsszenario auf die Exposition und Vulnerabilität für ein einzelnes Objekt wird schliesslich das Schadenspotential dieses Objekts berechnet:

— Die Exposition beschreibt im Sinne des IPCC die Präsenz von Menschen, Sachwerten, Infrastruktur und anderen Vermögenswerten in räumlichen Einheiten, in denen klimabedingte Gefährdungen auftreten können. Im vorliegenden Kontext umfasst dies insbesondere Gebäude, Fahrzeuge und Infrastrukturen als potenziell betroffene Schadenswerte. Die Exposition wird für Oberflächenabfluss und Murgänge im technischen Bericht auf Ebene einzelner Gebäude erfasst und für den vorliegenden Ergebnisbericht auf die gesamte Schweiz aggregiert.

— Die Vulnerabilität beschreibt im Sinne des IPCC die Anfälligkeit beziehungsweise Prädisposition eines Systems oder Objekts, durch klimabedingte Ereignisse nachteilig beeinflusst zu werden. Sie umfasst insbesondere die Sensitivität gegenüber Schadensprozessen sowie die Fähigkeit, mit den Auswirkungen umzugehen und sich anzupassen. Im vorliegenden Kontext wird die Vulnerabilität von Gebäuden, Fahrzeugen und Infrastrukturen als funktionale Beziehung zwischen der Intensität eines Klimaereignisses und der resultierenden relativen Schadenshöhe beschrieben. Mit zunehmender Intensität von Oberflächenabfluss oder Murgängen steigt die Schadensanfälligkeit typischerweise nicht-linear an, sodass bei hohen Intensitäten überproportionale Schäden auftreten können.

Zur Ermittlung der Sachschäden werden die ermittelten Überflutungshöhen mittels der Vulnerabilitätskurven in monetäre Schäden umgerechnet. Da die Überflutungshöhen in einzelnen Simulationen und einzelnen Emissionsszenarien bestimmten Ereigniswahrscheinlichkeiten entsprechen, werden die Ergebnisse mit den Wahrscheinlichkeiten gewichtet und aufaddiert. Es ergeben sich mittlere Schadenshöhen, die alle möglichen Schadensereignisse entsprechend der probabilistischen Auswertung der Klimamodelle enthalten.

Auswirkungsindikatoren

Für die Modellierung werden folgende Indikatoren analysiert:

— Sachschäden an Immobilien, Mobilien und Infrastruktur aufgrund von Hochwasser in Mio. CHF pro Jahr

— Sachschäden an Immobilien, Mobilien und Infrastruktur aufgrund von Oberflächenabfluss in Mio. CHF pro Jahr

— Sachschäden an Immobilien, Mobilien und Infrastruktur aufgrund von Murgängen in Mio. CHF pro Jahr

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Es werden keine weiteren wasserinduzierten oder wasserunterstützten Klimagefahren, wie zum Beispiel Erdrutsche oder Bodenverflüssigung berücksichtigt.

— Hochwasserschutzmassnahmen, auch auf Ebene einzelner Stadtquartiere, werden nur insofern berücksichtigt, als dass sie in bestehenden Oberflächenabfluss-Karten bereits berücksichtigt werden.

— Die Auswirkungen von Starkniederschlägen auf die Wasserversorgung, das Abwassersystem, weitere Funktionen und Ökosystemleistungen sind nicht berücksichtigt. Dies aufgrund der lokalspezifischen Gegebenheiten und fehlenden Grundlagen.

Abweichungen der Systemgrenzen

Es bestehen keine Abweichungen zur definierten Systemgrenze (Kapitel 3.1).

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— CH2018 Klimamodelle (CH2018, 2018)
— Gebäude- und Wohnungsregister (GWR, BFS, 2025b): Verteilung von Gebäuden
— Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (BAFU, 2025b)
— Unwetterschadens-Datenbank der Schweiz (WSL, 2025)
— Universität Bern / Mobiliarlab (2025, 2025a)
— Vulnerabilitätskurven für Überflutung von verschiedenen Objekttypen (Huizinga et al., 2017)

Sozioökonomische Daten

Es werden keine neuen Bauzonen für die Berechnung der Exposition angenommen, um Klimasignale und Anpassungswirkungen nicht mit Expositionsverschiebungen (Neueinzonungen) zu vermischen. Dies ist plausibel und konsistent mit der Schweizer Planungsausrichtung *Innenentwicklung vor Aussenentwicklung* (Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2013)), wonach Neuzuteilungen nur unter strengen Voraussetzungen möglich sind. In der Praxis findet heute ein grosser Teil des Wachstums als Nachverdichtung innerhalb bestehender Bauzonen statt.

Bevölkerungswachstum wird explizit aus der Modellierung ausgeschlossen, um den Nettoeffekt des Klimawandels aufzeigen zu können. Dies würde auch eine Situation gut beschreiben, in der Bevölkerungswachstum lediglich zu Nachverdichtung, jedoch nicht zu einer Ausweitung der bestehenden bebauten Fläche führt und damit keine räumliche Ausweitung der Exposition bewirkt.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Oberflächenabfluss: Es wird die heutige Situation von Versiegelung, Hanglagen und vorhandenen Schutzmassnahmen untersucht. Unsicherheiten bestehen in der genauen Kenntnis dieser Grössen. Beispielsweise sind Daten über Kapazitäten von Kanalnetzen, aber auch Inventare (Keller/Technik, Unterführungen, Verkehr) lückenhaft. Depth-Damage-Kurven und Folgeschäden (Kontamination, Ausfallzeiten) sind generalisiert und regional nur bedingt übertragbar.
— Murgänge: Die Parameter und Gewichte der Modellierung sind bewusst pragmatisch gewählt und sollten für präzisere Anwendungen lokal mit Ereignisdaten kalibriert und hinsichtlich ihrer Unsicherheit geprüft werden. Beispielsweise benötigen Schwellen und Gewichte im Modell eine lokale Kalibrierung, die hier nicht möglich war. Wechselwirkungen zwischen Schneeschmelze und Murgängen sind stark vereinfacht.
— Gefährdung und Klima: Kombinierte Effekte, zum Beispiel aus Starkregen und hoher Vorfluter (Rückstau), gleichzeitig Schneeschmelze, Seepegelanstieg werden nicht explizit berücksichtigt.
— Hydrologie und Hydraulik:

  - Die Genauigkeit und Skalierung der Oberflächenabfluss-Hinweiskarten sind bedingt durch die Qualität des digitalen Geländemodells: Auflösung, Glättung, falsche Positiv- und Negativrate, etc.
  - Bauwerke und granulare Infrastruktur wie Durchlässe, Bordsteine, Barrieren, und Unterführungen werden aufgrund der nicht verfügbaren Datengrundlage nicht berücksichtigt.
  - Die Kapazität des Kanalnetzes, Trenn-/Mischsysteme, Verstopfung unter Extremregen werden aufgrund der nicht verfügbaren Daten nicht berücksichtigt.
- Für die Kostenbewertung werden Einheitspreise pro Massnahme angenommen. Eine regionale Streuung, Baupreisindizes und Lernkurven bleiben unberücksichtigt.
- Externe Kosten wie Verkehrsverzögerungen, Notfalleinsätze, Entsorgung sind stark ereignisspezifisch und daher nicht enthalten.
- Kosten von Betriebsunterbrüchen oder Unterbrechung Lieferketten durch akute Überflutung werden in dieser Analyse nicht berücksichtigt, da der Fokus auf direkten Sachschäden liegt.
- Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts sind in den Modellierungen keine Kostensteigerungen integriert.

Ergebnisse

Die Veränderung der Starkniederschläge und der daraus resultierende Prozess lässt sich anhand physischer Indikatoren beschreiben. Diese Indikatoren erfassen, wie sich Intensität, Häufigkeit und räumliche Ausdehnung von Extremereignissen mit dem Klimawandel verändern.

- Änderungen in Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlägen: Mit der Erwärmung der Atmosphäre nimmt ihre Fähigkeit zu, Wasserdampf aufzunehmen. Dieser Mechanismus führt zu einer deutlichen Intensivierung konvektiver Starkniederschläge. Für die Schweiz zeigen regionale Klimamodelle, dass kurzzeitige Extremniederschläge (≤ 3 h) bis zur Mitte des Jahrhunderts um bis zu 20-30 % im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) zunehmen können. Parallel dazu steigt auch die Häufigkeit solcher Ereignisse: Niederschläge, die heute ungefähr einem 10-jährlichen Ereignis entsprechen, könnten künftig zu einem 3-5-jährlichen Ereignis werden. Zudem nimmt die Wahrscheinlichkeit mehrerer Starkniederschläge innerhalb weniger Tage zu, was die Beanspruchung von Entwässerungs- und Schutzsystemen weiter erhöht.
- Veränderungen des Oberflächenabflusses: Der Oberflächenabfluss reagiert besonders sensibel auf die Zunahme hochintensiver Niederschläge. Modellstudien zeigen für kleine und mittlere Einzugsgebiete eine Zunahme der Spitzenabflüsse um rund 20-40 % bis 2060, abhängig von Region und Emissionsszenario. In urbanen Räumen kann dieser Effekt aufgrund hoher Versiegelungsgrade und verringerter Kapazität des Bodens, Wasser aufzunehmen, noch stärker ausfallen. Schätzungen auf Basis von BAFU-Gefährdungskarten und dynamischen Starkniederschlagsanalysen deuten auf eine Zunahme der überschwemmungsgefährdeten Flächen um 20-30 % bis zur Mitte des Jahrhunderts hin. Ereignisse, die sich in der Vergangenheit nur alle 20-30 Jahre ereigneten, könnten um das Jahr 2060 alle 10-15 Jahre auftreten.

— Hydrologische Reaktionen der Gewässer (Flusshochwasser): Auch die Abflussregime der Schweizer Flüsse verändern sich deutlich. Im Sommer führen intensivere, lokal begrenzte Starkniederschläge zunehmend zu höheren Abflussmaxima. Modellrechnungen zeigen Anstiege von +10 bis +40 % bei extremen Sommerabflüssen in sensiblen Einzugsgebieten. Im Winterhalbjahr verlagert sich der Anteil des Niederschlags von Schnee zu Regen. Dadurch treten Hochwasserereignisse, bislang überwiegend ein Sommerphänomen, häufiger im Winter auf, mit modellierten Zunahmen extremer Winterabflüsse um 20-50 %, insbesondere in tieferen Lagen. Zusätzlich werden Regen-auf-Schnee-Ereignisse häufiger und tragen zu einer erhöhten Hochwassergefahr im Übergangszeitraum bei.

— Weitere relevante Indikatoren: Neben Niederschlag und Abfluss spielen weitere physische Faktoren eine zentrale Rolle. Veränderungen der Bodenfeuchte beeinflussen sowohl die Infiltrationskapazität als auch die Abflussbildung. Stark ausgetrocknete Böden nach Hitzeperioden können zu einer verstärkten Abflussbildung bei anschließenden Starkregenereignissen führen, während im Winter nasse Böden und gefrorene Oberflächen die Abflussbildung erhöhen. Veränderungen der Gewitterhäufigkeit, insbesondere im Alpenvorland, sowie Zunahmen erosiver Prozesse und Sedimenteinträge beeinflussen zusätzlich die Hochwassercharakteristik in kleinen und mittleren Einzugsgebieten.

Die Überführung der hier beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels in Kosten sind im Kapitel 4.7.3 integriert.

Vulnerable Gruppen

Für dieses Risiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

Personen mit tiefem, sozioökonomischem Status

— Wirtschaftlich sind Personen mit niedrigem Einkommen besonders betroffen, da sie aufgrund entstandener materieller Schäden unter psychischer und finanzieller Belastung leiden (Seebauer et al., 2021). Obwohl für die Schweiz keine spezifischen Studien zur wirtschaftlichen Betroffenheit vulnerabler Gruppen vorliegen, zeigen Erfahrungen aus europäischen Ländern, dass sie unzureichend in den Katastrophenschutz eingebunden werden und ihnen oft die Mittel für präventive Massnahmen fehlen. Daraus resultieren ein höheres Risiko für Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge sowie grössere Schwierigkeiten, sich von den Folgen extremer Wetterereignisse zu erholen (Seebauer et al., 2021). Besonders zu nennen sind Landwirtinnen und Landwirte, die durch allfällige Versicherungslücken und geringe finanzielle Puffer Schwierigkeiten haben, Ausfälle finanziell zu tragen. In der Schweiz ist jedoch der Versicherungsschutz relativ hoch und die ausgeschütteten Versicherungsleistungen helfen, die wirtschaftlichen Schäden zu reduzieren.

Kinder, Schwangere, Personen mit eingeschränkter Mobilität oder Behinderungen

— Kinder, Schwangere sowie Personen mit eingeschränkter Mobilität oder Behinderungen sind einem erhöhten Risiko ausgesetzt, da sie sich oft nicht rechtzeitig in Sicherheit bringen können und auf Unterstützung angewiesen sind.

— Ältere Menschen, Pflegebedürftige und gesundheitlich vorbelastete Personen, einschliesslich chronisch Kranker, sind zudem besonders gefährdet, da Evakuierungen für sie körperlich belastend sind und Unterbrechungen der medizinischen Versorgung ernste Folgen haben können (BAFU, 2025a).

Ältere Menschen, Pflegebedürftige und chronisch Kranke

— Menschen mit geringer Wohndauer in der betroffenen Region, wie beispielsweise kürzlich Zugezogene oder Touristinnen und Touristen, sind stärker gefährdet, da sie mit lokalen Hochwasserrisiken und Notfallplänen weniger vertraut sind (Seebauer et al., 2021).

Menschen mit geringer Wohndauer in einer Region

— Menschen mit eingeschränkten Sprach- und Lesekenntnissen sind stärker gefährdet, da sie Schwierigkeiten haben, Frühwarnmeldungen und Sicherheitshinweise zu verstehen (BAFU, 2025a).

Menschen mit eingeschränkten Sprach- und Lesekenntnissen

Ergänzend zu diesen vulnerablen Gruppen gibt es weitere Aspekte, die die Betroffenheit erhöhen können, wie beispielsweise:

— Landwirtschaftsflächen liegen häufig in Senken oder Gewässernähe, wodurch Wasserlogging, Erosion und Nährstoffauswaschung Ernteerträge mindern und wertvollen Oberboden abtragen. Sedimente und kontaminiertes Wasser können Futter- und Lagergüter unbrauchbar machen. Gleichzeitig werden Höfe, Ställe, Maschinen und Zufahrten beschädigt und aufgeweichte Böden verhindern rechtzeitige Feldarbeiten. Stromausfälle für Melk- und Pumptechnik oder Überläufe aus Gülle- und Silosickersaftanlagen verursachen zusätzliche Betriebs- und Umweltschäden.

4.7.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Objektschutz	Temporäre Objektschutzmassnahmen (G)
		Permanente Objektschutzmassnahmen an Gebäuden (G)
A2	Prävention Naturgefahren	Monitoring, Gefährdungsanalysen, Analyse von Ereignissen (G)
		Schutzbauten überprüfen und verstärken, inkl. Umsetzung Wasserbaukonzept (G)
		Wasserretention stärken (Schwammstadtprinzip) (G)
		Integration der Naturgefahren innerhalb der SIA-Normierung (G)
		Integration Klimawandel in Notfallkonzepte und -planungen (G)
		Informations- und Sensibilisierungsaktionen für Naturgefahren gegenüber verschiedenen Beteiligten (G)
		Information und Sensibilisierung durch die Gebäudeversicherungen (A)
A3	Risikobasierte Raumplanung	Integration Klimawandel in die Gefahrenkarten, Richtplanungen, Notfallkonzepte und -planungen, ggf. Umsiedlungen, etc. (G)
		Massnahmen in Bezug auf den Wasserrückhalt (G)
		Integrale Regenwasserbewirtschaftung im Siedlungsraum (G)
		Trenn-/Mischsystem bei der Kanalisation (G)

Tabelle 75 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3). Insbesondere zu beachten ist der

zusätzliche Reiter zu detaillierten Vorschlägen für Massnahmen in Bezug auf klimaangepasste Gebäude.

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen. Alternative Vorgehensweisen werden ausführlicher im technischen Bericht beschrieben.

— Bei baulichen Massnahmen hängt die Wirksamkeit entscheidend vom Starkregenereignis ab, auf dessen Basis das Bauwerk dimensioniert wird. Die genannten Massnahmen können zu Maladaptation führen, wenn sie anhand zu tiefer Niederschläge und Abflussvolumen dimensioniert werden. Dies hätte potentiell enorme finanzielle und soziale Kosten zur Folge wie beispielsweise Umsiedelungen oder den Kauf gefährdeter Grundstücke durch den Bund und Abbruch bestehender Immobilien.
— Schutzbauten von Gewässern können zu negativen Auswirkungen auf die Biodiversität und Erosionen führen.
— Schutzbauten, die zu schnellerem Abtransport von Wasser führen, können Flutwellen verursachen, die die Wasserqualität beeinträchtigen und flussabwärtsliegende Bereiche beschädigen können.
— Pumpwerke als alleinige Lösung gegen Hochwasser sind strom- und betriebsintensiv und wirken damit gegen den Klimaschutz. Zusätzlich bergen sie ein Ausfallrisiko und können bei Kombinationseffekten überlastet werden.
— Objektschutzmassnahmen können zu mehr Oberflächenabfluss und Beschädigungen auf Nachbarsgrundstücken führen. Ausserdem kann Infiltration des abzuleitenden Wassers Schadstoffe ins Grundwasser eintragen, wodurch die Trinkwasser- und die Bodenqualität beeinträchtigt werden. Bei der Gestaltung der Massnahmen ist dies zu berücksichtigen.
— Durch Schutzbauwerke kann eine sogenannte Schein-Sicherheit entstehen (*Levee-Effect*), die zu mehr Bebauung im Gefährdungsraum führt. Damit steigen die exponierten Werte und das Restrisiko kann unterschätzt werden. Auch hier spielt die Unsicherheit bei den Emissionsszenarien und der daraus ableitbaren Extremereignissen für die Dimensionierung der Schutzbauwerke eine wichtige Rolle.
— Soziale Fehlanreize wie Subventionen oder Versicherungsleistungen können zu Wiederaufbau an gleichen riskanten Orten (*lock-in*) führen, wenn sie nicht in ein integriertes Risikomanagement der Versicherungen bzw. der Subventionsträger eingebettet sind.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Sachschäden durch Starkniederschläge berücksichtigt bereits die potenziellen wirtschaftlichen Verluste. Die Ergebnisse sind im Kapitel 4.7.3 integriert.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— In Realität ist die Unsicherheit hinsichtlich der tatsächlichen Hochwassergefährdung beträchtlich. Dies führt dazu, dass es herausfordernd ist, Schutzbauten in der korrekten Dimensionierung zu bauen. Tritt ein schwereres Ereignis ein als antizipiert, können somit höhere Schäden entstehen als in dieser Modellierung berücksichtigt.

4.7.3 Kosten des Klimawandels

Bereits heute ist Wasser einer der grössten Risikovektoren in der Schweiz und es existieren umfangreiche Vorsorgemassnahmen, sowohl baulicher als auch prozeduraler Natur. Die folgende Modellierung bezieht sich auf die Veränderung möglicher Kosten, die durch den Klimawandel induziert werden.

Grundlagen der Modellierung

Berechnung Schadenskosten

Die Berechnung der Kosten sind weiter oben im Kapitel 4.7.1 beschrieben und beinhalten die Sachschäden durch Starkniederschläge.

Berechnung Anpassungskosten

Im Rahmen der Quantifizierung der Kosten von Anpassungsmassnahmen wird ein Massnahmen-Mix von Objektschutzmassnahmen herangezogen.

Die Wirkung einzelner Massnahmen ist nicht unabhängig voneinander, sondern kann sich gegenseitig verstärken oder abschwächen. Die Auswahl von Massnahmen berücksichtigt dies und beinhaltet die Kombination von Massnahmen mit möglichst geringen gegenseitigen Abhängigkeiten.

Der Massnahmen-Mix wird für jedes Gebäude individuell nach groben Annahmen gewichtet, wie beispielsweise Neigung des umgebenden Geländes oder die Versiegelung der Umgebung. Für Gebäude, die erwartbar nur unwesentlichen Schaden erleiden, werden keine Objektschutzmassnahmen angenommen. Nähere Angaben zu den einzelnen Parametern des Massnahmen-Mix finden sich im technischen Bericht.

Ergebnisse

Schadenskosten

Aus der Modellierung ergeben sich folgende jährliche Schadenskosten. Werte in Klammern entsprechen Extremjahren (1 in 10 Jahren).

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [Werte in Extremjahren]			
Schadensindikator	**Szenario**	Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total
Sachschäden durch Flusshochwasser	Referenz	145	35	60	241
	RCP 2.6	153	38	64	255
	RCP 4.5	166	41	69	277
	RCP 8.5	181	45	75	302
Sachschäden durch Oberflächenabfluss	Referenz	145	27	93	264
	RCP 2.6	172 [248]	31 [45]	109 [158]	312 [452]
	RCP 4.5	218 [421]	39 [77]	139 [210]	397 [708]
	RCP 8.5	347 [607]	63 [110]	221 [386]	631 [1'104]
Sachschäden durch Murgänge	Referenz	6.9	0.5	4.1	11.5
	RCP 2.6	8.2 [10.0]	0.6 [0.7]	4.8 [6.0]	13.6 [16.7]
	RCP 4.5	10.4 [15.8]	0.8 [1.1]	6.2 [9.4]	17.3 [26.3]
	RCP 8.5	16.5 [28.9]	1.2 [2.1]	9.8 [17.1]	27.5 [48.1]

Tabelle 76 Jährliche Schadenskosten der Sachschäden durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge für die Referenzperiode und 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die folgende Tabelle zeigt die Aufteilung der Schadenskosten der drei Schadensindikatoren auf die Beteiligten.

	Verteilung der Schadenskosten (in Klammern GUSTAVO-Kantone)				
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privatwirtschaft	Haushalte
Sachschäden durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge an Immobilien	2 %	80 % (5 %)	3 %	10 % (75 %)	5 % (15 %)
Sachschäden durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge an Mobilien	5 %	5 %	10 %	30 %	50 %
Sachschäden durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge an Infrastruktur	45 %	35 %	15 %	5 %	0 %

Tabelle 77 Verteilung der Schadenskosten durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Angaben unterliegen folgenden Annahmen:

— Schäden an Immobilien durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgängen werden in 19 Kantonen zum grossen Teil durch die kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV) getragen. Mobilien werden überwiegend privat versichert. In GUSTAVO-Kantonen (GE, UR, SZ, TI, AI, VS, OW) ohne KGV-Monopol ist eine privatlastigere Verteilung plausibel.

— Schäden auf Infrastruktur werden unabhängig vom Schadensindikator vor allem durch die öffentliche Hand getragen.

Praxisbeispiel Unwetter im Misox

Im Juni 2024 kam es zu einem schweren Unwetter im Misox, die Menschenleben kostete und die Infrastruktur beschädigte. Die A13 war in der Folge für zwei Wochen gesperrt und beeinträchtigte die Nord-Süd-Achse.

Neben den KMUs und der Landwirtschaft litt auch besonders der Tourismus, so dass diverse Unternehmen Kurzarbeit anmelden mussten. Die Verantwortlichen der Region schätzen die Kosten für die Behebung der Schäden auf 74.1 Millionen Franken. Das Geld wird benötigt zur Wiederherstellung von Strassen, Infrastrukturbauten, Landwirtschaftsland, Gebäude und Wasserkraftwerke sowie die Instandsetzung von Schutzbauten.

Quellen:
— Graubünden: Misox rechnet nach Unwetter mit Kosten von 74 Mio. Franken (19.12.2024)
— Unwetter im Misox: Nach einem Monat kehrt langsam Normalität zurück - News - SRF (23.07.2024)

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabellen zeigen die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtkosten von Anpassungsmassnahmen auf sowie die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Beteiligten.

		Anpassungskosten (Mio. CHF / Jahr)			
Massnahme	**Szenario**	Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total
Massnahmen-Mix Flusshochwasser	RCP 2.6	38	10	16	64
	RCP 4.5	41	11	18	70
	RCP 8.5	45	12	19	76
Massnahmen-Mix Oberflächenabfluss	RCP 2.6	46	8	29	84
	RCP 4.5	50	9	32	92
	RCP 8.5	59	10	37	107
Massnahmen-Mix Murgänge	RCP 2.6	4	1	3	8
	RCP 4.5	4	1	3	8
	RCP 8.5	5	1	4	10

Tabelle 78 Jährliche Anpassungskosten in der Schweiz für 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

	Verteilung der Anpassungskosten (In Klammern: GUSTAVO-Kantone)				
Massnahme	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privatwirtschaft	Haushalte
Immobilien	0 %	25 % (10 %)	10 %	30 % (45 %)	35 % (40 %)
Mobilien	0 %	10 %	10 %	25 %	55 %
Infrastruktur	40 %	35 %	15 %	10 %	0 %

Tabelle 79 Verteilung der Anpassungskosten für Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Angaben zu den Anpassungskosten unterliegen folgenden Annahmen:

— Immobilien: Prävention auf Objektebene wird in der Schweiz primär von Eigentümerinnen und Eigentümer getragen, unterstützt (teils deutlich) durch die KGV und punktuell Gemeinden. In GUSTAVO-Kantonen liegt der Anteil der Eigentümerinnen und Eigentümer tendenziell höher. Der Bund finanziert vor allem Wasserbau- und Gewässerprojekte über Programmvereinbarungen.

— Mobilien: Objektschutz liegt primär bei Eigentümerinnen und Eigentümern.

— Infrastruktur: Hochwasser-/Wasserbauprojekte sind Verbundaufgaben und der Bund beteiligt sich über Programmvereinbarungen typischerweise mit rund 50 % der anrechenbaren Kosten (Globalbeitrag). Kantone und Gemeinden kofinanzieren und können Anteile flexibel ausgestalten. Kantonale Richtlinien nennen für den Wasserbau teils 60–80 % Gesamtbeiträge (Bund und Kanton). Nationalstrassen werden vom Bund finanziert und unterhalten, was den Bundesanteil im Infrastrukturbereich erhöht. Kommunale und kantonale Strassen und Siedlungsentwässerung liegen hingegen stärker bei Kantonen und Gemeinden.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Die folgende Tabelle zeigt die verbleibenden Schadenskosten unter Berücksichtigung der Anpassungsmassnahmen. Die Reduktion der Kosten um 54 % stellt eine getroffene Grundannahme und kein reines Modellergebnis dar, die aufgrund der bestehenden Bandbreite in der Wirksamkeit von Starkregenanpassung im bestehenden Gebäudepark der Schweiz getroffen wurde.

		Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [Extremjahr]				**Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung**
Schadensindikator	**Szenario**	Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total	
Sachschäden durch Flusshochwasser	Referenz	145	36	60	241	
	RCP 2.6	77	19	32	128	- 54 %
	RCP 4.5	83	21	35	138	- 54 %
	RCP 8.5	91	23	38	151	- 54 %
Sachschäden durch Oberflächenabfluss	Referenz	145	27	93	264	
	RCP 2.6	79 [114]	15 [21]	50 [73]	143 [208]	- 54 %
	RCP 4.5	100 [194]	18 [35]	64 [99]	182 [328]	- 54 %
	RCP 8.5	160 [279]	29 [51]	101 [178]	290 [122]	- 54 %
Sachschäden durch Murgänge	Referenz	6.9	0.5	4.1	11.5	
	RCP 2.6	3.8 [4.6]	0.3 [0.3]	2.2 [2.8]	6.3 [7.7]	- 54 %
	RCP 4.5	4.8 [7.3]	0.4 [0.5]	2.9 [4.3]	8.0 [12.1]	- 54 %
	RCP 8.5	7.6 [13.3]	0.6 [1.0]	4.5 [7.9]	12.6 [11.1]	- 54 %

Tabelle 80 Jährliche Schadenskosten von Sach- und Personenschäden durch Oberflächenabfluss und Murgänge mit Anpassung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Massnahmen-Mix und die Wahrscheinlichkeit für Umsetzung der Massnahmen durch die einzelnen Akteure werden derart gewählt, dass etwa die Hälfte der Schadenskosten, durch die jeweiligen Indikatoren und Emissionsszenarien, vermieden werden können. Diese Wahl stellt einen Kompromiss dar. Eine stärkere Reduktion der Schadenskosten wäre möglich, würde jedoch auch zu höheren Kosten und möglicherweise zu geringerer Akzeptanz in der Bevölkerung führen, beispielsweise aufgrund des benötigten Flächenverbrauchs für die Massnahmenumsetzung.

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten.

Schadens-indikator	Szenario	Jährliche Gesamtkosten (Mio. CHF / Jahr) [Extremjahr] Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Sachschäden durch Flusshochwasser	Referenz	145	36	60	241	
	RCP 2.6	115	9	48	192	- 25 %
	RCP 4.5	125	31	52	208	- 25 %
	RCP 8.5	136	34	57	227	- 25 %
Sachschäden durch Oberflächenabfluss	Referenz	145	27	93	264	
	RCP 2.6	125 [160]	23 [29]	80 [102]	227 [292]	- 27 % [- 35 %]
	RCP 4.5	151 [244]	28 [45]	96 [105]	274 [394]	- 31 % [- 49 %]
	RCP 8.5	218 [338]	39 [61]	139 [215]	397 [619]	- 37 % [- 44 %]
Sachschäden durch Murgänge	Referenz	6.9	0.5	4.1	11.5	
	RCP 2.6	7.8 [12.4]	1.3 [0.9]	5.2 [6.8]	14.3 [20.7]	+ 5 % [+ 24 %]
	RCP 4.5	8.8 [15.7]	1.4 [1.1]	5.9 [7.8]	16.0 [26.1]	- 9 % [- 1 %]
	RCP 8.5	12.6 [27.7]	1.6 [2.0]	8.5 [16.4]	22.6 [46.1]	- 18 % [- 4 %]

Tabelle 81 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) von Sach- und Personenschäden durch Oberflächenabfluss und Murgängen mit Anpassung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

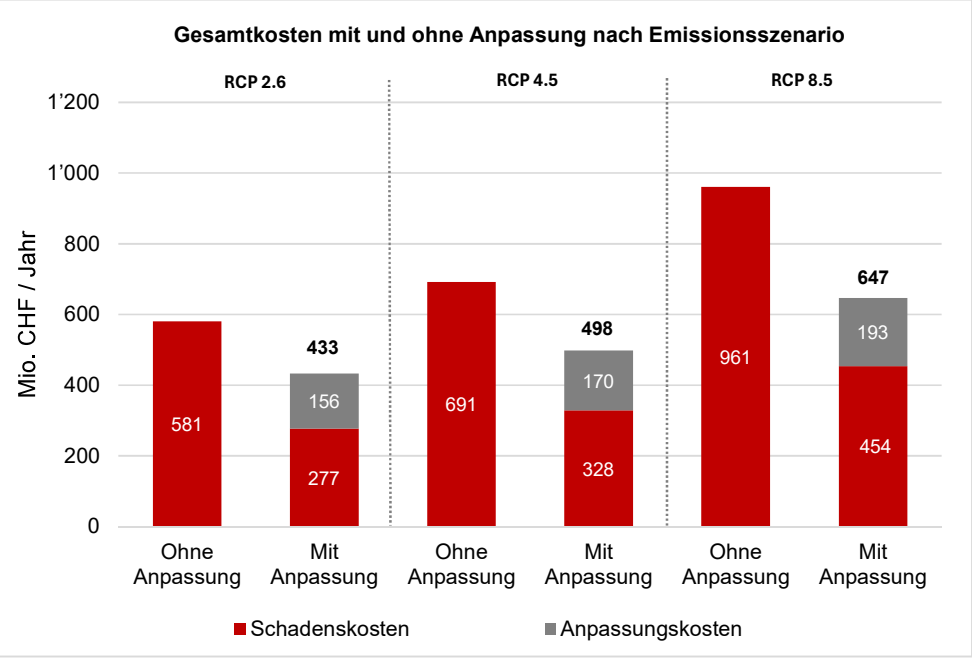


Abbildung 71 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) von Sach- und Personenschäden durch Oberflächenabfluss und Murgängen mit Anpassung nach Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Generell nehmen die jährlichen Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) mit intensiverem Klimawandel zu. Die Gesamtkosten sind am höchsten für den Immobiliensektor, während Mobilien in absoluten Zahlen

die geringsten jährlichen Schäden aufweisen. Im Vergleich zur Situation ohne Anpassung ist die Kostenreduktion durch Anpassung bei Oberflächenabfluss im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) am effektivsten. Die Kostenreduktion durch Anpassung bei Murgängen ist mit etwa einem Viertel nahezu identisch über die Emissionsszenarien.

Für das Emissionsszenario konsequenter (globaler) Klimaschutz (RCP 2.6) liegen die modellierten Gesamtkosten (Summe aus Restschäden und Anpassungskosten) mit Klimawandel und Anpassung unter den heutigen Referenzkosten. Dies ist kein Hinweis darauf, dass der Klimawandel die Hochwasserrisiken reduziert, sondern Ausdruck einer derzeit bestehenden Anpassungslücke: Das Modell erlaubt den Einsatz kosteneffizienter Massnahmen, die nicht nur zusätzliche Risiken durch den Klimawandel, sondern auch bereits heute bestehende Risiken reduzieren.

4.7.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der durch Starkniederschläge bedingten Sach- und Personenschäden sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während die erste Abbildung 72 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet die zweite Abbildung 73 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

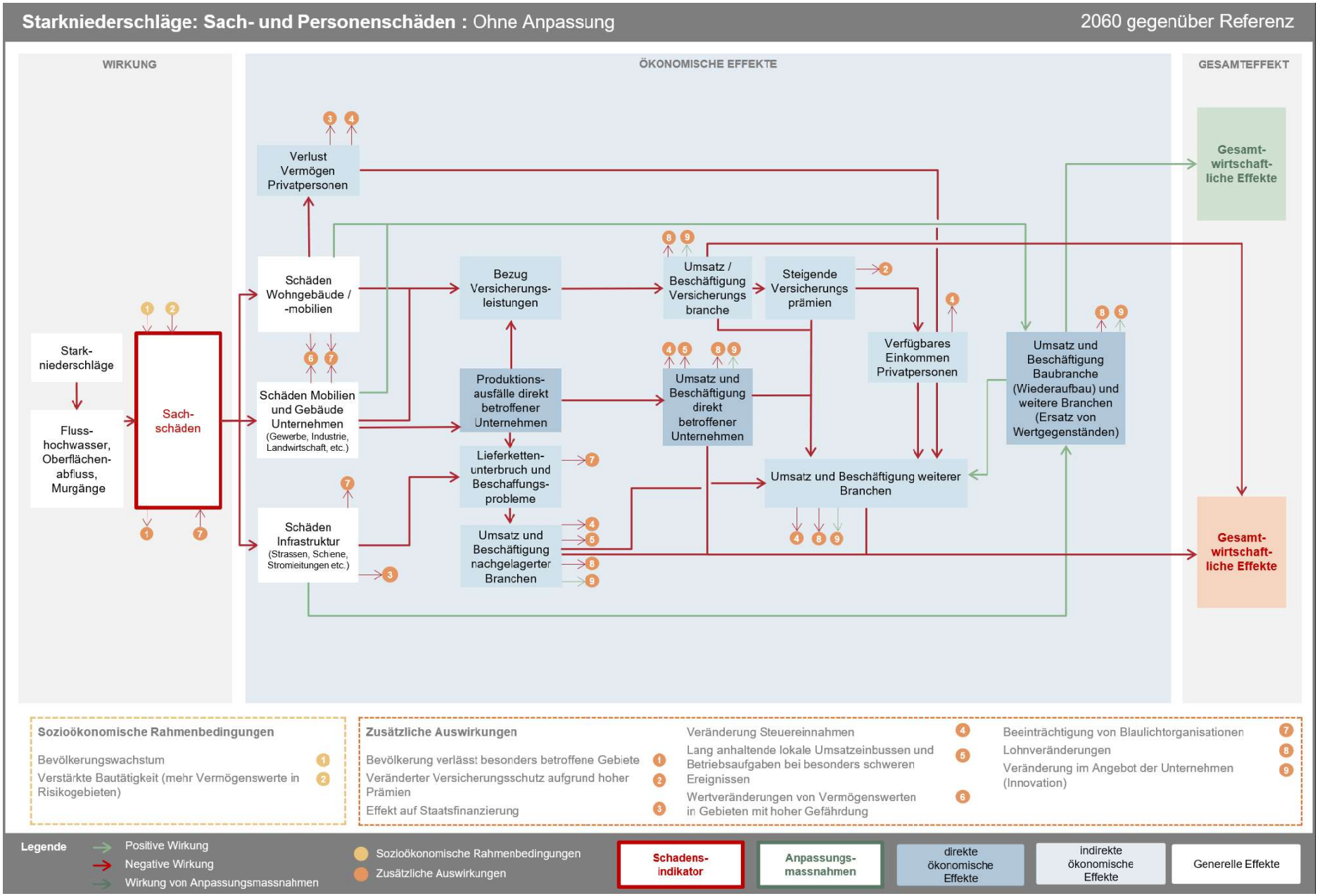


Abbildung 72 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Die Sachschäden im Zusammenhang mit den zunehmenden Starkniederschlägen haben diverse ökonomische Folgen. Sachschäden und der Verlust von Wohngebäuden und Mobilien von Privatpersonen werden sowohl von den Privatpersonen als auch von deren Gebäudeversicherungen getragen. Dies führt einerseits zu einem Vermögensverlust und andererseits zu steigenden Versicherungsprämien. Der Vermögensverlust von Privatpersonen wirkt sich über negative Einkommenseffekte auf den Umsatz und im Weiteren auf die Beschäftigung verschiedener Branchen aus. Die steigenden Versicherungsprämien wiederum reduzieren das verfügbare Einkommen von Privatpersonen. Das reduzierte, verfügbare Einkommen in Kombination mit dem negativen Einkommenseffekt wirkt sich im Weiteren auf andere Branchen aus.

Die Sachschäden bei Unternehmen, insofern sie nicht zu 100% versichert sind, können zudem zu Produktionsausfällen führen und so deren Umsätze und Beschäftigung reduzieren. Ausserdem können sich diese Produktionsausfälle auf nachgelagerte Unternehmen auswirken, die mit Lieferkettenunterbrüchen und Beschaffungsproblemen konfrontiert werden. Dies wird dadurch verstärkt, dass Starkniederschläge auch Infrastruktur wie Strassen oder Eisenbahninfrastruktur beschädigen können.

Die Versicherungsbranche ist mit der zunehmenden Auszahlung an Versicherungsleistungen zumindest kurzfristig mit einem sinkenden Umsatz konfrontiert, mittel- bis langfristig kann der Umsatz jedoch mit der Zunahme der abgeschlossenen Versicherungen steigen. In diesem Fall würde der höhere Umsatz über höhere Versicherungsprämien von Haushalten und Unternehmen refinanziert und unter anderem deswegen nicht in den gesamtwirtschaftlichen Effekten berücksichtigt.

Praxisbeispiel Hochwasser im Wallis

Schwere Hochwasser haben im Juli 2024 unter anderem in Siders im Wallis zu grossen Schäden geführt. Betroffen waren die beiden Aluminiumhersteller Novelis und Constellium. Die Produktionsanlagen sowie Lager wurden grossflächig überflutet. Das führte zu grossen Schäden für die beiden Firmen. Für Novelis bezifferte sich der Schaden schätzungsweise auf über 70 Millionen Franken. Sollte sich das Unternehmen nicht erholen, könnten bis zu 500 Arbeitsplätze verloren gehen.

Zusätzlich zu den Schäden bei den beiden Firmen hat sich dies auch auf Abnehmende ausgewirkt. Beispielsweise wurde für den Autohersteller Porsche, der Aluminiumlegierungen von Novelis bezieht, ein Produktionsverlust von bis zu 17'000 Fahrzeugen bis Ende des Jahres 2024 geschätzt. Ebenfalls betroffen war das Unternehmen Stadler Rail. Aufgrund fehlender Aluminiumprofile mussten 119 Angestellte in Kurzarbeit gehen, bis der Lieferengpass behoben werden konnte.

Quellen:
— Wallis: Industrie würde zweites Hochwasser nicht überleben (11.07.2024)
— Stillstand bei Zulieferer - Walliser Hochwasser wirkt sich auf Autohersteller Porsche aus - News - SRF (31.07.2024)
— Hochwasser im Wallis bringt Novelis hohen Schaden - News - SRF (16.08.2024)
— Stadler Rail: Zugbauer beantragt Kurzarbeit für 119 Mitarbeitende - News - SRF (11.10.2024)

Anderseits ergeben sich durch den Wiederaufbau der beschädigten Mobilien, Immobilien und Infrastruktur auch positive Wirkungen für das Baugewerbe und andere Branchen dank der zusätzlichen Aufträge, die sich wiederum auf nachgelagerte Branchen positiv auswirken.

Weitere Effekte sind unter anderem veränderte Steuereinnahmen, Effekte auf die Staatsfinanzen oder ein abnehmender Versicherungsschutz aufgrund der hohen Prämien oder weil Versicherungen nicht mehr bereit sind, gewisse Objekte überhaupt noch zu versichern.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt führen Starkniederschlage somit aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sowohl zu positiven wie auch negativen Effekten.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Haushalte mit geringen Einkommen oder ohne Rücklagen sind von Schäden an Immobilien und Hausrat möglicherweise besonders stark betroffen, da sie beispielsweise kaum Reserven für Reparaturen oder Ersatz

haben. Dies wird teilweise abgefedert, da kantonale Gebäudeversicherungen den privaten Objektschutz stark unterstützen. Zudem ist bei Haushalten mit geringen Einkommen die Deckung der Versicherung meist ebenfalls tiefer.

— Steigende Versicherungsprämien aufgrund der durch den Klimawandel verursachten Schäden, treffen einkommensschwache Haushalte überproportional. Denn diese müssen einen grösseren Anteil ihres Einkommens für Versicherungen aufwenden.

— Regionen, die stärker von Starkniederschlägen betroffen sind, verlieren an Attraktivität. Vor allem strukturschwache oder ländliche Regionen haben weniger Ressourcen für Prävention und Wiederaufbau. Produktionsausfälle in Unternehmen können Arbeitsplätze gefährden, insbesondere bei kleinen Betrieben mit geringen Reserven. Beschäftigte in prekären Arbeitsverhältnissen sind dabei am stärksten gefährdet.

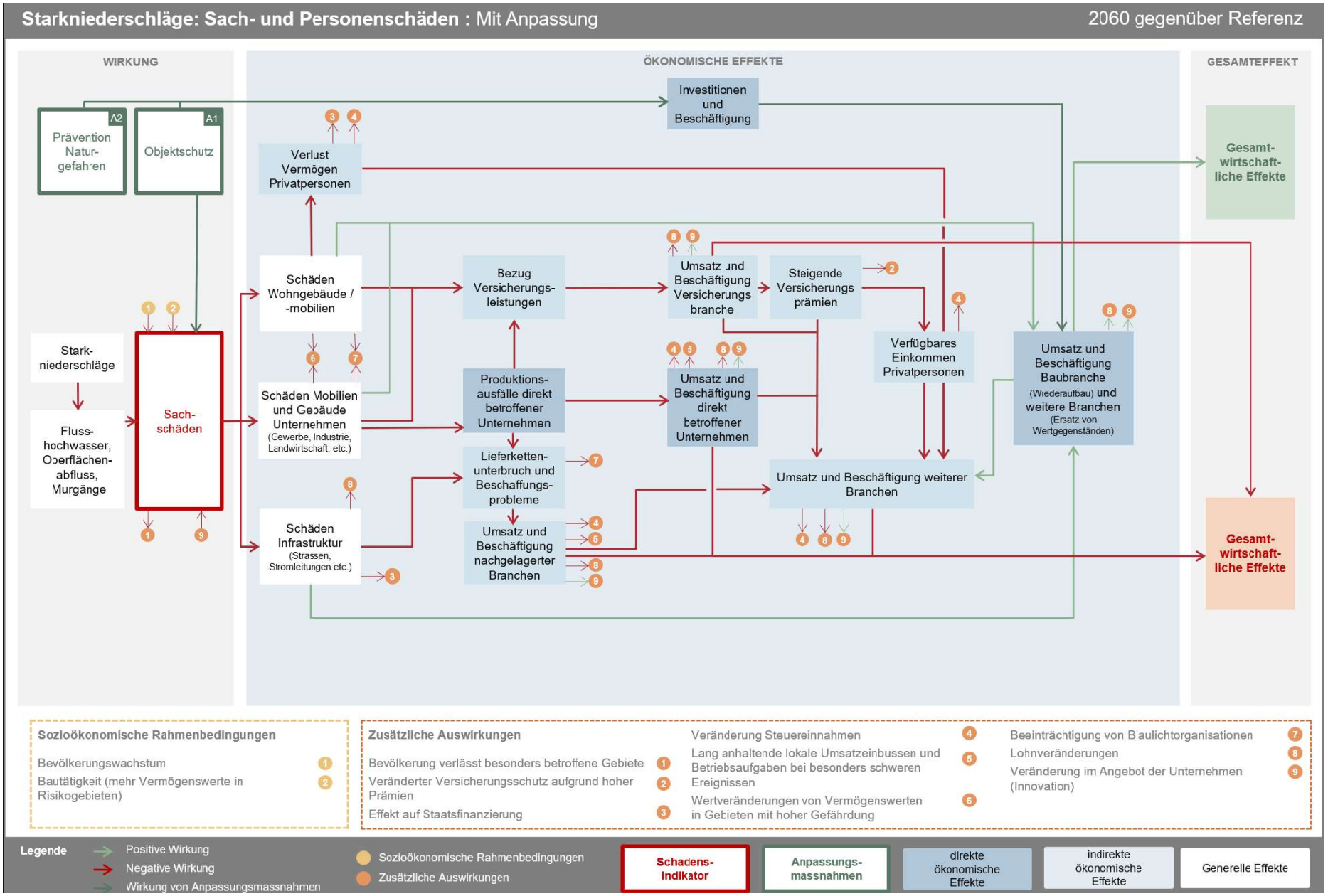


Abbildung 73 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Um die Effekte der zunehmenden Starkniederschläge zu mindern, können präventive Massnahmen getroffen werden. Diese beinhalten temporäre und permanente Objektschutzmassnahmen, die einerseits die entstehenden Sachschäden direkt reduziert und andererseits sie zu zusätzlichen Investitionen führen, von welchen insbesondere die Baubranche profitiert.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt führen die Anpassungsmassnahmen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu positiven Effekten.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit von Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Privater Objektschutz erfordert hohe Eigeninvestitionen: Wohlhabendere Haushalte können sich diesen Schutz eher leisten, während einkommensschwache Haushalte stärker gefährdet bleiben. Dies wird teilweise abgefedert, da kantonale Gebäudeversicherungen den privaten Objektschutz stark unterstützen.

— Steigende Abgaben oder Umlagen zur Finanzierung kommunaler Schutzmassnahmen können einkommensschwache Haushalte überproportional belasten.

— Öffentliche Investitionen in präventive Infrastruktur sind abhängig vom Finanzrahmen der Gemeinden. Solche mit geringerer Finanzkraft können seltener in umfassenden Schutz investieren.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Quantitative Analyse

Aufbereitung der wirtschaftlichen Impulse

Die ursprünglichen direkten Schäden und Anpassungskosten werden in wirtschaftliche Impulse übersetzt, so dass sie in der Modellierung zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen Effekte verwendet werden können.

Herleitung der wirtschaftlichen Impulse (Mio. CHF / Jahr)				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Ursprünglicher Effekt				
Schadenskosten	581	277	961	454
Anpassungskosten		156		193
Schlussendlich getragen von				
Öffentliche Hand	308	197	441	270
Privatwirtschaft	104	90	189	139
Haushalte	169	147	331	238
Wirtschaftliche Impulse IOT				
Schadensbehebung und Anpassung	581	433	961	647
Konsum- und Investitionsverzicht	-581	-433	-961	-647

Tabelle 82 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Sachschäden durch Starkniederschläge nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen

Durch Starkniederschläge werden Schäden durch Flusshochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge an Immobilien, Mobilien und Infrastruktur verursacht. Für die gesamtwirtschaftliche Modellierung wird davon ausgegangen, dass die Schäden wieder behoben werden müssen. Dies führt wiederum dazu, dass bestimmte Branchen einen positiven Impuls erhalten, beispielsweise die Baubranche.

Die Kosten, die für den Wiederaufbau entstehen, werden von der öffentlichen Hand, der Privatwirtschaft (insb. Versicherungen) und den Haushalten gemäss der Verteilung der direkten Schäden getragen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die jeweilige Gruppe Rückstellungen bildet, beziehungsweise auf Konsum verzichtet, um die Schadenskosten beziehungsweise den Wiederaufbau im Eintrittsfall von Flusshochwasser, Schäden durch Oberflächenabfluss oder Murgängen finanzieren zu können. Für die einzelnen Beteiligten bedeutet dies:[33]

— Öffentliche Hand: Die öffentliche Hand kann weniger konsumieren beziehungsweise investieren und kürzt somit die Ausgaben für andere Budgetposten, um die nötigen Schadenskosten im Eintrittsfall aufbringen zu können.
— Privatwirtschaft: Unternehmen bilden Rücklagen in Höhe der erwarteten Schadenskosten. Dadurch fallen andere Investitionstätigkeiten, und damit andere positive wirtschaftliche Impulse, weg.
— Haushalte: Haushalte verzichten auf Konsum von Konsumgütern.

Die Anpassungskosten stellen einerseits einen positiven Impuls dar, da verschiedene Branchen durch die kostenintensiven Massnahmen eine Umsatz- und Nachfragesteigerung erleben, insbesondere die Baubranche. Gleichzeitig müssen aber die Beteiligten diese finanzieren. Vergleichbar zu den Schadenskosten, werden die öffentliche Hand, Unternehmen und Haushalte auch hier Rücklagen bilden beziehungsweise wiederum auf Konsum und andere Investitionen verzichten, was sich negativ auf die Gesamtwirtschaft auswirkt.

Im Folgenden werden in Bezug auf die gesamtwirtschaftliche Modellierung folgende Impulse betrachtet:

— Schadensbehebung und Anpassung: Positive Impulse für die Baubranche
— Konsum- und Investitionsverzicht: Negative Impulse durch den Konsum- und Investitionsverzicht von der öffentlichen Hand, der Privatwirtschaft und privaten Haushalten in Höhe der zu erwartenden Schäden, beziehungsweise der Anpassungskosten.

Der Konsum- und Investitionsverzicht entspricht den Schadens- und Anpassungskosten und führt im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassungen zu einem negativen Impuls von 961 Mio. CHF pro Jahr. Mit Anpassung beträgt dieser noch 647 Mio. CHF pro Jahr.

Verwendete Datengrundlagen

Neben den generell für die gesamtwirtschaftliche Modellierung genutzten Grundlagen (Kapitel 3.5) werden keine zusätzliche Datengrundlagen verwendet. Die IO-Tabellen für die Modellierung werden dazu verwendet, die

[33] Hier sei auf beschrieben Limitation und Unsicherheiten der Modellierungen im Kapitel 3.5 hingewiesen, die diese Annahmen einordnen und begründen und auf die potenziellen langfristigen Auswirkungen auf das Wachstum hinweisen.

durch die Rückstellungen und Konsum von öffentlicher Hand und Unternehmen verringerten Investitionen auf die Branchen zu verteilen.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu berücksichtigen:

— Für die Modellierung wird für die Zuteilung der direkten Effekte bei den Wiederaufbau- und Anpassungskosten zu Immobilien und Infrastruktur die gleiche Branchenverteilung wie die durchschnittliche Verteilung der Branchen des IO-Modells unterstellt. Für Mobilien wird auf eine interne Datenbank aus einem vergleichbaren Projekt von EBP zurückgegriffen.
— Eine Umverteilung der Kosten von Privatwirtschaft und öffentlicher Hand wird im Gegensatz zu anderen Risiken nicht modelliert, da die Schäden über Rückstellungen ausgedrückt werden, die erst zukünftig im Eintrittsfall zum Tragen kommen würden.
— Es wird davon vereinfachend ausgegangen, dass die Kosten zur Beseitigung der Schäden den direkten Schadenskosten entsprechen.

Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte dargestellt. Dabei werden in einem ersten Schritt die Effekte der Schäden und der Anpassung betrachtet und anschliessend den Effekten des Konsumverzichts gegenübergestellt.

Schaden und Anpassung

Gesamtwirtschaftliche Effekte Schadensbeseitigung und Anpassung	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**529**	**394**	**874**	**589**
Direkt	208	155	343	231
Indirekt	321	239	531	358
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**3’595**	**2’685**	**5’945**	**4’005**
Direkt	1’555	1’160	2’565	1’730
Indirekt	2’040	1’525	3’380	2’275
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**42**	**31**	**69**	**47**

Tabelle 83 Jährliche gesamtwirtschaftliche Effekte von Schadensbeseitigung und Anpassung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung der Sachschäden durch Starkniederschläge. Quelle: eigene Berechnungen.

Die positiven Impulse ausgelöst durch die Ausgaben für Anpassungsmassnahmen und der Schadensbeseitigung führen zu gesamtwirtschaftlich positiven Wirkungen. Ohne Anpassung wird eine Zunahme der Bruttowertschöpfung von rund 529 Mio. CHF pro Jahr bis 874 Mio. CHF pro Jahr sowie eine Beschäftigung bis zu 5’945 VZÄ pro Jahr ausgelöst. Gleichzeitig werden Steuereinnahmen von 42 Mio. CHF pro Jahr bis über 69 Mio. CHF pro Jahr durch diese höhere Wertschöpfung generiert.

Mit Anpassung fallen die Wirkungen geringer aus, aber immer noch deutlich positiv aus. Grund dafür ist, dass weniger für die Schadensbeseitigung ausgegeben werden muss.

Konsum- und Investitionsverzicht

Gesamtwirtschaftliche Effekte Konsum- und Investitionsverzicht	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**-628**	**-458**	**-1’018**	**-676**
Direkt	-313	-224	-500	-329
Indirekt	-315	-234	-518	-347
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**-4’215**	**-3’070**	**-6’820**	**-4’520**
Direkt	-2’230	-1’595	-3’550	-2’330
Indirekt	-1’985	-1’475	-3’270	-2’190
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**-58**	**-42**	**-92**	**-61**

Tabelle 84 Sachschäden durch Starkniederschläge und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte durch Rückstellungen und Konsumverzicht nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte auf die öffentliche Hand, die Privatwirtschaft und die Haushalte sind stark negativ. Diese Effekte werden durch den Konsum- und Investitionsverzicht ausgelöst.

Die Bruttowertschöpfung nimmt beispielsweise bis zu 1’018 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassung ab und ist mit Anpassung immer noch bei 676 Mio. CHF pro Jahr. Auch die Beschäftigung ist stark betroffen und verringert sich um bis zu 6’820 VZÄ pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) ohne Anpassung. Damit einhergehend, gehen im gleichen Emissionsszenario (ohne Anpassung) auch Steuereinnahmen bis zu 92 Mio. CHF pro Jahr verloren.

Totale Gesamtwirtschaftliche Effekte

Gesamtwirtschaftliche Effekte Total (Schaden und Anpassung sowie Konsumverzicht)	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**-99**	**-64**	**-144**	**-87**
Direkt	-105	-69	-157	-98
Indirekt	6	6	13	10
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**-620**	**-385**	**-875**	**-515**
Direkt	-675	-435	-985	-600
Indirekt	55	50	110	85
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**-16**	**-10**	**-23**	**-14**

Tabelle 85 Sachschäden durch Starkniederschlägen und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen

Insgesamt überwiegen die negativen Auswirkungen durch den Konsum- und Investitionsverzicht. Grund dafür ist, dass ein höherer Anteil der positiven Impulse auf die Baubranche, die Wertschöpfung im Ausland und nicht im

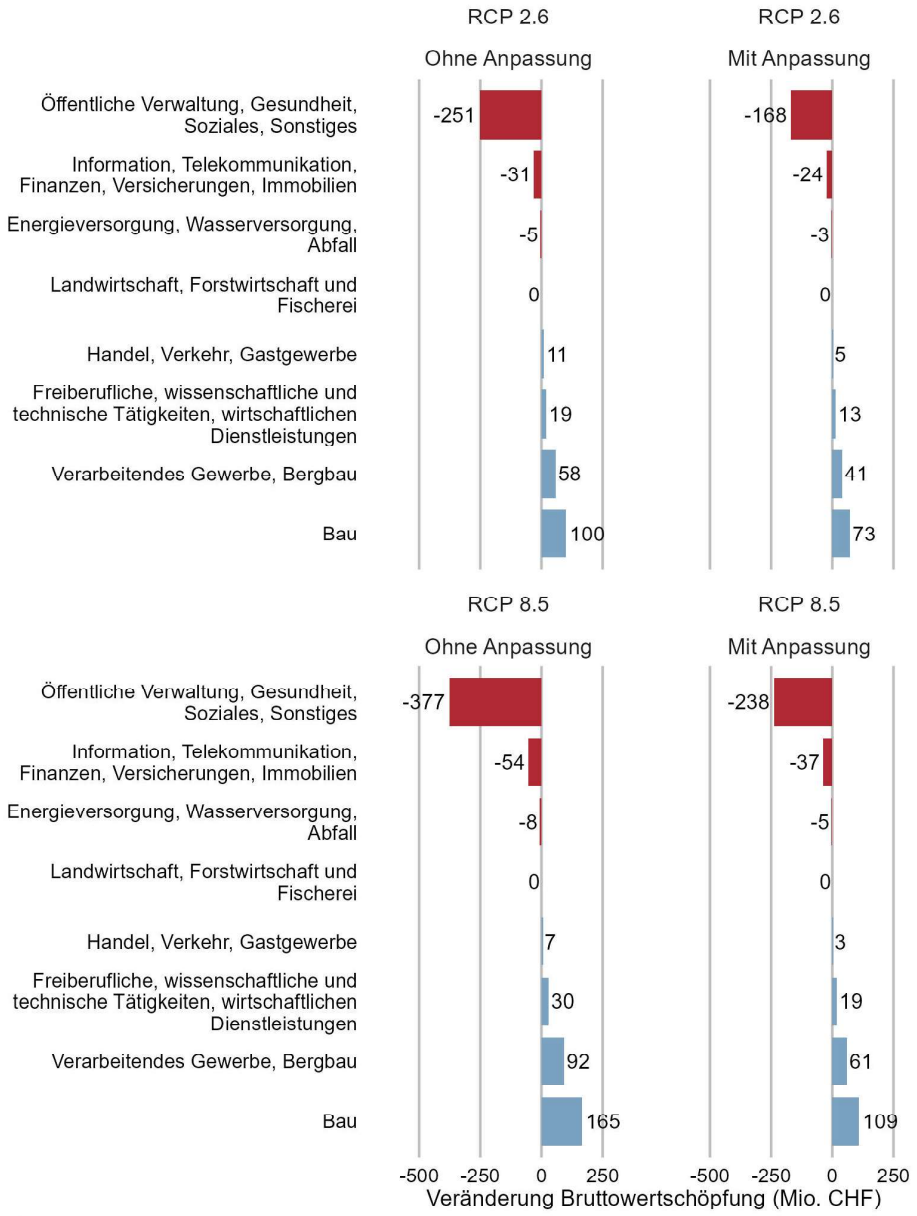
Inland betrifft. Die negativen Auswirkungen führen ohne Anpassung zu einem Wertschöpfungsverlust je nach Emissionsszenario von 99 Mio. CHF pro Jahr bis zu 144 Mio. CHF pro Jahr und einem Rückgang der Beschäftigung von 620 bis 875 VZÄ pro Jahr.

Mit Anpassung lassen sich die negativen Wirkungen reduzieren, allerdings nicht ganz aufheben, und auch die Steuereinnahmen sind zwar höher mit Anpassungsmassnahmen aufgrund der erhöhten Wirtschaftsaktivitäten, bleiben aber insgesamt negativ.

Auffällig sind die stärkeren positiven indirekten Effekte, Einkommens-, Investitions- und Vorleistungseffekt, im Fall von Schadensbeseitigung und Ausgaben für Anpassungsmassnahmen. Voraussichtlich werden bei den Anpassungsmassnahmen eher die inländischen nach- und vorgelagerten Wirtschaftsbranchen betroffen sein (und nicht das Ausland).

Auswirkungen auf Branchen

Die folgende Grafik zeigt die Auswirkungen der gesamten Bruttowertschöpfung auf die verschiedenen Branchen.



Quelle: EBP

Abbildung 74 Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche, Emissionsszenario mit und ohne Anpassung aufgrund Sachschäden durch Starkniederschläge. Quelle: eigene Berechnungen.

Aufgeschlüsselt nach Branchen zeigt sich, dass durch die Branchenverflechtungen in der Volkswirtschaft alle Branchen von den Starkniederschlägen, direkt oder indirekt, betroffen sind. Dabei erleiden (zusammengenommen) insbesondere Branchen wie die *öffentliche Verwaltung*, *Gesundheit und Soziales* hohe Verluste, gefolgt von *Information, Telekommunikation und Finanzen*. Grund dafür ist insbesondere der durch die Rückstellung bedingte starke Rückgang staatlichen Konsums und Investitionen. Für einige Branchen ergeben sich jedoch auch positive wirtschaftliche Effekte. Insbesondere das verarbeitende Gewerbe sowie das Baugewerbe verzeichnen eine Zunahme der Bruttowertschöpfung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass

durch Klimaschäden zusätzliche Nachfrage nach Reparatur- und Wiederaufbauleistungen entsteht. Hinzu kommen Investitionen in Anpassungsmassnahmen, etwa in bauliche Schutzmassnahmen oder Infrastrukturverbesserungen, die zusätzliche Produktions- und Investitionstätigkeit in diesen Sektoren auslösen können.

Verteilungseffekte

Alle Haushalte können von den Schäden und Anpassungskosten betroffen sein. Beispielsweise durch höhere Anpassungskosten, höheren Prämienkosten für Gebäudeversicherungen oder einer Überwälzung der Kosten von Vermietenden auf Mietende. Aus diesem Grund bilden die Haushalte Rückstellungen und es kommt zu Konsumverzicht. Daher wird von einer Gleichverteilung der Kosten von 20 % auf jedes Einkommensquintil ausgegangen. Dennoch sind Haushalte mit geringerem Einkommen, von den für jedes Einkommensquintil gleich hoch angenommen Kosten, anteilsmässig überproportional betroffen.

4.7.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Analyse von Klimaauswirkungen auf weitere Funktionen und Ökosystemleistungen: Der vorliegende Bericht fokussiert auf Schäden an Objekten. Zusätzlich sind weitere Funktionen wie das Abwassersystem oder die Wasserversorgung als auch weitere Ökosystemleistungen betroffen. Die Auswirkungen auf diese Systeme sind für die Beteiligten zentral und legen die Grundlage für die Entwicklung von konkreten Anpassungsmassnahmen der Beteiligten.

— Detaillierte Analysen für besonders betroffene Regionen: Auswirkungen auf Starkniederschläge sind stark abhängig von den lokalen Gegebenheiten. Konkrete Analysen für besonders betroffene Regionen, insbesondere in den Alpentälern, können konkrete Hinweise auf die Gefährdung und möglicher Anpassungsmassnahmen geben.

— Kostenanalyse auf kommunaler Ebene: Als Grundlage für die Massnahmenentwicklung auf kommunaler Ebene sind konkrete Kostenangaben, insbesondere für Anpassungsmassnahmen relevant. Diese können für die Auswahl der umzusetzenden Massnahmen unterstützen. Für genaue Kostenschätzungen einer Gemeinde sind zusätzlich lokale Parameter zu berücksichtigen.

— Analyse der langfristigen Auswirkungen auf das wirtschaftliche Wachstum: Verluste durch Starkniederschläge können das langfristige wirtschaftliche Wachstum reduzieren, welches mit der vorliegenden Modellierung nicht genau abgebildet werden kann.

4.8 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse

Sturm- und Hagelereignisse gehören zu den wetterbedingten Naturgefahren, die in der Schweiz regelmässig erhebliche Sachschäden verursachen. Dächer, Fassaden, Fahrzeuge und landwirtschaftliche Kulturen sind besonders gefährdet. Während Stürme durch starke Windböen Gebäude beschädigen und Bäume entwurzeln können, führen Hagelschläge häufig zu Gebäudeschaden an verletzlichen Bauelementen wie Lamellenstoren, Fassaden, Dachdeckung, Kunststoffen (aufgrund von Alterung), PV-Anlagen, Fahrzeugen und landwirtschaftlichen Erträgen.

Durch den Klimawandel könnten sich Intensität und Häufigkeit dieser Extremereignisse weiter erhöhen, wobei festzuhalten ist, dass die CH2018 Klimaszenarien keine statistisch signifikanten Änderungsszenarien für Sturm und Hagel beinhalten. Höhere Temperaturen führen zu einer verstärkten Energiezufuhr in der Atmosphäre, was wiederum das Potenzial für schwere Gewitter mit Hagelbildung und Sturm verstärkt. In der Vergangenheit traten solche Ereignisse oft lokal begrenzt auf, doch moderne Klimamodelle deuten darauf hin, dass sich das Risikoprofil in Zukunft ändern könnte. Besonders dicht besiedelte Gebiete und wirtschaftlich bedeutende Regionen sind von diesen Entwicklungen betroffen, was potenziell steigende Schadenssummen nach sich zieht.

Bereits ohne Einfluss des Klimawandels auf Intensität und Häufigkeit von Sturm- und Hagelereignissen ist abzusehen, dass Kosten von Sturm- und Hagelschäden zunehmen. Gründe hierfür sind das Wachstum der exponierten Vermögenswerte in der Schweiz, sowie eine veränderte Bauweise (Architektur, Energieeffizienz, Energiegewinnung durch PV-Anlagen). Treten durch den Klimawandel vermehrt lokale oder regionale Extremereignisse auf, erhöhen sich die potenziellen Schadenskosten weiter und machen frühzeitige Anpassung gegen Sturm- und Hagelschäden wirtschaftlich sinnvoll.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen von Sturm- und Hagelereignissen auf Sachschäden, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

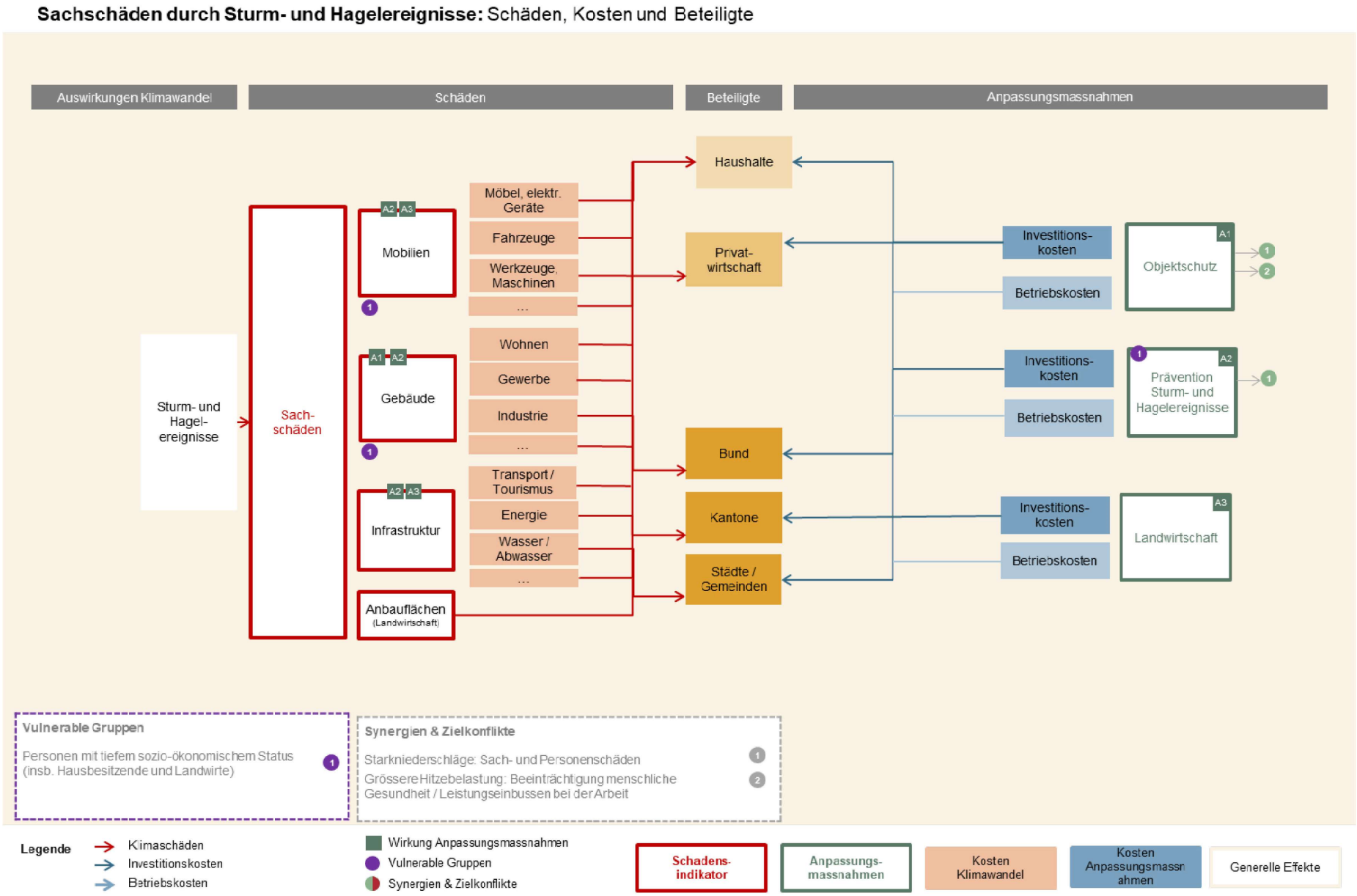


Abbildung 75 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen. Die kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV) sind bei Kantonen integriert und die Versicherungen bei der Privatwirtschaft. Quelle: eigene Darstellung.

4.8.1 Auswirkungen des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Für die Modellierung von Sturmschäden werden historische Schäden als Basis herangezogen. Um den Einfluss des Klimawandels zu modellieren, werden Intensitäten und Häufigkeiten von Stürmen aus den Emissionsszenarien Euro-CORDEX (2024) abgeleitet[34] und beispielhafte Sturmereignisse mittels CLIMADA modelliert. Diese Daten eignen sich in erster Linie zur Ableitung grossskaliger Änderungen von Windintensitäten. Die Aussagekraft für Extremereignisse ist aufgrund modellbedingter Limitationen eingeschränkt.

Zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Berichts ist der Einfluss des Klimawandels auf Häufigkeit und Intensitäten von Hagelereignissen noch nicht robust bestimmbar. Die robusteste Schweizer Langzeit-Evidenz spricht für eine Zunahme hagelbegünstigender Bedingungen und der rekonstruierten Häufigkeit von Hageltagen seit den 1950er Jahren. Eine Studie modelliert die Zunahmen von Hageltagen im Vergleich 1960–1989 zu 1990–2019. Die Ergebnisse zeigen eine Steigerung von 45 % im Norden und 48 % im Süden, also um rund 7.5–7.9 % pro Jahrzehnt. Die Autoren führen diesen Trend primär auf mehr Feuchte und mehr Instabilität zurück (Wilhelm L., et al., 2024). Änderungssignale sind in den verschiedenen Klimamodellen noch relativ schwach. Jüngste Studien für die Schweiz zeigen jedoch, dass die Hagelhäufigkeit und -grösse mit andauernder globaler Erwärmung insbesondere nördlich der Alpen künftig deutlich zunehmen könnten (MeteoSchweiz & ETH Zürich, 2025). Aus diesem Grund wird für Hagel zum einen auf die bestehende Hagelklimatologie (Meteo Schweiz, 2024c) zurückgegriffen und diese in die Zukunft fortgeschrieben, also gleiche geographische Verteilungen von Häufigkeiten und Intensitäten angenommen. Weiterhin wird auf Basis von (Thurnherr, I. et al., 2025) ein Klimaänderungssignal ermittelt. Dies ermöglicht, unter Annahme einer eher wachsenden Hagelgefährdung, einen unteren Wert für die Schäden anzugeben.

Dachgebundene Photovoltaikanlagen sind aufgrund des kontinuierlichen Ausbaus ein Treiber für die Entwicklung künftiger Kosten durch Hagelschäden. Hierzu wurde das Ausbaupotential pro Kanton berücksichtigt. Generell sind jedoch alle Teile der Gebäudehülle gegenüber Hagel exponiert. Der Hagelwiderstand handelsüblicher PV-Anlagen ist höher als von zahlreichen anderen Bauteilen der Gebäudehülle. PV wird als beispielhafte Gebäudekomponente im weiteren Bericht betrachtet, sollte jedoch nicht alleinig im Fokus von Kostenberechnungen und Anpassungsmassnahmen stehen.

In die Modellierung der Kosten gehen die Exposition zu Sturm und Hagel ein, sowie die jeweilige Vulnerabilität gegen diese Klimagefahren.

— Exposition: Die räumliche Verteilung der Werte von Gebäuden, Fahrzeugen und PV-Anlagen-Potential, die betroffen sein können. Die Exposition wird für Sturm und Hagel jeweils auf kantonaler Ebene betrachtet und für diesen Ergebnisbericht auf die gesamte Schweiz aggregiert.

[34] CH2018 selbst beinhaltet jedoch keine belastbaren Szenarien für Hagel und Sturm.

— Vulnerabilität: Die Vulnerabilität beschreibt im Sinne des IPCC die Anfälligkeit von Gebäuden, Fahrzeugen und Infrastrukturen, durch klimabedingte Ereignisse nachteilig beeinflusst zu werden. Sie umfasst insbesondere die Sensitivität gegenüber Sturm und Hagel sowie die Fähigkeit, mit Sturm- und Hagelereignissen umzugehen und sich an verändernde Dynamiken anzupassen. Durch Simulation zahlreicher möglicher Sturm- und Hagelereignisse und den Vergleich zu historischen Schäden ist es möglich, diese Vulnerabilitäten auf Ebene der Objektkategorien für historische Ereignisse zu modellieren und für künftig mögliche Ereignisse fortzuschreiben.

Durch die Anwendung der Vulnerabilitäten auf die Exposition in einem Kanton wird schliesslich das Schadenspotential in diesem Kanton berechnet.

Auswirkungsindikatoren

Zusammenfassend werden die folgenden Klimarisiken bewertet:

— Sachschäden durch Sturm auf Immobilien, Mobilien und Infrastruktur in Mio. CHF/Jahr

— Sachschäden durch Hagel auf Immobilien, Mobilien, Infrastruktur und Landwirtschaft in Mio. CHF/Jahr

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Erhöhtes Schadenspotential durch Bäume, die durch vermehrten Trockenstress oder Schädlingsbefall anfälliger für Windbruch werden: Dies wird nicht berücksichtigt, da das grösste Schadenspotential in Wäldern auftritt, also abseits der hier untersuchten Objekte.

— Zudem sehen viele Strategien vor, dass zukünftig mehr Bäume in den Städten vorhanden sein werden. Damit steigt auch die Gefahr für Sturmschäden durch Bäume an. Dies wird aufgrund der unsicheren Entwicklung in Bezug auf die künftige Stadtbegrünung nicht berücksichtigt.

— Schadenspotential für Freiflächen-Solaranlagen: Um den möglichen Zubau von PV-Anlagen abzuschätzen, wird einerseits die mögliche solare Ausbeute am Standort und andererseits die alternativ bevorzugte Nutzung der Fläche am Standort benötigt. Die solare Ausbeute ist gut abschätzbar und durch den Klimawandel nur geringfügig beeinflusst. Während alternative Nutzungen für Dachflächen kaum existieren, stehen Freiflächenanlagen stets im Wettbewerb zu landwirtschaftlicher oder sonstiger alternativer Nutzung. Daher steht das Zubaupotential für dachgebundene PV-Anlagen im Fokus dieser Analyse.

Pro Emissionsszenario werden jeweils der Medianwert, sowie das 10. (unteres) Perzentil und 90. (oberes) Perzentil aufgeführt.

Abweichungen der Systemgrenzen

Folgende Aspekte weichen von der übergeordneten Systemgrenze ab:

— Hagel: Keine Betrachtung von Emissionsszenarien aufgrund der zum Erstellzeitpunkt nicht robust vorhandenen Klimamodelle für Hagel

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— CH2018 Klimamodelle (CH2018, 2018): Winddaten

— Meteo Schweiz (Meteo Schweiz, 2024c): Historische Hagelverteilung

— Ereignisanalyse (VKG, 2021): Die Sommerunwetter 2021 in der Schweiz.

— Gebäude- und Wohnungsregister (GWR, BFS, 2025b): Verteilung von Gebäuden

— Interkantonaler Rückversicherungsverband (IKV, 2025): Aggregierte Elementarschäden an Gebäuden für Wind und Hagel (2005–2024)

Sozioökonomische Daten

Es werden keine neuen Bauzonen für die Berechnung der Exposition angenommen, um Klimasignale und Anpassungswirkungen nicht mit Expositionsverschiebungen (Neueinzonungen) zu vermischen. Dies ist plausibel und konsistent mit der Schweizer Planungsausrichtung *Innenentwicklung vor Aussenentwicklung* (RPG-Revision 2013), wonach Neuzuteilungen nur unter strengen Voraussetzungen möglich sind. In der Praxis findet heute ein grosser Teil des Wachstums als Nachverdichtung innerhalb bestehender Bauzonen statt.

Bevölkerungswachstum wird explizit aus der Modellierung ausgeschlossen, um den Nettoeffekt des Klimawandels aufzeigen zu können. Dies würde auch eine Situation gut beschreiben, in denen Bevölkerungswachstum lediglich zu Nachverdichtung, jedoch nicht zu einer Ausweitung der bestehenden bebauten Fläche führt und damit keine räumliche Ausweitung der Exposition bewirkt.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Schadensdaten Hagel: Zum Zeitpunkt der Analysen existiert kein schweizweites Register von Schäden durch Hagelereignisse, wodurch grosse Unsicherheiten in der lokalen Verteilung der Auswirkungen bestehen. Weiterhin sind Hagelstürme äusserst lokal auftretende Phänomene, die nicht immer durch verlässliche Messungen erfasst werden.

— Heterogene und dynamische Vulnerabilitäten: Gebäudealter, Material, Dachformen, PV/Gründach-Anteil, Fahrzeugdichte, Netzgüter (Leitungslängen) ändern sich zeitlich und die kantonalen Register sind unterscheiden sich stark. Daher können diese Dynamiken nicht in der Analyse berücksichtigt werden.

— Übertragbarkeit und Sättigungseffekte der Vulnerabilitätsfunktionen: Schaden-Höhen-Kurven sind oft aus anderen Regionen oder Ereignissen abgeleitet. Die Übertragbarkeit auf schweizerische Bauweisen und Deckmaterialien ist daher begrenzt und reduziert die Aussagekraft. Ausserdem sind Kaskadeneffekte, wie zum Beispiel Folgeschäden nach Erstdefekt, selten explizit enthalten.

— Kopplung Wind–Hagel–Starkregen (*compound events*): Schäden entstehen häufig aus Mehrgefahren-Kombinationen, beispielsweise Hagel und Starkregen. Die hier angewandten Single-Hazard-Modelle unterschätzen solche Mehrgefahren-Risiken.

— Indirekte und sekundäre Schäden: Betriebsunterbrüche, Lieferketten, Verkehrsbehinderungen und Gesundheitsfolgen sind in der Modellierung der Auswirkungen nicht berücksichtigt.

— Versichertenfokus und Meldeverhalten: Versicherungsdaten decken vor allem versicherte Schäden ab und dadurch sind Nichtversicherte Aspekte unterrepräsentiert. Meldeanreize variieren nach Ereignisschwere, Tarifstruktur und Medienaufmerksamkeit. Diese Effekte werden in dieser Analyse nicht berücksichtigt.

— Limitierte Daten über historische Schadenshöhen von Ereignissen. Insbesondere sind Kenntnisse über die räumliche Auflösung von Ereignissen und deren Auswirkungen limitiert.

— Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts sind in den Modellierungen keine Kostensteigerungen integriert.

Ergebnisse
Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Sachschäden durch Sturm und Hagel berücksichtigen bereits die potenziellen Kosten. Die Ergebnisse sind daher im Kapitel 4.8.3 integriert.

Vulnerable Gruppen
Für dieses Risiko sind insbesondere folgende vulnerable Gruppen zu berücksichtigen:

Personen mit tiefem, sozioökonomischem Status

— Wirtschaftlich benachteiligte Bevölkerungsgruppen sind überproportional von klimabedingten Schäden betroffen. Dies ist insbesondere auf eine geringere Anpassungs- und Bewältigungskapazität, eingeschränkten Zugang zu finanziellen Absicherungsmechanismen sowie höhere relative Vermögensverluste zurückzuführen. Materielle Schäden können dabei sowohl zu erheblichen finanziellen Belastungen als auch zu psychischen Beeinträchtigungen führen, wobei letztere durch bestehende soziale und ökonomische Vulnerabilitäten zusätzlich verstärkt werden. Obwohl für die Schweiz keine spezifischen Studien zur wirtschaftlichen Betroffenheit vulnerabler Gruppen vorliegen, zeigen Erfahrungen aus europäischen Ländern, dass diese Gruppen unzureichend in den Katastrophenschutz eingebunden werden und ihnen oft die Mittel für präventive Massnahmen fehlen. Daraus resultieren ein höheres Risiko für Sach- und Personenschäden sowie grössere Schwierigkeiten, sich von den Folgen extremer Wetterereignisse zu erholen (Seebauer et al., 2021).

4.8.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Objektschutz	Temporäre Objektschutzmassnahmen an Gebäuden (z.B. Storen hochfahren, Abdichtung) (A)
		Permanente Objektschutzmassnahmen an Gebäuden (A)
A2	Prävention Sturm- und Hagelereignisse	Weiterführung der Forschung und des Monitorings der Sturm- und Hagelereignisse (G)
		Integration der Naturgefahren innerhalb der SIA-Normierung[35] (G)

[35] Hagel und Sturm sind bereits wesentliche Bestandteile der SIA-Normen für Einwirkungen auf Bauwerke, insbesondere SIA-Norm 261/1. Z.B. muss die Gebäudehülle von normalen Wohn- und Gewerbegebäuden (Bauwerksklasse I) so widerstandsfähig sein, dass sie Hagelkörner bis zu einer bestimmten Grösse (oft 3 cm) ohne Beschädigung übersteht (Schutz vor Naturgefahren, 2020).

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A2	Prävention Sturm- und Hagelereignisse	Integration Klimawandel in Notfallkonzepte und -planungen (G)
		Informations- und Sensibilisierungsaktionen für Sturm- und Hagelereignisse für verschiedene Beteiligte (G)
		Information und Sensibilisierung durch die KGV (G)
A3	Schutz der Landwirtschaft	Schutzbauten (Hagelnetze, Überdachungssysteme) (A)
		Hagel- und Sturmversicherungen (A)

Tabelle 86 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3). Insbesondere zu beachten ist der zusätzliche Reiter zu detaillierten Vorschlägen für Massnahmen in Bezug auf klimaangepasste Gebäude.

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen. Alternative Vorgehensweisen werden ausführlicher im technischen Bericht beschrieben.

- Um Schäden aus starken Sturm- und Hagelereignissen vorzubeugen, könnten sich Eigentümer für eine vollständige Versiegelung von Aussenbereichen und für harte Dach- und Fassadenlösungen entscheiden. Hierdurch würden Immobilien und Infrastruktur mechanisch robuster, jedoch würde bei Starkregen mehr Oberflächenabfluss erfolgen. Neben hieraus resultierenden Sachschäden hätte dies durch verstärkten Eintrag von Schmutzwasser auch negative Folgen für natürliche Gewässer haben. Dies ist bei der Massnahmenplanung entsprechend zu berücksichtigen.
- Eigentümerinnen und Eigentürmer könnten auf Gründächer oder Stadtgrün aus Sorge heraus verzichten, dass diese bei Sturm oder Hagel beeinträchtigt würden oder dass Dritte durch sich lösende Teile geschädigt würden. Hierdurch gingen Kühlung, Retention, Luftreinigung und andere Vorteile zur Hitzeminderung und Reduktion von Auswirkungen von Starkniederschlägen verloren.
- Als Teil der Notfallkonzepte können Sturm- und Hagelereignisse zu pauschalen Baumfällungen im Siedlungsraum führen. Dies würde akut das Astbruch- und Windwurfrisiko senken, jedoch Hitze und Starkregenrisiken erhöhen. Zusätzlich reduziert dies die Luftqualität und die Biodiversität.
- Nach Windwurf könnte im Rahmen der Notfallmassnahmen ein flächiger Bergungs-Holzeinschlag, erfolgen. Eine schnelle Beräumung kann jedoch Biodiversität, Totholzfunktionen und Regeneration beeinträchtigen. Bodenschäden und in der Folge erhöhte Anfälligkeit für Bodenerosion und Murgänge wären möglich und würde bei Starkniederschlägen zu höheren Schäden führen.
- Als Reaktion auf Sturm- oder Hagelereignisse könnten überdimensionierte, materialintensive Lösungen ohne Lebenszyklusblick zum Einsatz kommen. Dies kann hohe Umwelt- und CO_2-Auswirkungen zur Folge haben, mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf den Klimaschutz. Naturbasierte Lösungen sollten gegenüber technischen Lösungen im Sinne des Klimaschutzes bevorzugt eingesetzt werden.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung
In diesem Abschnitt wird jeweils die Überführung der Auswirkungen von Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel in wirtschaftliche Effekte erläutert. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Sachschäden durch Sturm und Hagel berücksichtigen bereits die potenziellen wirtschaftlichen Verluste. Die Ergebnisse sind daher im Kapitel 4.8.3 integriert.

4.8.3 Kosten des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung
Die Berechnung der Kosten sind weiter oben im Kapitel 4.8.1 beschrieben und beinhalten die Sachschäden durch Sturm und Hagel.

Berechnung Schadenskosten

Im Rahmen der Quantifizierung der Kosten von Anpassungsmassnahmen wird ein Massnahmen-Mix von Objektschutzmassnahmen herangezogen, welcher im technischen Bericht näher spezifiziert ist.

Berechnung Anpassungskosten

Ergebnisse
Aus der Modellierung und der Berechnung ergeben sich folgende jährliche Schadenskosten.

Schadenskosten

		Schadenskosten (Mio. CHF/Jahr) [unteres und oberes Perzentil]			
Schadensindikator	**Szenario**	Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total
Sachschäden durch Sturm	Referenz	68 [48; 109]	6.8 [4.1; 10.2]	6.8 [3.4; 13.6]	82 [112; 264]
	RCP 2.6	72 [50; 115]	7.2 [4.3; 10.8]	7.2 [3.6; 14.4]	86 [118; 277]
	RCP 4.5	78 [55; 125]	7.8 [4.7; 11.7]	7.8 [3.9; 15.6]	94 [129; 303]
	RCP 8.5	85 [60; 136]	8.5 [5.1; 12.8]	8.5 [4.3; 17.0]	102 [141; 330]
Sachschäden durch Hagel	Referenz	93 [65; 149]	200 [120; 300]	19 [9; 37]	312 [194; 486]
	RCP 2.6	105 [74; 168]	227 [136; 340]	21 [11; 42]	353 [220; 551]
	RCP 4.5	119 [83; 190]	255 [153; 383]	24 [12; 47]	398 [248; 621]
	RCP 8.5	135 [94; 215]	288 [173; 433]	27 [14; 54]	450 [281; 702]

Tabelle 87 Jährliche Schadenskosten von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse für die Referenzperiode und 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Hagel liegt im langjährigen Vergleich im gleichen Grössenbereich wie Sturm und ist in Extremjahren dominierend.

Die folgende Tabelle zeigt die Aufteilung der Schadenskosten der Schadensindikatoren auf die Beteiligten.

Schadensindikator	Verteilung der Schadenskosten (in Klammern GUSTAVO-Kantone) Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Sachschäden durch Sturm und Hagel auf Immobilien	5 %	80 % (5 %)	5 %	5 % (70 %)	5 % (15 %)
Sachschäden durch Sturm und Hagel auf Mobilien	5 %	5 %	5 %	25 %	60 %
Sachschäden durch Sturm und Hagel auf Infrastruktur	45 %	35 %	15 %	5 %	0 %

Tabelle 88 Verteilung der Schadenskosten von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die KGVs übernehmen bei Sturm und Hagel den überwiegenden Anteil der Schadenskosten an Immobilien. Haushalte leisten zwar Prämien, diese sind jedoch nicht risikobasiert und daher nicht direkt proportional zu den individuellen Schadenskosten. Steigen jedoch die durchschnittlichen Schadenskosten, so ist davon auszugehen, dass die Versicherungen die Prämien entsprechend erhöhen. Dieser Umstand wird in der Kostenverteilung berücksichtigt und resultiert in einer hohen Attribution der Schadenskosten auf die Kantone. In GUSTAVO-Kantonen (GE, UR, SZ, TI, AI, VS, OW) ohne KGV-Monopol ist eine privatlastigere Verteilung plausibel.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabelle zeigt die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtkosten der Anpassungsmassnahmen.

Schadens-indikator	Szenario	Anpassungskosten (Mio. CHF / Jahr) Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total
Sachschäden durch Sturm	RCP 2.6	5.8	0.6	0.6	7.0
	RCP 4.5	11.6	1.2	1.2	14.0
	RCP 8.5	28.9	2.9	2.9	34.7
Sachschäden durch Hagel	RCP 2.6	28.0	69.0	5.2	102
	RCP 4.5	34.0	75.0	6.7	116
	RCP 8.5	38.6	82.7	7.7	129

Tabelle 89 Jährliche Anpassungskosten gegen Sturm und Hagelschäden mit Anpassung nach Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Anpassungskosten auf die jeweiligen Beteiligten.

Schadensindikator	Verteilung der Anpassungskosten (In Klammern: GUSTAVO-Kantone) Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privatwirtschaft	Haushalte
Sachschäden durch Sturm und Hagel auf Immobilien	3 %	7 % (2 %)	10 % (5 %)	35 % (40 %)	45 % (50 %)
Sachschäden durch Sturm und Hagel auf Mobilien	1 %	1 %	3 % (1 %)	30 % (32 %)	65 %
Sachschäden durch Sturm und Hagel auf Infrastruktur	30 %	25 %	15 %	28 %	2 %

Tabelle 90 Verteilung der Anpassungskosten gegen Sachschäden durch Sturm und Hagelschäden auf die Beteiligte. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Angaben unterliegen folgenden Annahmen:

— Immobilien: Der Objektschutz liegt in der Eigenverantwortung der Eigentümer, unterstützt durch Wegleitungen und Präventionsprogramme der KGV und Behörden. Öffentliche Beiträge sind nur punktuell über Förderungen und Auflagen im Baubewilligungsverfahren berücksichtigt.

— Mobilien: Die Anpassung ist überwiegend privat durch die Haushalte und Privatwirtschaft getragen. Versicherer setzen auf Anreize und finanzieren in der Regel keine baulichen Anpassungen. Die öffentliche Hand finanziert nur selten gezielte Mobilien-Schutzinfrastruktur.

— Infrastruktur: Die Nationalstrassen und die Eisenbahninfrastruktur werden vom Bund finanziert. Kantonale und kommunale Werke und Strassen werden überwiegend lokal finanziert. Energie- und Telekominfrastrukturen finanzieren die Unternehmen im Regulierungsrahmen grösstenteils selber.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Durch die Anpassungsmassnahmen können die Sachschäden deutlich reduziert werden.

Schadensindikator	Szenario	Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [unteres und oberes Perzentil] Immobilien	Mobilien	Infrastruktur	Total	Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung
Schäden durch Sturm	RCP 2.6	4.3 [2.8; 5.8]	0.4 [0.3; 0.5]	0.4 [0.3; 0.5]	5.2 [3.4; 7.0]	- 94 %
	RCP 4.5	9.4 [5.9; 12.9]	0.9 [0.6; 1.2]	0.9 [0.6; 1.2]	11.3 [7.1; 15.5]	- 88 %
	RCP 8.5	25.4 [14.7; 36.1]	2.5 [1.5; 3.6]	2.5 [1.5; 3.6]	30.5 [17.7; 43.3]	- 70 %
Schäden durch Hagel	RCP 2.6	11 [6; 17]	24 [12; 35]	2 [1; 4]	37 [19; 56]	- 64 %
	RCP 4.5	13 [7: 19]	27 [14; 39]	3 [1; 5]	42 [22; 63]	- 64 %
	RCP 8.5	14 [8; 22]	31 [15; 44]	3 [1; 5]	48 [25; 71]	- 64 %

Tabelle 91 Jährliche Schadenskosten gegen Sachschäden durch Sturm- und Hagelrisiko mit Anpassung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Der Massnahmen-Mix und die Wahrscheinlichkeit für Umsetzung der Massnahmen durch die einzelnen Akteure werden derart gewählt, dass etwa die Hälfte der Schadenskosten durch die jeweiligen Indikatoren und Emissionsszenarien vermieden werden können. Diese Wahl stellt einen Kompromiss dar. Eine stärkere Reduktion der Schadenskosten wäre möglich, würde jedoch auch zu höheren Kosten und möglicherweise zu geringerer Akzeptanz in der Bevölkerung führen, beispielsweise aufgrund des Flächenverbrauchs für die Massnahmenumsetzung.

Mit dem gewählten Massnahmenmix können Sturmschäden um 70-94 % reduziert werden, wobei die Anpassung an Stürme unter ausgeprägtem Klimawandel schwieriger ist. Es verbleiben mehr Schäden, insbesondere bei sehr starken Sturmereignissen.

Mit dem Massnahmenmix gegen Hagel lassen sich rund zwei Drittel der Schäden reduzieren, wobei die hier erwähnten Unzulänglichkeiten in der künftigen Hagelklimatologie derzeit nur eine grobe Quantifizierung zulassen.

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten.

		Jährliche Gesamtkosten (Mio. CHF/Jahr) [unteres und oberes Perzentil]				
Schadens-indikator	**Szenario**	**Immobilien**	**Mobilien**	**Infrastruktur**	**Total**	**Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung**
Schäden durch Sturm	RCP 2.6	10.1 [7.9; 12.2]	1.0 [0.9; 1.1]	1.0 [0.9; 1.1]	12.1 [9.7; 14.4]	- 86 %
	RCP 4.5	20.9 [16.5; 25.3]	2.1 [1.6; 2.5]	2.1 [1.6; 2.5]	25.1 [19.8; 30.4]	- 73 %
	RCP 8.5	54.3 [42.9; 65.7]	5.4 [4.2; 6.5]	5.4 [4.2; 6.5]	65.1 [51.4; 78.8]	- 63 %
Schäden durch Hagel	RCP 2.6	39 [34; 45]	93 [81; 104]	7 [6; 10]	139 [121;158]	- 53 %
	RCP 4.5	47 [41; 53]	102 [89; 114]	9 [8; 12]	158 [138; 179]	- 57 %
	RCP 8.5	53 [47; 61]	114 [98; 127]	11 [9; 13]	178 [155; 201]	- 61 %

Tabelle 92 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) gegen Sachschäden durch Sturm- und Hagelrisiko mit Anpassung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

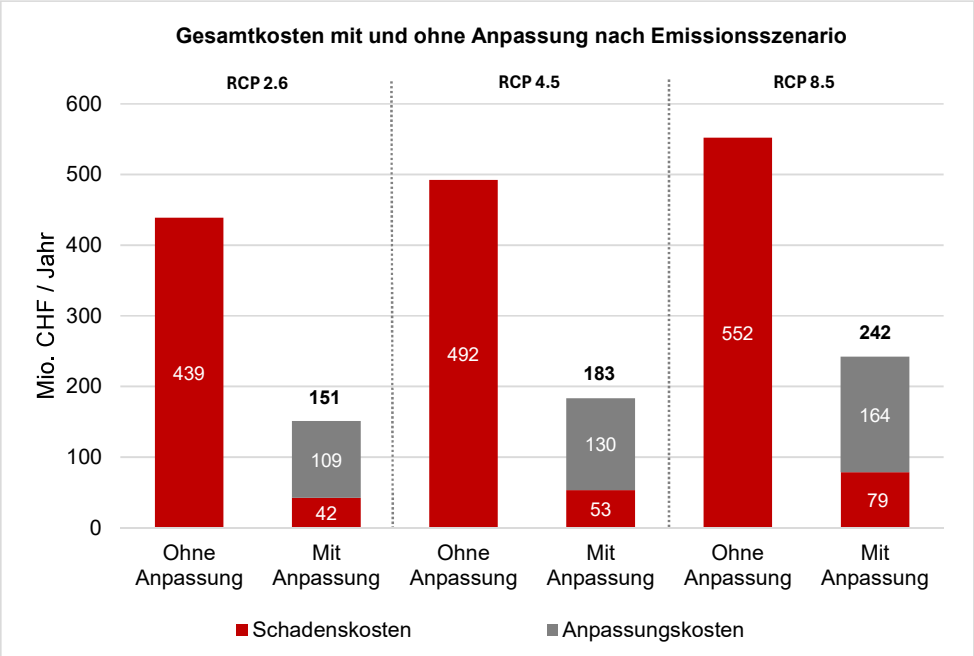


Abbildung 76 Jährliche Gesamtkosten (Schadenskosten und Anpassungskosten) gegen Sachschäden durch Sturm- und Hagelrisiko mit Anpassung nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Generell nehmen die jährlichen Gesamtkosten mit intensiverem Klimawandel zu. Dies resultiert aus der Modellannahme, die Schadenskosten anteilig durch Anpassung zu mittigeren. Die Gesamtkosten sind am höchsten für Mobilien, während Infrastruktur in absoluten Zahlen die geringsten jährlichen Schäden aufweist.

Im Vergleich zur Situation ohne Anpassung ist die Kostenreduktion durch Anpassung bei Sturm im Emissionsszenario mit konsequentem (globalen) Klimaschutz (RCP 2.6), und bei Hagel im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) am effektivsten.

Praxisbeispiel Hagelsturm im Tessin

Im August 2023 kam es zu einem schweren Hagelsturm mit tennisballgrossen Hagelkörnern in der Region Locarno. Dabei wurden Autos, Solaranlagen, Fassaden und Fenster beschädigt. Ebenfalls wurden einige Keller überschwemmt und der Strom fiel zeitweise aus. Ein Hotel wurde so stark beschädigt, dass ein Grossteil der Zimmer unbenutzbar wurde und die Mittelschule in Losone musste auf Grund der grossen Schäden den Schulstart verschieben. Der versicherte Schaden wird vom Schweizerischen Versicherungsverband auf über 300 Mio. CHF geschätzt, was rund einem Prozent des BIP im Kanton Tessin entspricht.

Quellen:
— Unwetter in der Schweiz: Hagelsturm sorgt im Tessin für Zerstörung, nun droht Hochwasser | Tages-Anzeiger (26.08.2023)
— Heftiges Gewitter mit Hagel in der Region Locarno - SWI swissinfo.ch (26.08.2023)
— Hagelschäden im Tessin - Unwetter zerstören Solarpanels: So reagiert die Branche - News - SRF (07.09.2023)
— «Die Versicherungswirtschaft unterstützt Bevölkerung und Volkswirtschaft in der Risikobewältigung» | SVV (06.12.2023)

4.8.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während die erste Abbildung 77 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet die zweite Abbildung 78 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

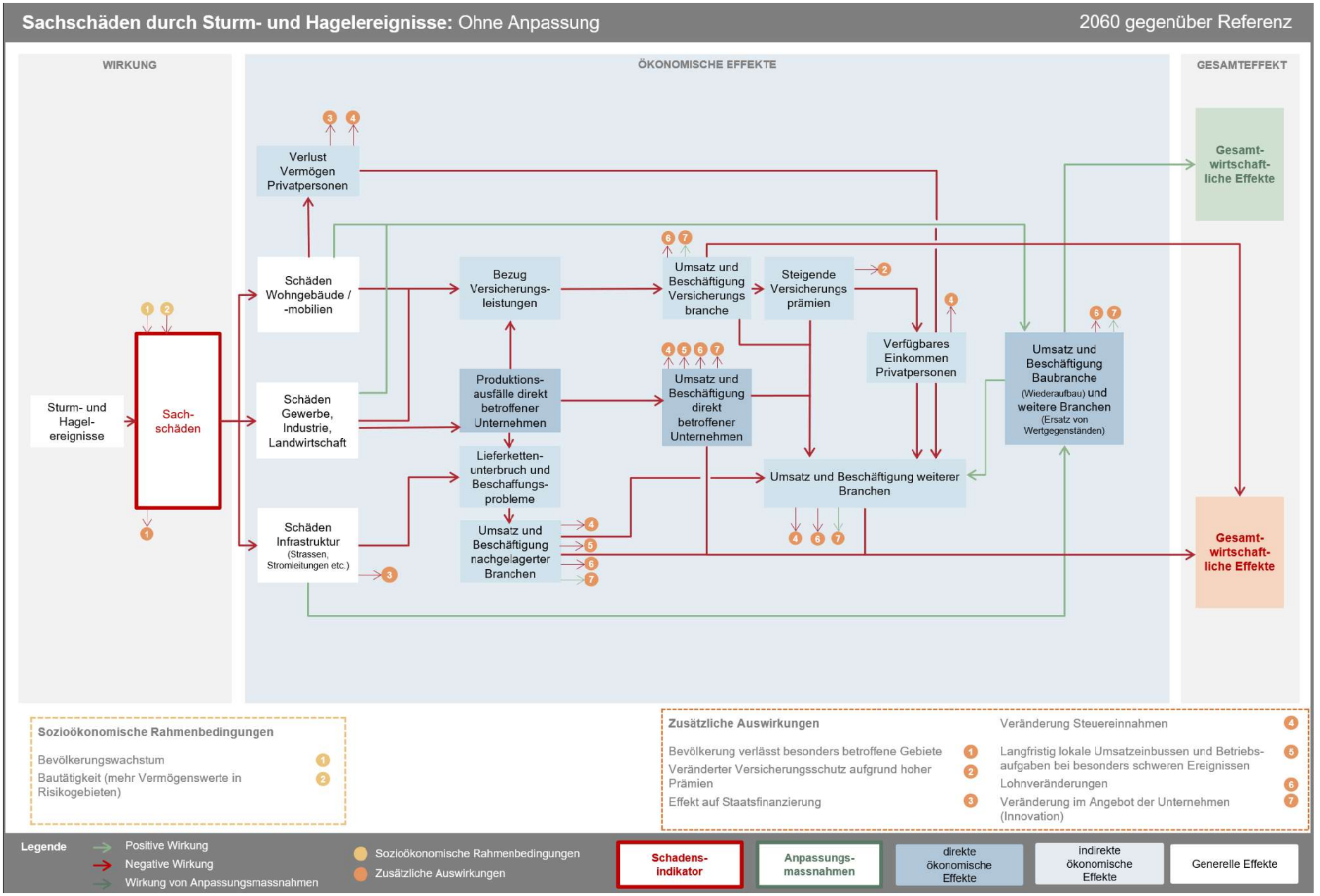


Abbildung 77 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Die gesamtwirtschaftlichen Folgen von Sturm- und Hagelereignisse sind weitestgehend identisch mit den Folgen von Starkniederschlägen (Kapitel 4.7.4).

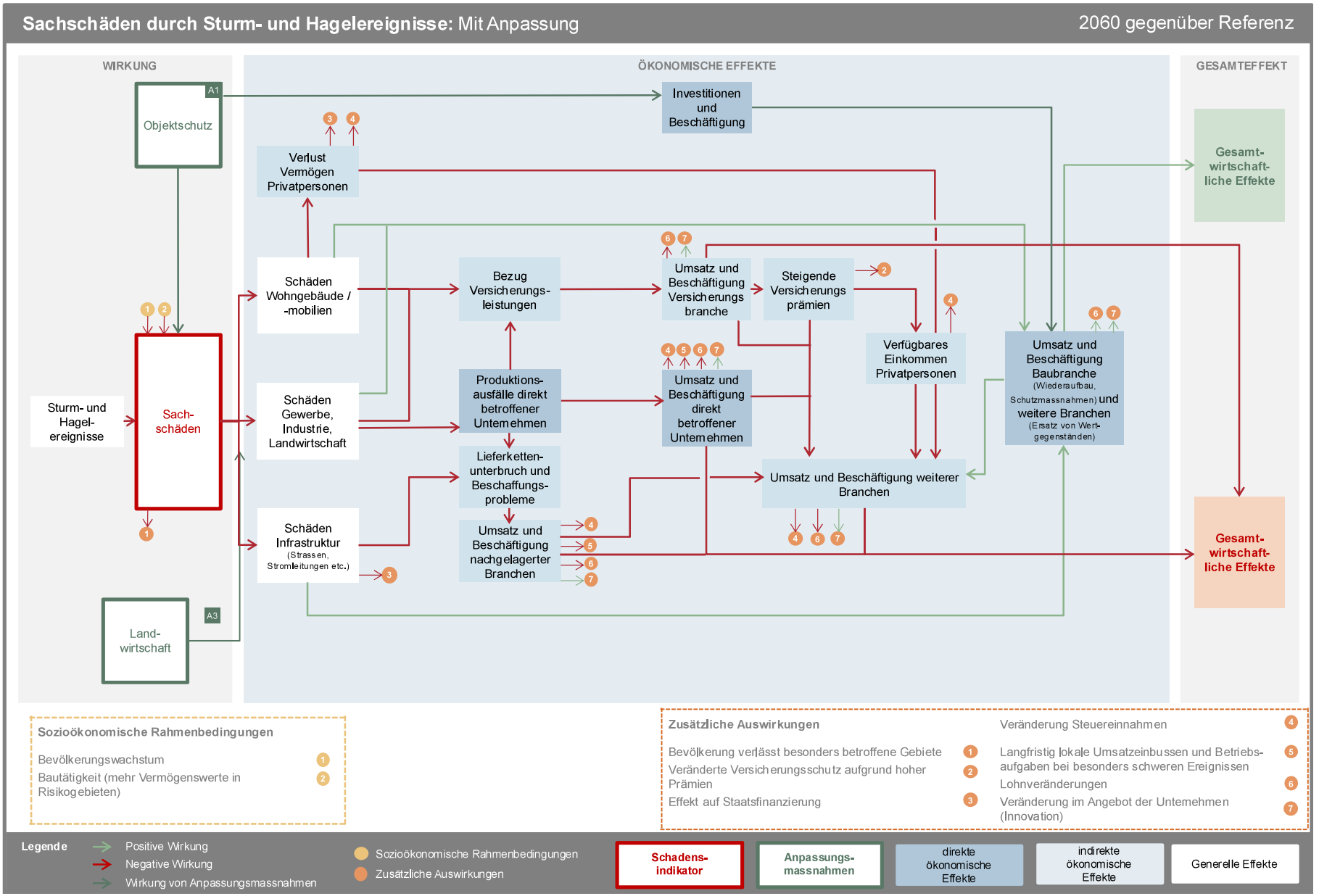


Abbildung 78 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte von Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignissen mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungs-massnahmen

Betrachtete Massnahmen gegen Sturm- und Hagelschäden sind zum einen bauliche Schutzmassnahmen als auch eine Hagel- und Sturmversicherung. Bauliche Massnahmen vermindern dabei den Schaden direkt und führen gleichzeitig zu positiven Impulsen in Branchen, welche die baulichen Massnahmen ausführen oder Materialien und Dienstleistungen zur Durchführung der Massnahmen liefern.

Die Hagel- und Sturmversicherung kommt insbesondere in der Landwirtschaft zum Einsatz. Sie verhindert die Schäden nicht direkt, aber sichert die Landwirtinnen und Landwirte gegen Umsatzeinbussen ab.

Gesamt-wirtschaftliche Effekte

Insgesamt führen die Anpassungsmassnahmen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu positiven Effekten. Anpassungsmassnahmen reduzieren einerseits die negativen direkten Effekte der Schäden, andererseits führen sie durch positive Impulse beispielsweise auf die Bauwirtschaft zu positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten.

Verteilungs-gerechtigkeit

Hinsichtlich der Verteilungsgerechtigkeit gelten die gleichen Aspekte wie beim Klimarisiko *Sachschäden durch Starkniederschläge* (Kapitel 4.7.4).

Quantitative Analyse

Aufbereitung der wirtschaftlichen Impulse

Die Aufbereitung der wirtschaftlichen Impulse folgt analog zur Aufbereitung für das Klimarisiko *Sachschäden durch Starkniederschläge* (Kapitel 4.7.4).

Herleitung der wirtschaftlichen Impulse (Mio. CHF / Jahr)				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Ursprünglicher Effekt				
Schadenskosten	439	42	552	78
Anpassungskosten		109		162
Schlussendlich getragen von				
Öffentliche Hand	97	23	122	43
Privatwirtschaft	95	44	120	68
Haushalte	247	84	310	129
Wirtschaftliche Impulse IOT				
Schadensbehebung und Anpassung	439	151	552	240
Konsum- und Investitionsverzicht	-439	-151	-552	-240

Tabelle 93 Herleitung der jährlichen wirtschaftlichen Impulse für Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Wie im Fall von Starkniederschlägen wird davon ausgegangen, dass die verursachten Schäden beseitigt werden. Weitere entsprechen die Ausgaben zur Beseitigung der Schäden der Höhe der ursprünglich durch Sturm und Hagel verursachten Schäden. Die Kosten für die Schadensbeseitigung wird von den drei Beteiligten gemäss der Kostenverteilung getragen.

Um diese Ausgaben zu finanzieren, wird davon ausgegangen, dass die öffentliche Hand weniger konsumiert, Unternehmen Rücklagen bilden und ihre Investitionstätigkeit reduzieren, und Haushalte auf Konsum verzichten.

Auf Anpassungsseite wird analog zum Klimarisiko *Starkniederschläge* vorgegangen (Kapitel 4.7.4). Einerseits wirken die Ausgaben für die Massnahmen positiv auf die Wirtschaft, da es in bestimmten Branchen zu Nachfrage- und Umsatzsteigerungen kommen wird. Andererseits müssen diese Massnahmen durch die Beteiligten finanziert werden. Diese bilden Rückstellungen und verzichten auf Konsum.

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte werden durch folgende Impulse bestimmt:

— Schadensbehebung und Anpassung: Positive Impulse beispielsweise für die Bauwirtschaft in Form von Aufträgen durch Massnahmen zur Schadensbeseitigung und Anpassung. Diesen Massnahmen stellen gleichzeitig Kosten für Öffentliche Hand, Privatwirtschaft und Haushalte dar.

— Konsum- und Investitionsverzicht: Negative Impulse durch den Konsum- und Investitionsverzicht, in Höhe der zu erwartenden Schäden beziehungsweise der Anpassungskosten, die die öffentliche Hand, die Privatwirtschaft und die Haushalte mit Rückstellungen finanzieren.

Verwendete Datengrundlagen

Neben den generell für die gesamtwirtschaftliche Modellierung genutzten Grundlagen (Kapitel 3.5) werden keine zusätzliche Datengrundlagen verwendet. Die IO-Tabelle wird lediglich zusätzlich zur Verteilung der Verringerung der Investitionen auf die Branchen verwendet.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Der gesamtwirtschaftlichen Modellierung liegen die gleichen Limitationen und Unsicherheiten wie der Modellierung des *Starkniederschläge* zugrunde.

Ergebnisse

Schaden und Anpassung

In den folgenden Tabellen sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte dargestellt. Dabei werden in einem ersten Schritt die Effekte der Schäden und der Anpassung betrachtet und anschliessend den Effekten des Konsumverzichts gegenübergestellt.

Gesamtwirtschaftliche Effekte Schadensbeseitigung und Anpassung				
	RCP 2.6		RCP 8.5	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**382**	**129**	**480**	**211**
Direkt	164	56	206	90
Indirekt	219	73	274	122
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**2685**	**915**	**3370**	**1480**
Direkt	1295	450	1625	705
Indirekt	1390	465	1745	775
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**29**	**10**	**37**	**16**

Tabelle 94 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte durch Rückstellungen und Konsumverzicht nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Ausgehend von den wirtschaftlichen Impulsen zur Schadensbeseitigung und Umsetzung von Anpassungsmassnahmen ergeben sich insgesamt positive gesamtwirtschaftliche Effekte. So steigt im Emissionsszenario mit (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) ohne Anpassung die Bruttowertschöpfung um 382 Mio. CHF pro Jahr und im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) um 480 Mio. CHF pro Jahr. In beiden Emissionsszenarien fallen auch die Beschäftigungs- und Steuerwirkungen positiv aus. Unter der Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen fallen die Wirkungen geringer aus, da weniger Schäden beseitigt werden müssen.

Konsum- und Investitionsverzicht

Gesamtwirtschaftliche Effekte Konsum- und Investitionsverzicht	**RCP 2.6**		**RCP 8.5**	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**-437**	**-146**	**-549**	**-234**
Direkt	-205	-67	-257	-108
Indirekt	-232	-79	-291	-126
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**-2’905**	**-965**	**-3’645**	**-1’550**
Direkt	-1’435	-465	-1’800	-750
Indirekt	-1’470	-500	-1’845	-800
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**-37**	**-12**	**-47**	**-20**

Tabelle 95 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen

Durch die Rückstellung und Konsumanpassungen der öffentlichen Hand, der Privatwirtschaft und Haushalte verringert sich die Bruttowertschöpfung in den Emissionsszenarien ohne Anpassung um bis zu 549 Mio. CHF pro Jahr. Auch die Auswirkungen auf die Beschäftigung sind negativ, mit Verlusten bis zu 3'645 VZÄ pro Jahr.

Totale Gesamtwirtschaftliche Effekte

Gesamtwirtschaftliche Effekte Total (Schaden und Anpassung sowie Konsumverzicht)	**RCP 2.6**		**RCP 8.5**	
	Ohne Anpassung	Mit Anpassung	Ohne Anpassung	Mit Anpassung
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr)	**-54**	**-17**	**-69**	**-23**
Direkt	-41	-10	-51	-18
Indirekt	-13	-6	-17	-5
Beschäftigung (VZÄ/Jahr)	**-220**	**-50**	**-275**	**-70**
Direkt	-140	-15	-175	-45
Indirekt	-80	-35	-100	-25
Steuereinnahmen (Mio. CHF/Jahr)	**-8**	**-2**	**-10**	**-3**

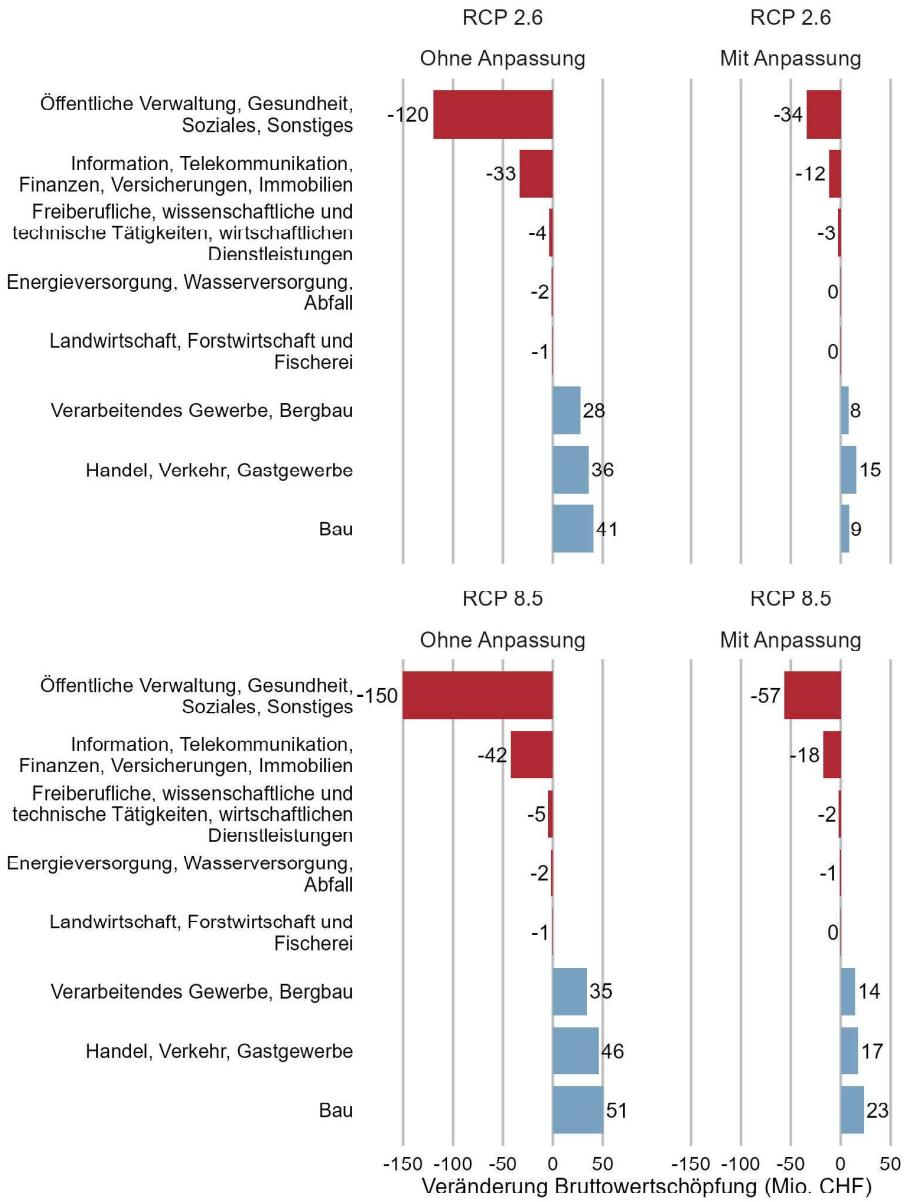
Tabelle 96 Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse und die damit verbundenen jährlichen gesamtwirtschaftlichen Effekte der Gesamtwirkung nach Emissionsszenario mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Berechnungen.

Konkret sinkt die Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) und ohne Anpassung zu rund 69 Mio. CHF pro Jahr, die Beschäftigung um rund 275 VZÄ und die Steuereinnahmen um rund 10 Mio. CHF pro Jahr.

Mit Anpassung bestehen weiterhin gesamtwirtschaftliche Schäden, jedoch fallen sie tiefer aus. So kann der Verlust der Bruttowertschöpfung im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) beispielsweise um rund 46 Mio. CHF bzw. 60% jährlich reduziert werden (gegenüber dem gleichen Szenario ohne Anpassung an den Klimawandel).

Auswirkungen auf Branchen

Die folgende Grafik zeigt die Auswirkungen der gesamten Bruttowertschöpfung auf die verschiedenen Branchen.



Quelle: EBP

Abbildung 79: Jährliche totale Veränderung der Bruttowertschöpfung (Mio. CHF/Jahr) nach Branche, Emissionsszenario mit und ohne Anpassung aufgrund Sachschäden durch Hagel- und Sturmereignisse. Quelle: eigene Berechnungen.

Aufgeschlüsselt nach Branchen ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei *Starkniederschläge* (Kapitel 4.7.4). Einige Branchen erleiden vergleichsweise hohe Verluste, wie die *öffentliche Verwaltung, Soziales*, während andere Branchen positive Effekte zu verzeichnen haben. Hierzu zählen wiederum das *verarbeitende Gewerbe, Handel, Verkehr* und das *Baugewerbe*. Die Unterschiede zwischen den letztgenannten Branchen sind allerdings geringer, und *Handel und Verkehr* profitiert stärker als das verarbeitende Gewerbe. Dies liegt unter anderem an der Art der Anpassungs- und Wiederherstellungsmassnahmen und welche Ausgaben in welchen Branchen dafür getätigt werden.

Verteilungseffekte

Ebenso wie bei den *Starkniederschlägen* können alle Haushalte von Schäden und Anpassungskosten betroffen sein, sei es durch Rückstellungen, Überwälzung der Kosten von Vermietern auf Mieter oder Konsumverzicht. Daher wird auch hier von einer Gleichverteilung der Kosten von 20 % auf jedes Einkommensquintil ausgegangen. Dennoch sind Haushalte mit geringerem Einkommen, von den für jedes Einkommensquintil gleich hoch angenommen Kosten, anteilsmässig überproportional betroffen.

4.8.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Detailliertere Vulnerabilitätsfunktionen: Schaden-Höhen-Kurven sind oft aus anderen Regionen oder Ereignissen abgeleitet. Die Übertragbarkeit auf schweizerische Bauweisen und Deckmaterialien ist daher begrenzt. Kaskadeneffekte, wie zum Beispiel Folgeschäden nach Erstdefekt, sind selten explizit enthalten. Für eine robustere Bewertung sollte eine lokale Kalibrierung mit Schweizer Claims- und Expertengutachten stattfinden, um getrennte Kurven für Bauklassen, Dachdeckungen, PV-Montagearten etc. zu erhalten.

— Detaillierte Analyse der indirekten Schäden: Indirekte Schäden, wie Betriebsunterbrüche, Lieferketten, Verkehrsbehinderungen und Gesundheitsfolgen könnten künftig mit Proxy-Modellen über beispielsweise Ausfallstunden und Wertschöpfung und Szenario-Multiplikatoren erarbeitet werden.

— Analyse der Mehrgefahren-Kombinationen: Zur Vermeidung der Unterschätzung von Klimarisiken aus Mehrgefahren-Kombinationen sollten in künftigen Studien gemeinsame Modellierung mit Multi-Gefahren-Szenarien sowie Ereignissets mit Abhängigkeitsstrukturen angewandt werden.

— Nichtversicherte Schäden: Diese könnten in Zukunft durch Hochrechnungsfaktoren mit Bandbreiten in eine Modellierung einbezogen werden.

— Beschaffungs- und Planungsleitfäden (öffentliche und private Bauherren): Standardisierte Vergabedokumente (Leistungspositionen für Randzonen-Verstärkung, VKF-Klassen, PV-Randauflasten) und Ergänzungen von Abnahmeprotokollen um sturm- und hagelspezifische Punkte (Nachweis Befestigungsraten) ermöglichen eine klimaangepasste Bauweise.

4.9 Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel

Die Wasserkraft spielt seit jeher eine zentrale Rolle in der Schweizer Stromversorgung. Mit einem Anteil von rund 60 % an der inländischen Stromerzeugung bildet sie das Rückgrat einer nachhaltigen und weitgehend CO_2-freien Produktion von Elektrizität (BFS, 2025d). Die Energiestrategie 2050 unterstreicht die Bedeutung der Wasserkraft als Eckpfeiler der Energiewende und setzt auf deren langfristige Nutzung und Optimierung (BFE, 2024).

Durch klimabedingte Veränderungen der Abflussregime, etwa durch veränderte Niederschlagsmuster, frühere Schneeschmelze, Rückgang der Gletscher oder längere Trockenperioden, kann es zu deutlichen saisonalen Verschiebungen in der Stromproduktion kommen. In den kommenden Jahrzehnten wird das Wasserkraftpotential in der Schweiz aufgrund verstärkter Gletscherschmelze zunächst temporär zunehmen. Ab etwa 2060 kehrt sich dieser Effekt jedoch um, da die Gletscher weitgehend verschwunden sein werden und die Schmelzwasserbeiträge stark zurückgehen. In der Folge wird das nutzbare Potential insbesondere für Laufwasserkraftwerke im Sommer merklich abnehmen (BAFU, 2021a). Ab 2060 wird in den Wintermonaten tendenziell mehr Wasser aus Niederschlägen und Schmelzwasser zur Verfügung stehen. Die zunehmende Trockenheit kann hingegen zu einer ungleichmässigeren Wasserführung im Sommer und Herbst führen. Diese Entwicklungen haben direkte Auswirkungen auf die Produktion von Wasserkraftstrom und erfordern Anpassungsmassnahmen sowohl auf technischer als auch auf regulatorischer Ebene.

Steigende Starkregenereignisse, erhöhte Gletscherschmelzraten und Veränderungen in der Erosionsdynamik führen ausserdem zu einer verstärkten Sedimentfracht in den Zuflüssen von Speicherseen. Diese Sedimente lagern sich insbesondere in Stauräumen und Speicherbecken ab und verringern dadurch das nutzbare Speichervolumen. Darüber hinaus verursachen sie zusätzliche Abrasion an Turbinen und erhöhen den Wartungs- sowie Reinigungsaufwand. Das Risiko der Sedimentierung umfasst damit sowohl den schleichenden Kapazitätsverlust der Speicherseen (und damit eine Reduktion des nutzbaren Produktionspotenzials) als auch erhöhte Betriebskosten infolge vermehrter Instandhaltungsmassnahmen.

Die vorliegende Analyse fokussiert auf die physischen Auswirkungen des Klimawandels auf das Potential zur Wasserkraftproduktion in der Schweiz. Die Aspekte Versorgungssicherheit, sowie möglicherweise veränderte Anforderungen aufgrund des Kernenergieausstiegs und der angestrebten Dekarbonisierung in der Schweiz sind nicht Gegenstand dieser Studie.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der zunehmenden Trockenheit auf die Veränderung der Wasserkraftproduktion, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel: Schäden, Kosten und Beteiligte

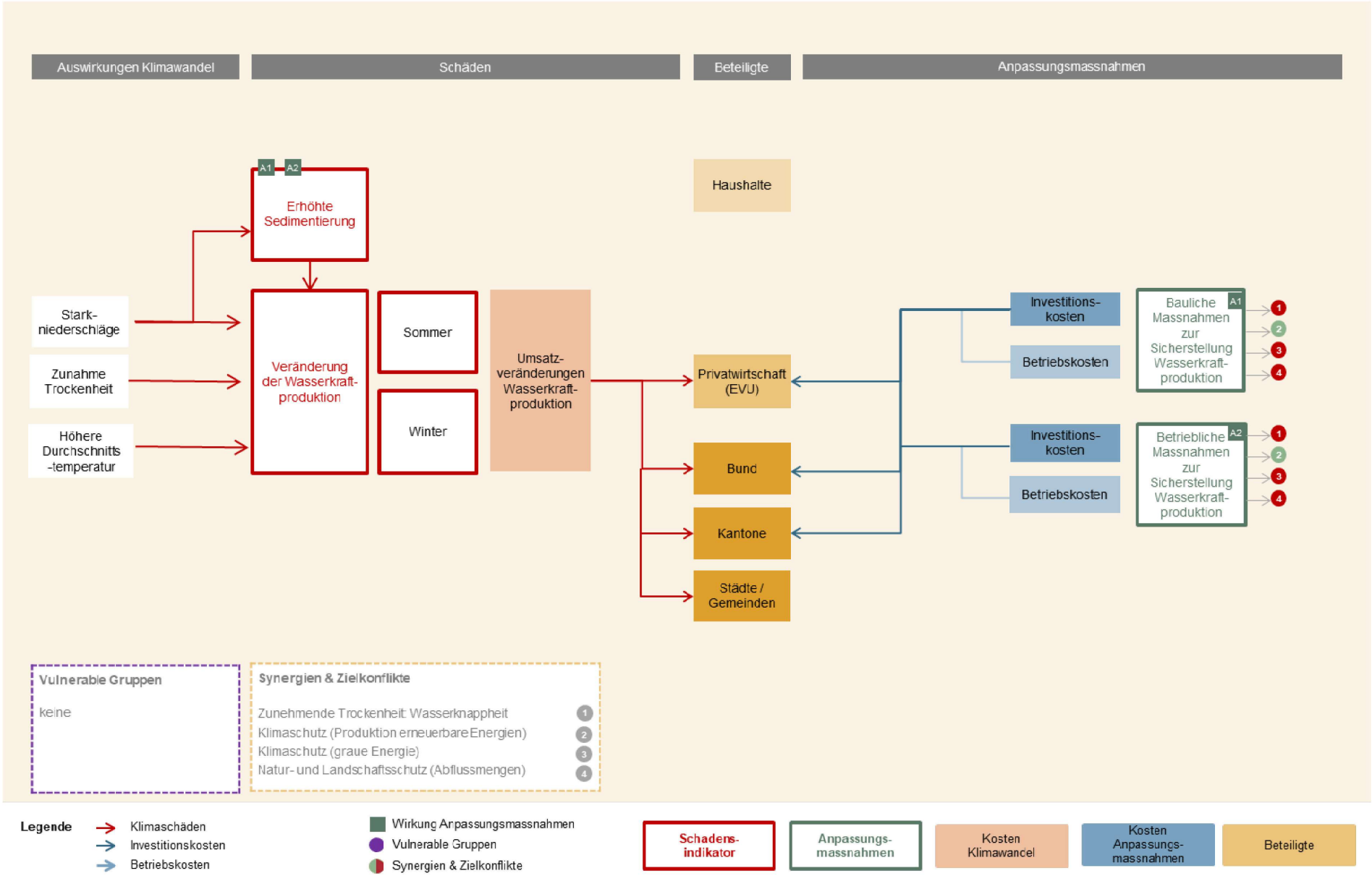


Abbildung 80 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

4.9.1 Auswirkungen des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Angewandte Modellierung

Ende 2024 bestand der Wasserkraftwerkspark in der Schweiz aus 704 Zentralen Kraftwerke mit einer Leistung von mindestens 300 kW mit einer Stromproduktion von rund 37.35 TWh/a (BFE, 2025a). Mit der Energiestrategie 2050 soll die durchschnittliche Jahresproduktion von Elektrizität aus Wasserkraft bis 2035 auf 37.90 TWh/a, bis 2050 auf 39.20 TWh/a steigen.

Für die Modellierung wird die aktuelle und künftige Produktion von Strom aus Speichersee- und Laufwasserkraftwerken durch den heutigen Anlagenpark abgeschätzt. Hierzu werden geografische und technische Parameter der heute existierenden Anlagen herangezogen. Künftige Wasserabflüsse in den einzelnen Einzugsgebieten in der Schweiz werden mittels Klimamodellen mit monatlich gemittelten Abflüssen bewertet und mit heutigen Abflüssen verglichen. Restwassermengen und Zielkonflikte mit anderen Klimarisiken, wie beispielsweise mit der Landwirtschaft, werden in Betracht gezogen, indem das geringere Wasserangebot in Sommermonaten um weitere 5 % pauschal reduziert wird.

Auswirkungsindikatoren

Für die Modellierung werden folgende Indikatoren analysiert:

— Veränderungen in der Wasserkraftproduktion (GWh): Als Schäden werden die durch die Veränderung der möglichen Energieproduktion entgangenen oder zusätzlichen (negativer Schaden) Umsätze berechnet.

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Auswirkungen werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Nutzung der Möglichkeit von Pumpspeicherwerken zur temporären Speicherung von Wasser: Der vorliegende Bericht beschränkt sich auf die tatsächliche Nettoerzeugung von Strom aus natürlich verfügbarem Wasserkraftpotential.

— Politische und regulatorische Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel Restwasserregime, Ausbauziele, Bewilligungen, können das ausbaubare Potenzial verändern. Sie sind Gegenstand energiepolitischer Szenarien wie die EP2050+ und gesonderter BFE-Potenzialstudien, nicht jedoch Treiber der klimabedingten Produktionsänderung im Bestand. Diese Aspekte werden hier konstant gesetzt.

Abweichungen der Systemgrenzen

Folgende Aspekte weichen von der übergeordneten Systemgrenze ab:

— Referenzperiode: Als Referenzperiode für den Strompreis wird gemäss den Angaben im Programmrahmen von NCCS-Impacts das Jahr 2023 gewählt. Der Strompreis geht linear in die Ergebnisse ein, so dass die Kostenergebnisse mit anderen Annahmen über die Entwicklung des Strompreises einfach modifiziert werden können.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— Statistik der Wasserkraftwerke in der Schweiz (BFE, 2025b): heutige Wasserkraftproduktionskapazität

— Bundesamt für Umwelt BAFU (2025a): Hydrologische Zeitreihen zu Abflüssen relevanter Flüsse

— Brunner et al. (2019): Künftige Wasserabflüsse in relevanten Schweizer Gewässern

Sozioökonomische Daten

In dieser Analyse werden die klimawandelbedingten Änderungen der Wasserkraftproduktion des heutigen Anlagenbestands quantifiziert. Massgeblich für die Veränderung der Produktion sind klimatische Treiber und deren Auswirkungen auf Abflussregime, wie frühere Schneeschmelze, veränderte Niederschlagsmuster, sommerliche Niedrigwasserphasen, sowie anlagenspezifische Faktoren wie Speichermanagement und Sedimentdynamik. Diese Vorgehensweise folgt den Schweizer Hydro-CH2018 und CH2018-Ansätzen und der IPCC-Bewertung, wonach hydrologische Änderungen die Wasserkraftproduktion direkt steuern.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Bei temporärer Zunahme des Abflusses wird nicht untersucht, ob die installierten Turbinenleistungen diese auch aufnehmen und umsetzen können.

Ergebnisse

Die folgende Grafik zeigt modellierten Veränderungen der Wasserkraftproduktion im Sommer und Winter.

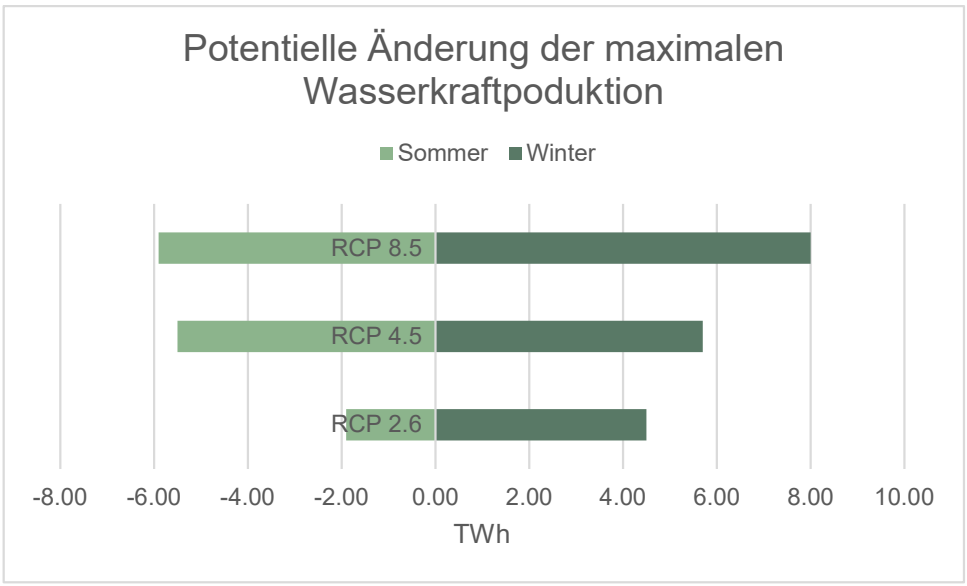


Abbildung 81 Veränderung der künftigen Wasserkraftproduktion 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Klimawandelbedingt verschiebt sich das Abflussregime in der Schweiz saisonal:

— Steigende Winterstromproduktion durch mehr Niederschlag im Winterhalbjahr, der häufiger als Regen fällt, direkt abfliesst und turbiniert, beziehungsweise für die Stromproduktion genutzt werden kann.

— Sinkende Sommerstromproduktion durch geringere Zuflüsse im Sommerhalbjahr, längere Trockenphasen und reduzierter Gletscherschmelze

aufgrund des fortschreitenden Gletscherrückzugs. Dabei trägt Letzteres nur mit rund 5% der reduzierten Stromproduktion bei. Dies ist plausibel, da sich aktuell der Anteil der Wasserkraft von schmelzenden Gletschern an der gesamten schweizerischen Wasserenergie auf durchschnittlich 4 % oder auch 1.5 TWh pro Jahr beschränkt (Wermelinger, 2018).

Bezogen auf den Zeithorizont um 2060 und relativ zu einer heutigen Referenzperiode ergeben sich folgende Medianänderungen.

		Wasserkraftproduktion (TWh/Jahr)		
Schadensindikator	**Szenario**	Sommer	Winter	Total
Veränderung der Wasserkraftproduktion	Referenz	-	-	-
	RCP 2.6	− 1.9	+ 4.5	+ 2.6
	RCP 4.5	− 5.5	+ 5.7	+ 0.2
	RCP 8.5	− 5.9	+ 8.0	+ 2.1

Tabelle 97 Veränderte Wasserkraftproduktion in der Schweiz für die Referenzperiode und 2060 unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Veränderungen sind im Vergleich zur jährlichen Produktion signifikant. Die Ergebnisse unterliegen der Annahme einer Produktion mit maximaler Turbinenleistung über alle Stunden eines Jahres. In der Praxis ist die Turbinenauslastung jedes einzelnen Kraftwerks geringer, wodurch auch die Werte geringer ausfallen würden.

Die Vorzeichen der Änderung gelten schweizweit als robust. Die Grössenordnung und das Timing variieren jedoch deutlich nach Höhenlage, Vergletscherung und Anlagentyp. In stark alpin geprägten Einzugsgebieten kann die Gletscherschmelze bis Mitte des Jahrhunderts temporär höhere Abflüsse bewirken. Ab 2060 überwiegt jedoch der Rückgang der Sommerzuflüsse. Speicher- und Pumpspeicherwerke können Teile der saisonalen Verschiebung betriebsseitig ausgleichen. Laufwasserkraftwerke reagieren unmittelbarer auf die hydrologischen Änderungen.

Neben den Medianwerten nehmen die Variabilität, das heisst die Jahr-zu-Jahr-Schwankungen und Auswirkungen in Extremjahren, zu. Dies wirkt sich auf Einsatzplanung, das Spülmanagement, das Restwasser- und die Hochwasservorschriften aus.

Vulnerable Gruppen
Für dieses Risiko sind keine spezifischen vulnerablen Gruppen zu berücksichtigen. Betroffenheit entsteht primär über ökonomische und betriebliche Wirkungsketten, die im Abschnitt gesamtwirtschaftliche Effekte behandelt werden (Kapitel 4.9.4).

4.9.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmen-tabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahmen
A1	Bauliche Massnahmen zur Sicherstellung Wasserkraftproduktion	Umsetzung von baulichen Massnahmen zur Sicherung der Wasserkraftproduktion (A)
A2	Betriebliche Massnahmen zur Sicherstellung Wasserkraftproduktion	Durchführung von weiteren Studien zur Entwicklung der Wasserkraft (G)
		Bereitstellung von Informationen und Beobachtung der Situation zur Wasserkraftnutzung (G)
		Entfernung der zusätzlich eingebrachten Sedimente in Anlagen, z. B. durch Ausbaggern (A)
		Anhebung der Turbineneinläufe (A)
		Umsetzung von weiteren betrieblichen Massnahmen zur Sicherung der Wasserkraftproduktion (A)

Tabelle 98 Anpassungsmassnahmen zur Veränderung der Wasserkraftproduktion den Klimawandel. Geplante Anpassung (G), Autonome Anpassung (A). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3).

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

— Betriebliche und daraus resultierende bauliche Entscheidungen können negative Einflüsse auf die Gewässerökologie oder sogar die Anpassungsfähigkeit in Zukunft reduzieren. Beispiele sind die Überdimensionierung von Speichern auf Basis temporärer Gletscherschmelze, eine einseitige Sommerfokussierung trotz künftig höherer Winterabflüsse, reaktives statt vorausschauendes Sedimentmanagement oder nicht systemoptimierte Einlaufanhebungen (IPCC, 2022, Seto et al., 2016).

— Bauliche Eingriffe wie die Erhöhung der Turbineneinläufe können sich auf die Ökologie auswirken. Daher müssen diese sorgfältig geprüft und in der Planung entsprechend berücksichtigt werden.

— Konflikte zwischen Hochwasserschutz, Ökologie und Energieeinsatz können entstehen und müssen für die jeweiligen Massnahmen geprüft und berücksichtigt werden. Diese Themen müssen bereits heute bei jedem Wasserkraftprojekt berücksichtigt werden. Allerdings werden in Zusammenhang mit dem Klimawandel diese Konflikte voraussichtlich zunehmen. Beispielsweise sind Zielkonflikte zwischen der Sicherung der Energieproduktion durch Wasserkraft und dem Erhalt der Biodiversität oder dem Wasserbedarf für die Landwirtschaft absehbar.

Modellierung der Auswirkungen der Anpassung

Im Fokus stehen betriebsnahe Anpassungen am bestehenden Anlagenpark, mit Priorität auf zwei Massnahmen:

— Anhebung, beziehungsweise Verlagerung der Turbineneinläufe bei Speicherkraftwerken[36] (höherliegende Wasserentnahmen, bauliche Massnahme): Durch eine höhere Entnahme wird der Einlauf von den intensiv sedimentierenden unteren Speicherschichten entkoppelt. Abrasion und Sedimentzutritt in die Triebwasserwege nehmen damit ab. Die Massnahme erhöht die Betriebssicherheit und kann die Lebensdauer der Anlage deutlich verlängern. Gleichzeitig verringert sich das nutzbare

[36] Laufwasserkraftwerke werden so ausgelegt, dass sich kein Geschiebe vor den Turbineneinläufen ablagert.

Speichervolumen, wodurch weniger Energie für den Winter gespeichert werden kann und somit im Winter Ertragseinbussen entstehen können. Bei Pumpspeicherkraftwerken nimmt die im Tages- oder Wochenrhythmus speicherbare Energie ab. Aus dem ermittelten Sedimenteintrag wird bedarfsgerecht ein Höhenversatz abgeleitet, der den Einlauf langfristig oberhalb der kritischen Sedimentkonzentrationen hält. Je nach Anlage werden der Höhenversatz, Abschätzung zu Kapital- und Betriebskosen sowie Hinweise auf Alternativen gegeben.

— Operative Instandhaltung und Entgegenwirken der Sedimentierung (betriebliche Massnahme): Die klimabedingte Zunahme des Sedimenteintrags wird pro Einzugsgebiet abgeschätzt. Daraus ergeben sich Schätzungen für zusätzliche Räum- und Spülbedarfe sowie Auswirkungen auf die Betriebskosten. Operativ lässt sich dem Stand heute nur in einzelnen Situationen entgegenwirken. Spülungen kommen nur bei wenigen Kraftwerken in Frage. Ausbaggern ist in den allermeisten Fällen nicht praktikabel. Es gibt bei drei Wasserkraftwerken Sedimentumleitstollen, welche nur in ganz bestimmten Situationen in Frage kommen.

Nicht berücksichtigte Aspekte

In der Modellierung der Anpassung werden folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

— Aus- und Neubauten von grosser Infrastruktur sind aufgrund langer Vorlaufzeiten und laufender Planungsverfahren nicht Gegenstand der vorliegenden Modellierung.

— Regulatorische Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel Restwassermengen, werden als konstant angenommen.

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Zeitpunkt und Stärke des *Peaks* der Gletscherschmelze sind regional unterschiedlich und das Kippen zu tieferen Sommerzuflüssen ist zeitlich unsicher.

— Die Sohlanhebung am Damm ist stark von Speichergeometrie und Strömungsfeldern abhängig und einfache Geometrieansätze unterschätzen tendenziell lokale Effekte. Dieser Einfluss wurde lediglich grob geschätzt.

— Kantonsbasierte Annahmen für Klassierung des glazialen Einflusses sind grob und die Einzugsgebiets-Heterogenität innerhalb eines Kantons bleibt bestehen.

— Verschiedene Ausbau- und Repowering-Szenarien, Wasserrechtsänderungen, ökologische Aufwertungen jenseits der Mindeststandards sind nicht Teil der Modellierung.

4.9.3 Kosten des Klimawandels

Grundlagen der Modellierung

Berechnung Schadenskosten

Zu den oben beschriebenen Auswirkungen werden die Kosten wie folgt modelliert:

— Umsatzeinbussen: Als Kosten werden entgangene Umsätze aus den gegenüber dem Referenzszenario nicht produzierten Strommengen im

Sommer, beziehungsweise zusätzliche Umsätze aus zusätzlich produzierten Strommengen im Winter angesetzt. Die Umsätze entsprechen der produzierten Strommenge, multipliziert mit einem angenommenen Strompreis von CHF 105.50 pro MWh, berechnet aus dem EPEX SPOT-Durchschnitt des Day-Ahead-Baseload-Index „Swissix“ für das Jahr 2023 (epexspot, 2024), sowie des mittleren Währungskurses CHF gegenüber EUR im Jahr 2023 (ESTV, 2024). Bei den Preisannahmen handelt es sich um eine vereinfachende Annahme, zum Beispiel werden Differenzen zwischen Sommer- und Winterpreisen nicht berücksichtigt. Im Rahmen dieses Projekts ist keine Prognose der Strompreise möglich. Die Prognose von Strompreisen ist komplex und mit hohen Unsicherheiten verbunden. Daher variiert sie stark in verschiedenen Studien (siehe Exkurs in Kapitel 4.9.4).

— Kosten aus einer vermehrten Sedimentierung der Kraftwerke werden als betriebliche Aufwände für die mechanische Entfernung, Transport und Lagerung der entfernten Sedimente angesetzt. Es wird zwischen Kosten von heute verfügbaren Technologien, und möglichen Kosten für Technologien, die sich in Entwicklung befinden, unterschieden (Althaus, J et al., 2024, Paganos et al., 2024).

Berechnung Anpassungskosten

Von den zuvor identifizierten Anpassungsmassnahmen werden für folgende die Kosten berechnet:

— Anhebung der Turbineneinläufe: Die Massnahmen führen zu einmalig anfallenden Investitionskosten sowie jährlichen Betriebskosten durch möglichen Mehraufwand für Betrieb, Überwachung und Inspektion sowie Instandhaltung, Rückbau oder allenfalls parallelen Betrieb der alten Bauwerke.

— Behandlung der zunehmenden Sedimentierung: Als Anpassungskosten werden veränderte betriebliche Ausgaben für Entfernung des Sedimenteintrags unter künftigen klimatischen Bedingungen herangezogen. Hierzu wird einerseits zwischen den heute anfallenden Kosten für Entfernung von Sedimenten aus den wasserführenden Bereichen, sowie den Abtransport und Lagerung der entfernten Sedimente unterschieden. Weiterhin werden mögliche technische Innovationen, die kostensenkend wirken können, als alternative Betriebskosten in die Modellierung einbezogen und anschliessend die Kosten für die Entfernung dieses Eintrags bestimmt (Paganos et al., 2024). Dies ergibt eine obere Grenze für die Kostenfolgen durch Anpassung an erhöhte Sedimentierung. In der Praxis ist es unwahrscheinlich, dass Kraftwerke den gesamten Sedimenteintrag entfernen. Dies aufgrund praktischer Probleme wie des nötigen Transports und der Lagerung der entfernten Sedimente. Daher kann man diese Zahlen als Grundlage für eigene Berechnungen für eine Teilentfernung verwenden. Für jedes Wasserkraftwerk in der Schweiz werden die Kosten spezifisch für Art und Grösse des Kraftwerks berechnet und die Ergebnisse summiert.

Pro Emissionsszenario werden jeweils der Medianwert der Kosten, sowie das 10. (unteres) Perzentil und 90. Perzentil (oberes) Perzentil aufgeführt.

Verwendete Datengrundlagen

Für die Modellierung werden folgende Datenquellen genutzt:

— EPEX SPOT-Durchschnitt (epexspot, 2024): Am Markt durch die Kraftwerke erzielbarer Strompreis, berechnet aus dem EPEX SPOT-Durchschnitt des Day-Ahead-Baseload-Index „Swissix“ für das Jahr 2023

— ESTV (2024): Mittlerer Währungskurses CHF gegenüber EUR im Jahr 2023

— Paganos, P. et al. (2024): Grundlage zur Modellierung der Kosten für Sedimententfernung

Hinweise zu Limitationen und Unsicherheiten

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Limitierungen und Unsicherheiten der Modellierungen zu nennen:

— Der angenommene Strompreis wird bewusst statisch und als durchschnittlicher Jahrespreis gewählt, um zusätzliche Annahmen, wie Tages- und Jahresfluktuationen des Preises, zu vermeiden. Eine Anwendung eigener Annahmen zu dynamischer Zeitverläufe der künftigen Strompreise ist durch die Nutzung der Monatsdaten für die einzelnen Kraftwerke wie im technischen Bericht beschrieben einfach möglich. Eine Prognose von zukünftigen Strompreisen ist jedoch im Rahmen dieses Projekts nicht möglich und mit hohen Unsicherheiten verbunden (siehe Exkurs in Kapitel 4.9.4).

— Die Formel der Investitionskosten entspricht der Kalibrierung an Schweizer Referenzen und ist eine Übertragungsheuristik. Exponenten und Referenzwerte sind somit nur näherungsweise übertragbar.

— Die Kosten durch Sedimentierung sind lediglich grob bestimmbar. Der Einfluss des Klimawandels auf die Sedimentierung ist qualitativ bekannt, kann quantitativ im Folgenden jedoch lediglich grob abgeschätzt werden. Die Anwendbarkeit von Techniken zur Reduktion oder Vermeidung von Sedimentierung, wie Spülungen, Umleitstollen für Geschiebe oder Ausbaggern sind kraftwerksabhängig und kommen teils nur bei wenigen Kraftwerken in Frage.

— Bauzugänge, Baugrund, Wasserhaltung und Bewilligungsverfahren können Kosten und Zeitpläne stark streuen.

— Annahmen zu Preisniveaus sind modelltreibend und Preis-Hydrologie-Korrelationen werden nur vereinfacht abgebildet.

— Vermiedene Abrasion oder Stillstände sind anlagen- und verschleissabhängig und lassen sich durch Erfahrungswerte streuen.

— Gemäss Programmrahmen des NCCS-Impacts sind in den Modellierungen keine Kostensteigerungen integriert.

Ergebnisse

Schadenskosten

Aus der Modellierung ergeben sich folgende jährliche Schadenskosten für alle Kraftwerke in der Schweiz. Negative Zahlen bedeuten Einnahmen durch zusätzliche Stromproduktion im Winter, positive Zahlen entsprechen Umsatzverlusten durch weniger Stromproduktion im Sommer. Die Umsatzveränderungen werden im Vergleich zur Referenzperiode berechnet und daher werden für die Referenzperiode keine Kosten angegeben.

Die Kosten durch erhöhte Sedimentierung sind separat ausgewiesen und fallen insbesondre durch möglichen Bau von Umleitstollen von Geschiebe

an. Spülen und Terminieren von Sedimenten führt im Vergleich hierzu zu geringeren Kosten, ist aber mit etwas höherem Verschleiss der Turbinen verbunden.

		Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr) [Unteres und oberes Perzentil]			
Schadensindikator	**Szenario**	Winter	Sommer	Sedimentierung	**Total**
Umsatzveränderung der Wasserkraft-produktion	RCP 2.6	- 1'342 [- 1'835; - 848]	559 [330; 788]	120 [80; 160]	- 663 [- 1'425; +100]
	RCP 4.5	- 1'695 [- 2'319; - 1'071]	1'652 [975; 2'329]	180 [120; 240]	137 [- 1'224; 1'498]
	RCP 8.5	- 2'392 [- 3'272; - 1'511]	1'784 [1'053; 2'515]	240 [180; 320]	- 368 [- 2'039; 1'324]

Tabelle 99 Jährliche Schadenskosten der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Die in der Tabelle ausgewiesenen Umsatzveränderungen der Stromproduktion verdeutlichen die bis zum Betrachtungszeitraum 2060 erwartbare Dynamik der höheren Wasserverfügbarkeit im Winter und geringeren Wasserverfügbarkeit im Sommer. Die Umsatzgewinne im Winter kompensieren die Umsatzeinbussen im Sommer, sodass ein Netto-Zugewinn der Stromproduktion und damit des Umsatzes über das gesamte Jahr verbleibt. Im Emissionsszenario mit mittlerem (globalem) Klimawandel (RCP 4.5) ist die Kompensation am kleinsten mit einer Differenz von nur -43 Mio. CHF, was durch die deutlich höheren Umsatzeinbussen im Sommer begründet ist.

In Bezug auf die Sedimentierung ist im Mittel mit einem Verlust von rund 16-20 % des saisonalen Speichervolumens zu rechnen. Energetisch entspricht dies etwa 1.4 - 1.8 TWh verschiebbare Energie pro Jahr, die vor allem in den Wintermonaten verloren geht. Bei typischen Winterstromerlösen von 80-150 CHF pro MWh resultiert daraus ein jährlicher Opportunitätsverlust von grob 120 - 240 Mio. CHF pro Jahr.

Zum Vergleich betrug die Stromproduktion aus Wasserkraftanlagen in der Schweiz im Jahr 2023 nach News Service Bund (2024) 40.8 Mio. MWh. Dies entspricht mit oben genanntem Marktpreis einem Umsatz von 4'304 Mio. CHF pro Jahr. Die in der Tabelle genannten Schadenskosten bewegen sich damit im Bereich von -16 % bis +2 % der heutigen Umsätze.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Schadenskosten auf die Beteiligten.

		Verteilung der Schadenskosten			
Schadensindikator	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Umsatzveränderung der Wasserkraft-produktion	0 %	10 %	15 %	75 %	0 %

Tabelle 100 Verteilung der Schadenskosten durch Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie vermehrte Sedimentierung auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Schadenskosten werden in erster Linie von den Betreibenden der Kraftwerke selbst getragen, die in dieser Studie der Privatwirtschaft zugeordnet

werden. Kantone und Gemeinden unterstützen durch Beiträge oder Subventionen die Kraftwerkbetreibenden.

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabellen zeigen die jährlichen Investitions-, Betriebs- und Gesamtanpassungskosten auf, sowie die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Beteiligten.

		Anpassungskosten (Mio. CHF / Jahr)		
Massnahme	**Szenario**	Investitionskosten	Betriebskosten	Total
Anhebung der Turbineneinläufe (A1)	RCP 2.6	30	5	35
	RCP 4.5	39	6	45
	RCP 8.5	50	10	60
Sedimententfernung in den Anlagen (A2)	RCP 2.6	31	5	36
	RCP 4.5	48	7	55
	RCP 8.5	59	10	69

Tabelle 101 Jährliche Anpassungskosten gegen Sedimentierung von Wasserkraftwerken nach Szenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Tabelle stellt die erforderlichen jährlichen Zusatzinvestitionen dar, um dem Effekt der Sedimentierung entgegenzuwirken. Diese zusätzlichen Kosten sind gegenüber der Variabilität der Stromproduktion gering, aber dennoch signifikant, und führen insgesamt zu höheren Kosten für die Wasserkraft-Industrie.

Die Anhebung der Turbineneinläufe wird naturgemäss sehr langfristig abgeschrieben und die Entscheidung orientiert sich nicht zwangsläufig an Unterschieden in den Emissionsszenarien. Daher ist anzunehmen, dass Investitionskosten in der Praxis weitgehend unabhängig vom eintretenden Emissionsszenario konstant sein werden.

Die Investitionskosten zur Behandlung der Sedimentierung betreffen den Ersatz von existierender Ausrüstung zur Sedimentbehandlung und werden näherungsweise als konstant angenommen. Die Betriebskosten wachsen mit sich intensivierendem Klimawandel, da insbesondere durch Gletscher und alpine Flüsse gespeiste Kraftwerke mit erhöhtem Sedimentaufkommen zu rechnen haben.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Beteiligten.

	Verteilung der Anpassungskosten				
Massnahme	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privat-wirtschaft	Haushalte
Anhebung der Turbineneinläufe (A1)	10 %	10%	10 %	70 %	0 %
Sedimententfernung in den Anlagen (A2)	20 %	20 %	10 %	50 %	0 %

Tabelle 102 Verteilung der Anpassungskosten gegen Sedimentierung von Wasserkraftwerken auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Investitionen und laufender Betrieb liegen primär beim Betreiber, sind regulatorisch eingefordert und werden über die Preise amortisiert. Der Bund kann

die Massnahmen mitfinanzieren. Kantone, Städte und Gemeinden können lokale Massnahmen und Flankierungen, wie Ufer, Zufahrten oder Bauleitplanung, kofinanzieren.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Da die betrachteten Massnahmen lediglich auf die zunehmende Sedimentierung der Anlagen wirken, haben sie keine Auswirkungen auf die Veränderung der Stromproduktion durch Veränderung der Wasserverfügbarkeit. Das Modell geht davon aus, dass die Schadenskosten durch Sedimentierung durch die Massnahmen vollständig vermieden werden können. Die Angabe einer prozentualen Veränderung der Schadenkosten ist aufgrund des Vorzeichenwechsels nicht sinnvoll und wird in der Tabelle mit *n.a.* angegeben.

		Reduzierte Schadenskosten (Mio. CHF / Jahr)				
Schadens-indikator	**Szenario**	Winter	Sommer	Sedimen-tierung	Total	**Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung**
Umsatzveränderung der Wasserkraftproduktion	RCP 2.6	-1’342	559	0	-783	n.a.
	RCP 4.5	-1’695	1’652	0	-43	n.a.
	RCP 8.5	-2’392	1’784	0	-608	n.a.

Tabelle 103 Jährliche reduzierte Schadenskosten zur Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Berechnungen.

Durch die Vermeidung aller möglicher Schäden aus Sedimentierung in den getroffenen Annahmen, verbleiben als Effekte die Umsatzveränderungen aus dem sich verändernden Wasserdargebot. Da die Potentiale der zusätzlichen Wasserkraftproduktion im Winter die Einbussen im Sommer übersteigen, resultieren als reduzierte Schadenskosten in obiger Tabelle zusätzliche Umsätze für alle drei Emissionsszenarien.

Gesamtkosten

Aus den Anpassungskosten und reduzierten Schadenskosten ergeben sich folgende Gesamtkosten. Die Angabe einer prozentualen Veränderung der Schadenkosten ist aufgrund des Vorzeichenwechsels für einzelne Emissionsszenarien nicht sinnvoll und wird daher in der Tabelle weggelassen.

Schadens-indikator	**Szenario**	**Gesamtkosten ohne Anpassung (Mio. CHF / Jahr)**	**Gesamtkosten mit Anpassung (Mio. CHF / Jahr)**	**Veränderung Total ggü. Situation ohne Anpassung**
Umsatzveränderung der Wasserkraftproduktion	RCP 2.6	-663	-712	+ 7 %
	RCP 4.5	137	57	- 58 %
	RCP 8.5	-368	-479	+ 30 %

Tabelle 104 Jährliche Gesamtkosten zur Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung mit Anpassung nach Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.

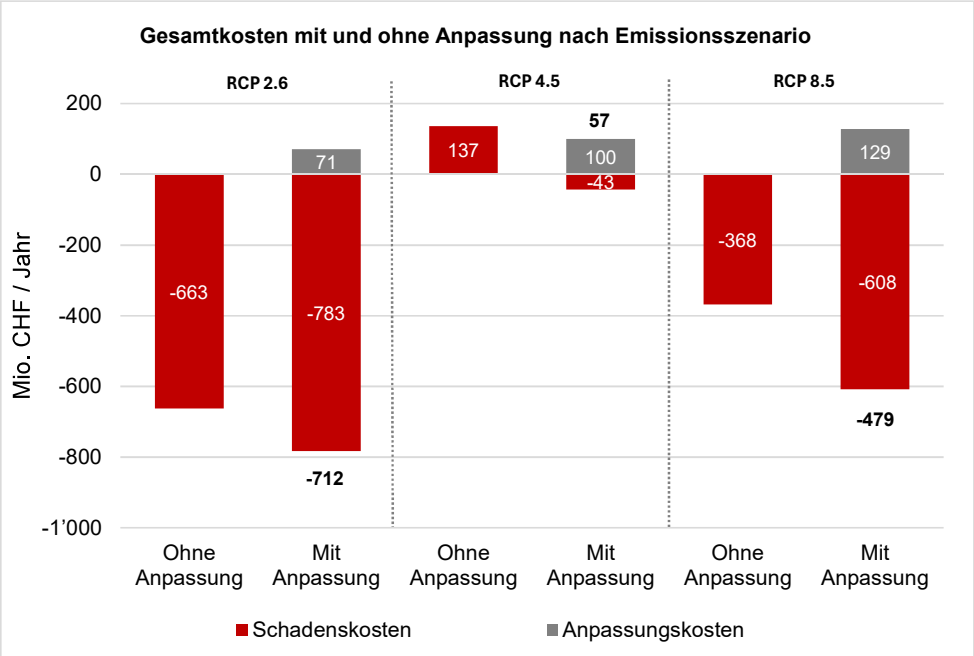


Abbildung 82 Jährliche Gesamtkosten zur Veränderung der Wasserkraftproduktion sowie der operativen Kosten durch Sedimentierung mit Anpassung nach Emissionsszenario. Quelle: eigene Berechnungen.

Die Verbindung der Schadenskosten und Anpassungskosten zu Gesamtkosten bis zum Jahr 2060 liefert für die unterschiedlichen Klimamodelle ein uneinheitliches Bild. Auf der einen Seite nehmen potentielle Umsätze im Winter unter stärkerem Klimawandel zu, jedoch nehmen auch die möglichen Einbussen im Sommer ab. Wie bereits in den Schadenskosten gesehen, kompensieren sich über den Schweizer Kraftwerkspark hinweg diese Effekte derart, dass bei mittlerem (globalem) Klimaschutz (RCP4.5) die Kosten am höchsten ausfallen. Die zusätzliche Kompensation durch Berücksichtigung von Anpassungskosten bestätigt dies.

4.9.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Veränderung der Wasserkraftproduktion sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Während die erste Abbildung 83 die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung zeigt, bildet die zweite Abbildung 84 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel ab.

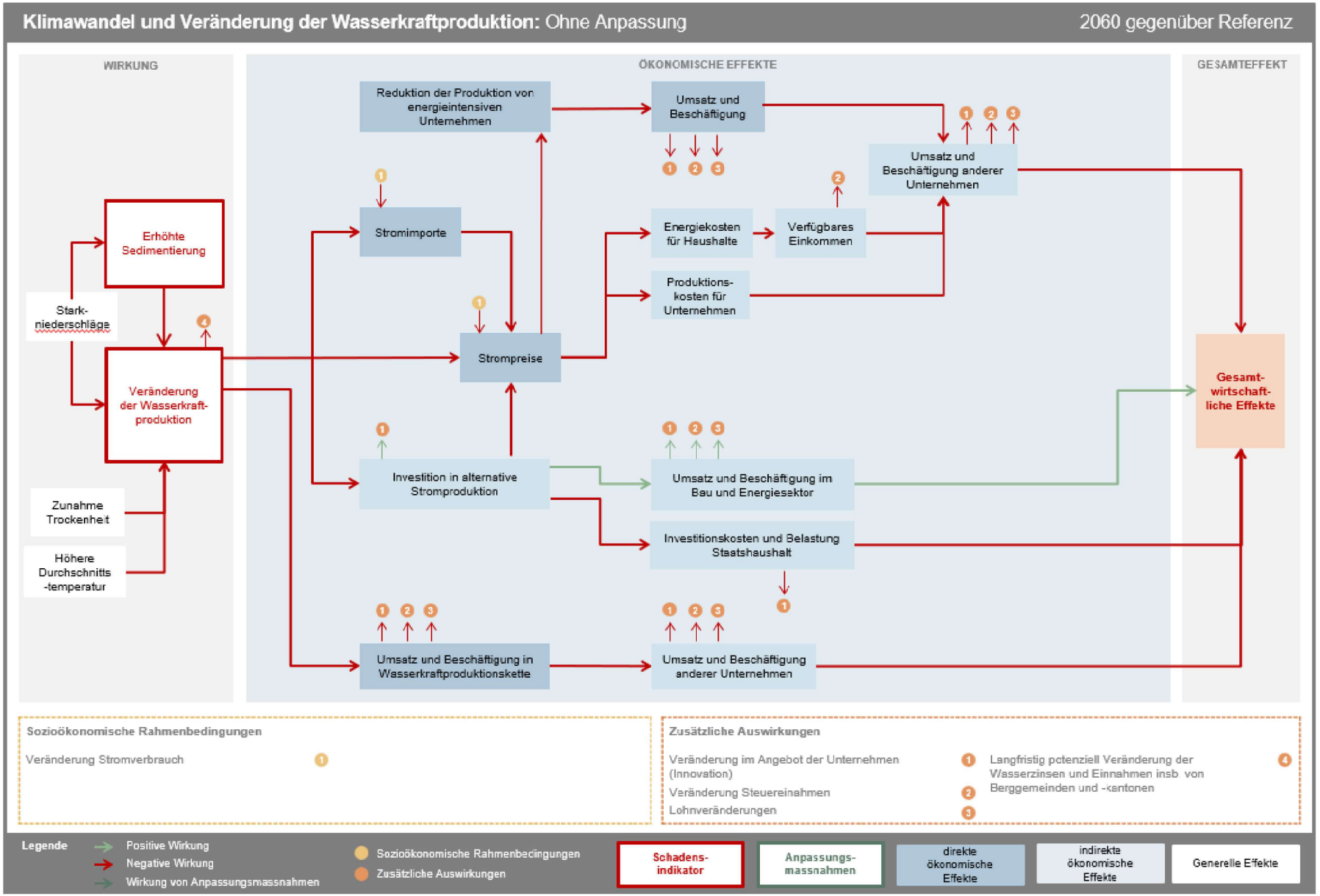


Abbildung 83 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Durch den Klimawandel beeinflussen sowohl die Menge als auch die zeitliche Verteilung der Abflüsse in den Gewässern und führen dazu, dass die Winterproduktion von Wasserkraft bis 2060 steigt, während die Sommerproduktion sinkt. Die Gesamt-Stromproduktion im Winter nimmt in der Schweiz aufgrund der Stilllegung der Atomkraftwerke jedoch insgesamt ab, beziehungsweise soll unter anderem durch die Umlagerung von Sommerstrom in den Winter mittels Pumpspeicherkraftwerken, weiteren Speichertechnologien oder Wasserstoff sowie Importen gesichert werden. Ergänzend dazu nehmen die Kosten für die erforderlichen Anpassungsmassnahmen zu. Diese Aspekte können zu steigenden Strompreisen führen. Dieser Entwicklung stehen weitere Einflüsse gegenüber, die die Strompreise beeinflussen (siehe Exkurs).

Exkurs: Unsicherheiten bei der Prognose der Strompreisentwicklung

Die längerfristige Entwicklung der Strompreise ist schwer vorhersehbar, da sie von vielen Faktoren abhängt, unter anderem von Nachfrage, Angebot, Speichertechnologien sowie regulatorischen Rahmenbedingungen in der Schweiz und der EU.

Wichtige Einflussfaktoren auf die Strompreisentwicklung:

— **Stromnachfrage**: Die Stromnachfrage in der Schweiz wird voraussichtlich zunehmen. Dies führt tendenziell zu höheren Preisen.

— **Stromangebot – Wasserkraft**: Die Sommertrockenheit wirkt sich negativ auf die Wasserkraftproduktion aus, indem sie die Menge an verfügbarem Wasser reduziert. Auch die zunehmende Sedimentierung beeinträchtigt die Leistungsfähigkeit der Anlagen, da sie Reinigungs- und Wartungsaufwand erhöht und die Turbinenleistung mindern kann. Die Gletscherschmelze kann diesen Effekt kurzfristig abmildern, langfristig aber nicht vollständig kompensieren. Diese Effekte führen dazu, dass das Wasserkraftangebot bis 2060 in den Wintermonaten steigt, aber in den Sommermonaten sinkt.

— **Stromangebot – Erneuerbare Energien**: Mit zunehmendem Ausbau von Photovoltaik und Windenergie steigt die Saisonalität der Stromproduktion. Im Sommer wird tendenziell mehr Strom erzeugt als im Winter, was die Preise in den Sommermonaten drückt und im Winter in der Tendenz ansteigen lässt. Insgesamt sinkt das Stromangebot in der Schweiz in den Wintermonaten, trotz des höheren Angebots der Wasserkraft, und steigt in den Sommermonaten.

— **Stromimporte von der EU**: Die zukünftige Möglichkeit, Strom von der EU zu importieren ist unklar. Derzeit ist offen, inwieweit die Schweiz ein Stromabkommen mit der EU vereinbart und wie das Strommarktdesign der EU genau zu Anwendung kommen wird. Dies kann die Preisentwicklung sowohl in Sommer- als auch in Wintermonaten beeinflussen.

— **Speichertechnologien**: Die Umlagerung von Sommerstrom in den Winter ist aktuell teuer, doch technologische Fortschritte, etwa im Bereich grüner Wasserstoff, könnten die Kosten senken. Damit könnten saisonale Schwankungen ausgeglichen und die Versorgung im Winter stabilisiert werden.

Die **Volatilität** der Preise wird voraussichtlich zunehmen, da saisonale Schwankungen und der Rückgang bandlastproduzierender Kraftwerke stärker ins Gewicht fallen.

Mit dem Fokus auf den Klimawandel und ohne Berücksichtigung der anderen Einflüsse der Strompreise, kann von tendenziell steigenden Strompreisen ausgegangen werden, insbesondere in den Wintermonaten. Die steigenden Strompreise führen zu höheren Produktionskosten von Unternehmen, vor allem bei stromintensiven Unternehmen mit wenig Flexibilität im Stromverbrauch. Dies führt zu sinkendem Umsatz und Beschäftigung und überträgt sich auch auf vor- und nachgelagerte Betriebe. Gleichzeitig müssen Haushalte höhere Energiekosten tragen, wodurch ihr verfügbares Einkommen sinkt. Dies reduziert den privaten Konsum und führt ebenfalls zu rückläufigem Umsatz und Beschäftigung in vielen Unternehmen.

Investitionen in alternative Stromproduktion und Speichertechnologien haben einerseits positive Effekte, indem sie insbesondere im Bau- und Energiesektor zusätzliche Beschäftigung und Wertschöpfung schaffen. Andererseits belasten sie den Staatshaushalt und die Haushalte, da einen Teil der Kosten überwälzt wird.

Gesamt wirtschaftliche Effekte

Insgesamt ist daher mit spürbar negativen gesamtwirtschaftlichen Effekten zu rechnen.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Haushalte mit geringem Einkommen geben einen höheren Anteil ihres Budgets für Energie aus. Steigende Strompreise treffen sie daher überproportional stark. Ein Teil der Bevölkerung könnte Schwierigkeiten haben, die Stromrechnungen zu bezahlen, was zu Einschränkungen bei Heizung, Kühlung oder anderen Grundbedürfnissen führt.

— Regionen mit hoher Konzentration energieintensiver Industrie oder Wasserkraftproduktion könnten besonders unter Arbeitsplatzabbau und Abwanderung leiden.

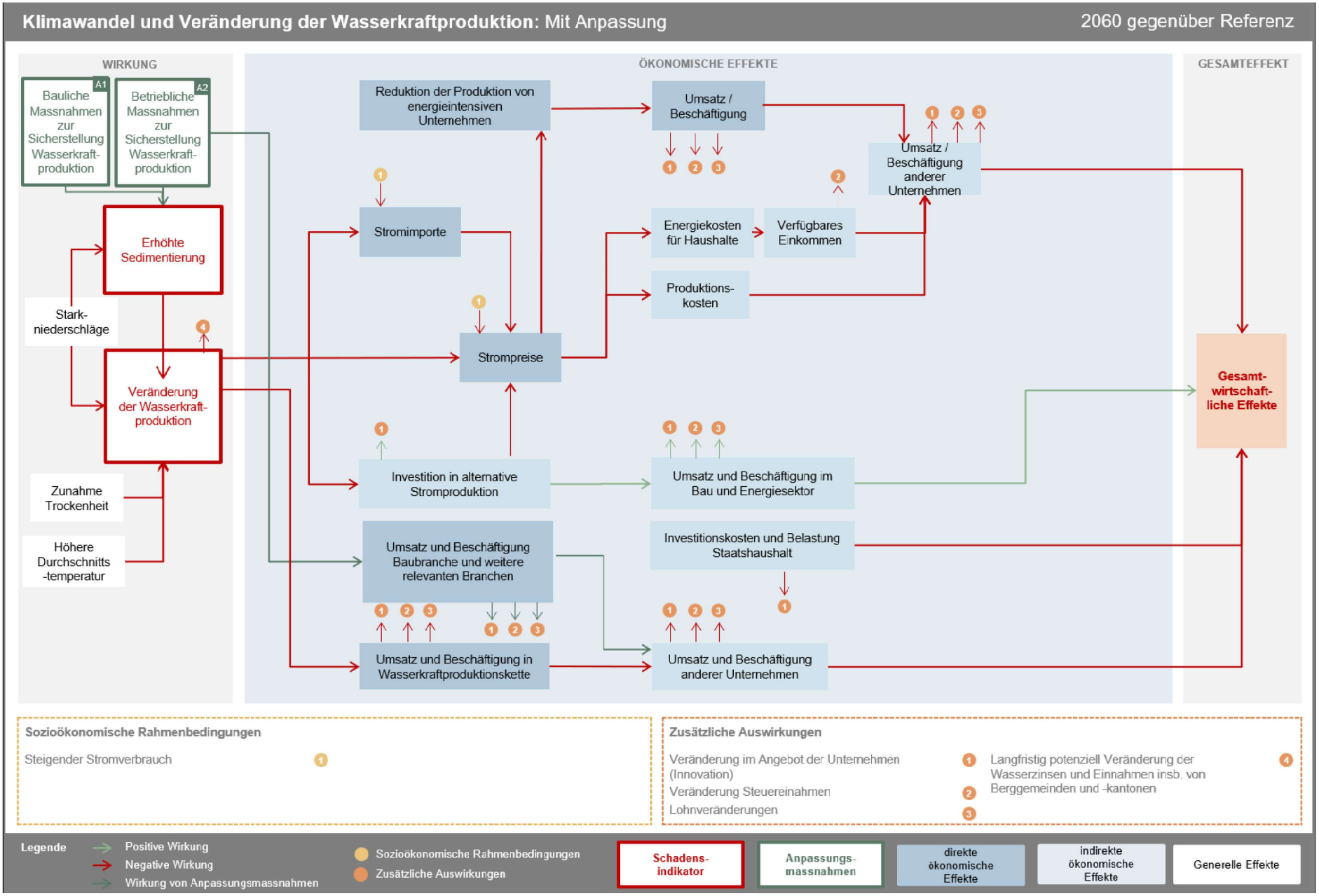


Abbildung 84 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Veränderung der Wasserkraftproduktion durch den Klimawandel mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Zur Minderung der negativen Auswirkungen können sowohl bauliche wie auch betriebliche Massnahmen zur Sicherstellung der Wasserkraftproduktion getroffen werden. Diese führen zusätzlich zu positiven Impulsen in der Baubranche und sonstigen Branchen, welche in der Umsetzung der Massnahmen involviert sind.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Diese zusätzlichen positiven Impulsen können die negativen Impulse nur teilweise kompensieren, sodass die gesamtwirtschaftlichen Effekte weiterhin negativ bleiben.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Bei einkommensschwachen Haushalten nehmen die Stromkosten zwar einen geringen Anteil ihrer Gesamtausgaben ein, diese reagieren bei steigenden Preisen jedoch besonders sensitiv (BFS, 2024a, BAFU, 2025a).

— Industrieunternehmen, deren Produktion und Energieversorgung stark von Wasser abhängt, könnten langfristig Standortnachteile erfahren. Dies bringt wirtschaftliche Unsicherheiten für Beschäftigte mit sich.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

4.9.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Systematische Auswertung von Sedimentkennzahlen: Dieser Aspekt ist heute nur punktuell dokumentiert. Es existieren bereits zahlreiche Rohdaten, doch es fehlt an einer übersichtlichen Synthese der Informationen und konkreten Empfehlungen für weiterführende Analysen. Für fehlende Daten können standardisierte Messprogramme an sedimentkritischen Anlagen etabliert und ausgewertet werden. Die Erstellung einer entsprechenden Studie kann die Relevanz je Einzugsgebiet bewerten und helfen, den Bedarf an zusätzlichen Massnahmen zu priorisieren.

— Machbarkeitsprüfungen für Anhebung und Verlagerung von Turbineneinläufen: Für geeignete Speicherwerke können Variantenstudien erstellt werden. Damit kann beurteilt werden, wo eine Einlaufanhebung wirtschaftlich und ökologisch vorteilhaft ist und wo Routing-Alternativen vorzuziehen sind.

— Pilotprojekte für die Umleitung von Sedimenten unter Berücksichtigung ökologischer Rahmenbedingungen: Viele Wasserkraftwerke in der Schweiz haben noch wenig Erfahrung mit technischen Lösungen, um Sedimente gezielt abzuleiten. Damit solche Massnahmen langfristig funktionieren und auch von der Umweltseite her tragbar sind, braucht es erprobte Beispiele. Mit der Durchführung von Pilotprojekten an ausgewählten Standorten können Massnahmen unter realen Bedingungen getestet werden. Wichtig ist dabei, dass Leitplanken für die Umwelt eingehalten werden. Solche gut begleiteten Projekte helfen, die besten Lösungen für andere Standorte in der Schweiz zu finden.

— Harmonisierung von Grenzwerten und Spülfenstern über Kantonsgrenzen: Unterschiedliche Vollzugspraxen erschweren die Planung und Betrieb von Sedimentspülungen. Eine abgestimmte Vorgabe zu Messmethodik, Laich- und Schutzzeiten etc. erleichtert die Genehmigung wirksamer, ökologisch verträglicher Massnahmen. Dies sollte im Einzelfall beurteilt werden.

— Aufbau einer nationalen Datenbasis zu Unterhalts- und Stillstandskosten: Betriebskosten für Sedimentmanagement und Abrasion werden heute uneinheitlich erfasst. Ein anonymisiertes Benchmarking ermöglicht, Kostentreiber zu identifizieren und Best-Practice-Verfahren gezielt zu verbreiten.

— Koordination auf Einzugsgebietsebene: Einzelmassnahmen können Lasten flussabwärts verschieben. Empfohlen wird eine koordinierte Planung von Spülungen, Bypässen und Geschieberückhalt im Gewässernetz, um Gesamteffizienz und Umweltwirkung zu optimieren.

— Prüfung von „*No-Regret*“-Massnahmen und Lock-in-Vermeidung: Langlebige Investitionen sollten auf Szenario-Robustheit getestet werden. Dazu zählen Reserven für spätere Einlaufanhebungen, modulare Maschinensätze und Vorkehrungen für spätere Routing-Nachrüstungen.

4.10 Beeinträchtigung von Waldleistungen durch den Klimawandel

Wälder erbringen eine Vielzahl an Ökosystemleistungen (ab hier Waldleistungen genannt). Sie schützen unter anderem vor Naturgefahren, sind Rohstofflieferant oder bieten Raum für Erholung und Freizeit. Der fortschreitende Klimawandel führt jedoch auch in Wäldern zu veränderten Wachstumsbedingungen. Höhere Durchschnittstemperaturen, vermehrte Hitze, Trockenheit und eine Zunahme von Extremereignissen können Baumsterben verursachen, langfristig die Zusammensetzung des Baumbestands verändern und die Erbringung von Waldleistungen beeinträchtigen.

Das folgende Kapitel ordnet den Einfluss der zunehmenden Trockenheit auf die Waldleistungen qualitativ ein und gibt eine vereinfachte quantitative Einschätzung. Vertiefte Informationen dazu werden im Rahmen des NCCS-Impact Projekt 3 *Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemleistungen in der Schweiz* erarbeitet.

Wirkungskette

Schäden, Kosten und Beteiligte

Die folgende Abbildung zeigt die Auswirkungen der zunehmenden Trockenheit auf die Beeinträchtigung von Waldleistungen, die daraus resultierenden Kosten durch Schäden und möglicher Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die jeweiligen Inhalte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

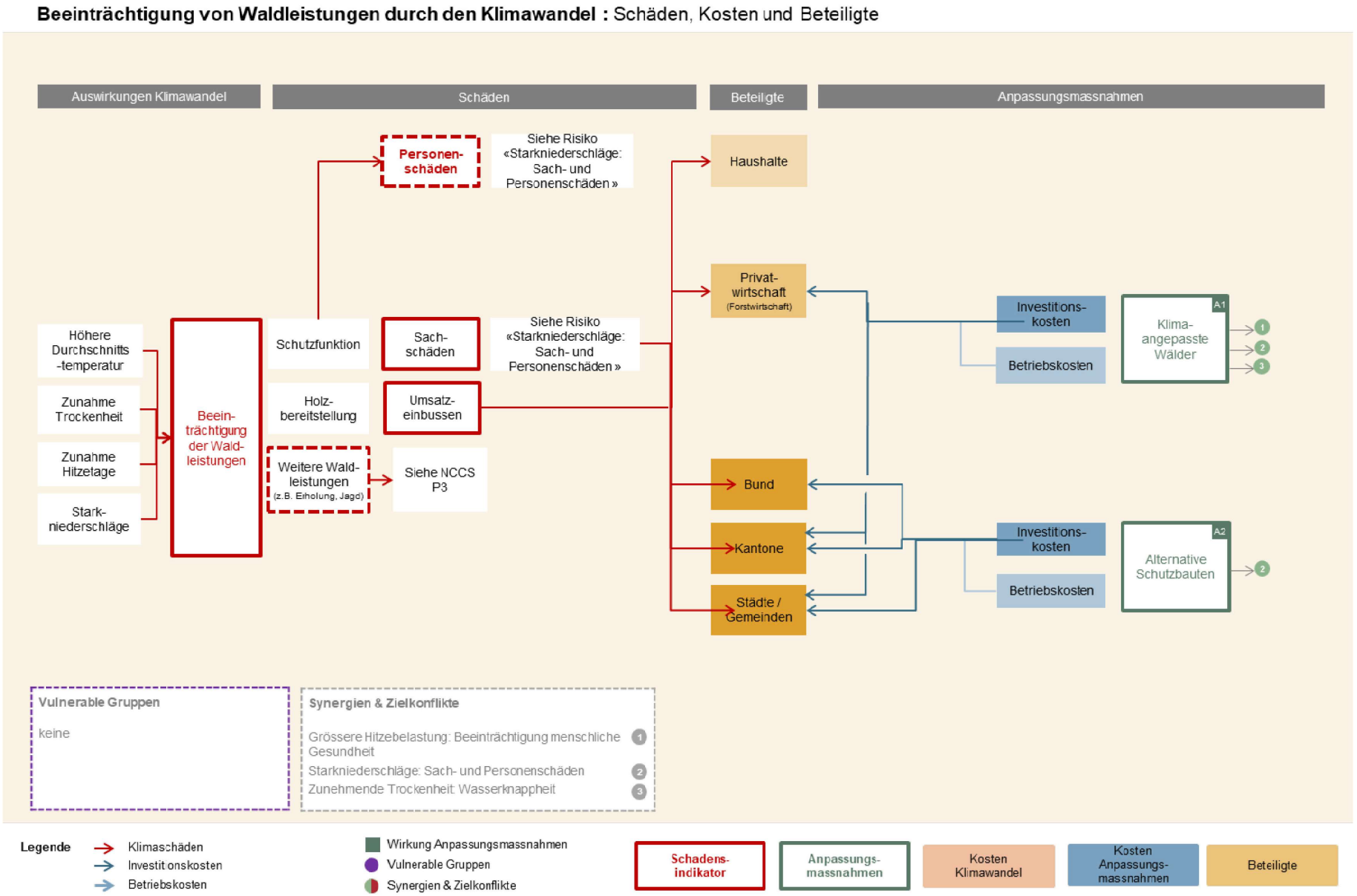


Abbildung 85 Wirkungskette Auswirkungen und Beteiligte der Beeinträchtigung von Waldleistungen durch den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

4.10.1 Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel wirkt sich stark auf die Wachstumsbedingungen der Bäume aus. Höhere Temperaturen begünstigen zwar in der Regel das Wachstum, sofern genug Wasser verfügbar ist (Allgaier et al., 2017). Da aber auch die Sommerniederschläge und damit die Wasserverfügbarkeit in der Vegetationsperiode abnehmen, kann sich dieser positive Effekt nicht entfalten. Vielmehr wird durch die zunehmende Trockenheit das Baumwachstum immer mehr beschränkt und es ist mit einer erhöhten Mortalität zu rechnen, die sowohl direkt durch die zu geringe Wasserverfügbarkeit gegeben ist als auch indirekt dadurch, dass Bäume stärker anfällig sind für Störungen beispielsweise durch Schadorganismen oder Waldbrände (Allgaier et al., 2017, Pezzatti et al., 2016). Die Auswirkungen der geringeren Wasserverfügbarkeit unterscheiden sich nach Baumart, wobei gewisse Arten unter den veränderten Bedingungen sogar profitieren können, während andere stark darunter leiden (Allgaier et al., 2017). Als Folge ändert sich langfristig die Baumartenzusammensetzung in Schweizer Wäldern.

Die Schwächung und veränderte Zusammensetzung der Wälder wirkt sich auch auf deren Ökosystemleistungen aus. Diese sind zahlreich und umfassen neben der Holzbereitstellung beispielsweise auch den Schutz vor Naturgefahren, die Möglichkeit zur Erholung oder die Kohlenstoffsequestrierung. Mauri et al. (2023) schätzen, dass die Waldleistungen in Zentraleuropa bis 2100 durchschnittlich um 14 % mit mittlerem (globalem) Klimawandel (RCP 4.5) respektive 24 % ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) abnehmen, in den Alpenregionen hingegen etwas weniger stark mit 8 % respektive 12 %. Grund dafür ist, dass sich die Wachstumsbedingungen für gewisse Baumarten in den Alpen durch den Klimawandel sogar verbessern können.

Folgen für spezifische Waldleistungen

Holzbereitstellung

In der Schweiz werden jährlich rund 4.8 Mio. Kubikmeter Rundholz geerntet, wobei Nadelholz rund zwei Drittel und Laubholz einen Drittel ausmacht (BAFU/WSL, 2025). Durch zunehmende Störungen wie Trockenheitsperioden oder Schädlingsbefälle werden sogenannte Zwangsnutzungen, sprich unplanmässiges Ernten von beschädigten Bäumen, häufiger. Es wird erwartet, dass diese Zwangsnutzungen durch den Klimawandel kurz- bis mittelfristig andauern, wodurch die Holzerntemenge tendenziell steigt (BAFU/WSL, 2025). Längerfristig zeichnet sich jedoch in der Schweiz eine Verschiebung der Baumartenzusammensetzung weg von Nadel- hin zu Laubbäumen ab. Da für die Holzwirtschaft vor allem Nadelbäume und besonders die Fichte relevant sind, bedeutet dies mögliche Verluste (NCCS, 2021c).

Schutzfunktion

Schutzwald macht rund 44 % der gesamten Waldfläche aus und ist daher für die Schweiz hochrelevant (BAFU/WSL, 2025). Die durch Hitze und Trockenheit sowie Schadorganismen, Krankheiten und invasive Arten geschwächten Wälder können ihre Schutzwirkung für Menschen, Siedlungen, Verkehrs- und andere Infrastrukturen, wie Lawinen- und Erosionsschutz, nicht länger erfüllen (Strauss & Fischer, 2025). Wie sich die Schutzleistung als Folge des Klimawandels verändert, hängt stark vom Standort ab (Bebi et al., 2016). So wird erwartet, dass die Schutzfunktion an Orten, wo Kälte bis anhin ein

limitierender Faktor war, sogar verbessert wird, da die zunehmende Wärme dort das Wachstum begünstigt. An anderen Orten hingegen, wo insbesondere die Trockenheit das Wachstum begrenzt, dürfte ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts das Baumsterben deutlich zunehmen und damit auch die Schutzfunktion abnehmen. Ähnliches zeigt auch eine aktuelle Studie zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Schutzfunktion von Wäldern in den Ostalpen (Hillebrand et al., 2023). In tieferen Lagen und trockenen Tälern führen Hitze und Trockenheit zu vermehrtem Baumsterben und damit zu einem deutlichen Verlust an Schutzwirkung, während subalpine Wälder in höheren Lagen meist von wärmeren Temperaturen und längeren Wachstumsphasen profitieren. Insgesamt wird vor allem der Lawinenschutz geschwächt, während der Steinschlagschutz in höheren Lagen vielerorts stabil bleibt, aber von der Stärke des Klimawandels abhängt (Hillebrand et al., 2023).

Vulnerable Gruppen
Für dieses Risiko sind keine spezifischen vulnerable Gruppen zu berücksichtigen.

Es gibt jedoch weitere Aspekte, die die Betroffenheit erhöhen können, wie beispielsweise:

— Bewohnerinnen und Bewohner, die in Einzugsgebieten von Schutzwäldern wohnen. Ohne funktionierende Schutzwälder steigen die Risiken für Infrastruktur- und Gebäudeschäden (Bauhus et al. 2021). Diese sind im Klimarisiko *Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge* thematisiert (Kapitel 4.7).

4.10.2 Anpassung an den Klimawandel

Anpassungsmassnahmen
Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Anpassungsmassnahmen.

Massnahmentabelle

Nr.	Massnahmenpaket	Massnahme
A1	Klimanagepasste Wälder	Angepasste Waldstruktur (G)
		Waldbauliche Massnahmen (G)
A2	Alternative Schutzbauten	Bau von alternativen Schutzbauten, die den Schutzwald ersetzen (G)

Tabelle 105 Anpassungsmassnahmen zur Reduktion der Beeinträchtigung von Waldleistungen durch zunehmende Trockenheit. Geplante Anpassung (G). Quelle: Massnahmentabelle (separates Dokument, Kapitel 3.3).

Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der ergänzenden Massnahmentabelle enthalten (Kapitel 3.3).

Maladaptation

In Bezug auf die Maladaptation sind keine besonderen Aspekte zu berücksichtigen.

4.10.3 Kosten des Klimawandels

Schadenskosten Holzbereitstellung

Eine Studie von Hanewinkel et al. (2013) zeigt, dass sich die Baumartenzusammensetzung in Europa, einschliesslich der Schweiz aufgrund der Klimawandels verändert. In der Folge liegen die durchschnittlichen ökonomischen

Verluste der Holzproduktion im Jahr 2070 gegenüber 2010 bei einer Diskontrate von 1 % je nach Emissionsszenario zwischen 11 und 21 %. Gemäss der Forststatistik des BFS wurden in der Schweiz im Jahr 2023 Holzerträge von rund 239 Mio. CHF erwirtschaftet (BFS, 2024h). Überträgt man nun die erwarteten Verluste auf diese Zahl, so erhält man eine Spannbreite von möglichen Ertragsverlusten in der Höhe von 26 bis 50 Mio. CHF pro Jahr. Es ist zu beachten, dass es sich um eine grobe Schätzung handelt, die Faktoren wie Holzpreisveränderungen oder steigende Produktionskosten nicht berücksichtigt. Ebenso wird vereinfachend angenommen, dass die Baumartenzusammensetzung in der Schweiz derjenigen von Gesamteuropa entspricht.[37]

Schadenskosten Schutzfunktion

Die Summe der Schäden von Unwetterereignissen, wie Hochwasser, Murgänge, Rutschungen und Sturzprozesse, in der Schweiz im Zeitraum von 1972 bis 2023 lagen im Schnitt bei rund 311 Mio. CHF pro Jahr (Liechti & Badoux, 2024). Unter der vereinfachenden Annahme, dass die Schutzfunktion mit 8 bis 12 % im gleichen Ausmass abnimmt wie der generelle Verlust der Waldleistungen in Alpenregionen (Mauri et al., 2023) und dass dieser Verlust die Sachschäden proportional erhöht, steigen die Schäden durch die heutige Naturgefahren-Situation im Schnitt auf 336 bis 348 Mio. CHF pro Jahr an. Da der Klimawandel jedoch zu einer Steigerung der Häufigkeit und Intensität von Naturgefahren führt, können die tatsächlichen Schäden deutlich höher liegen (BAFU, 2024d).

Kosten der Anpassung an den Klimawandel

Nachfolgende Tabelle zeigt eine grobe Schätzung der Kosten der unterschiedlichen Anpassungsmassnahmen sowie deren Verteilung auf die Beteiligten. Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Massnahmen ist in der Massnahmentabelle enthalten.

		Verteilung der Anpassungskosten				
Massnahme	**Kosten**	Bund	Kantone	Städte / Gemeinden	Privatwirtschaft	Haushalte
Angepasste Waldstruktur	tief (<5 Mio./Jahr)	10 %	20 %	30 %	40 %	0 %
Waldbauliche Massnahmen	tief (<5 Mio./Jahr)	10 %	20 %	30 %	40 %	0 %
Bau von alternativen Schutzbauten, die den Schutzwald ersetzen	hoch (>20 Mio./Jahr)	20 %	30 %	50 %	0 %	0 %

Tabelle 106 Kostenschätzung und Verteilung der Anpassungskosten für die Beeinträchtigung der Waldleistung durch zunehmende Trockenheit auf die Beteiligten. Quelle: Experteneinschätzung.

Die Kosten der Anpassungsmassnahmen der gezielten Anpassung der Waldstruktur sowie von waldbaulichen Massnahmen werden als tief beurteilt. Die Kosten für den Ersatz von Schutzwald durch alternativen Schutzbauten hingegen können hoch ausfallen. Gemäss Berechnungen von Olschewski et al. (2012) liegen die durchschnittlichen Kosten für solche Schutzbauten bei mindestens 2’500 CHF pro Hektar pro Jahr. Geht man davon aus, dass von 540’000 Hektaren Schutzflächen rund 10 % ihre

[37] Die Annahme ist deswegen vereinfachend, da der Anteil Nadelhölzer (68 %) in der Schweiz über demjenigen in Europa (46 %) liegt (BAFU/WSL, 2025, FOREST EUROPE, 2020).

Schutzfunktion verlieren und diese allein mit alternativen Schutzbauten ersetzt werden, so belaufen sich die Gesamtkosten auf rund 135 Mio. CHF im Jahr.

Reduzierte Schadenskosten aufgrund der Anpassung an den Klimawandel

Mauri et al. (2023) schätzen, dass in Europa Anpassungsmassnahmen die Verluste der Waldleistungen deutlich reduzieren können. Konkret sinken die Verluste bei mittlerem (globalem) Klimaschutz (RCP 4.5) um rund 10 % und ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) um rund 15 %. In den Alpenregionen können die Waldleistungen als Folge dieser Massnahme sogar gesteigert werden.

Die zusätzlichen Schadenskosten in Bezug auf die Holzproduktion können somit deutlich reduziert, aber nicht ganz ausgeglichen werden. Ebenso kann der Verlust der Schutzfunktion signifikant gesenkt und mit zusätzlichen Schutzbauten möglicherweise ganz vermieden werden.

4.10.4 Gesamtwirtschaftliche Wirkungskette

Wirkungskette

Ökonomische Auswirkungen

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der trockenheitsbedingten Abnahme der Waldleistungen sind anhand folgender zwei Abbildungen qualitativ beschrieben. Abbildung 86 bildet die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Auswirkungen des Klimawandels ohne Anpassung ab, Abbildung 87 die gesamtwirtschaftlichen Effekte mit Anpassung an den Klimawandel.

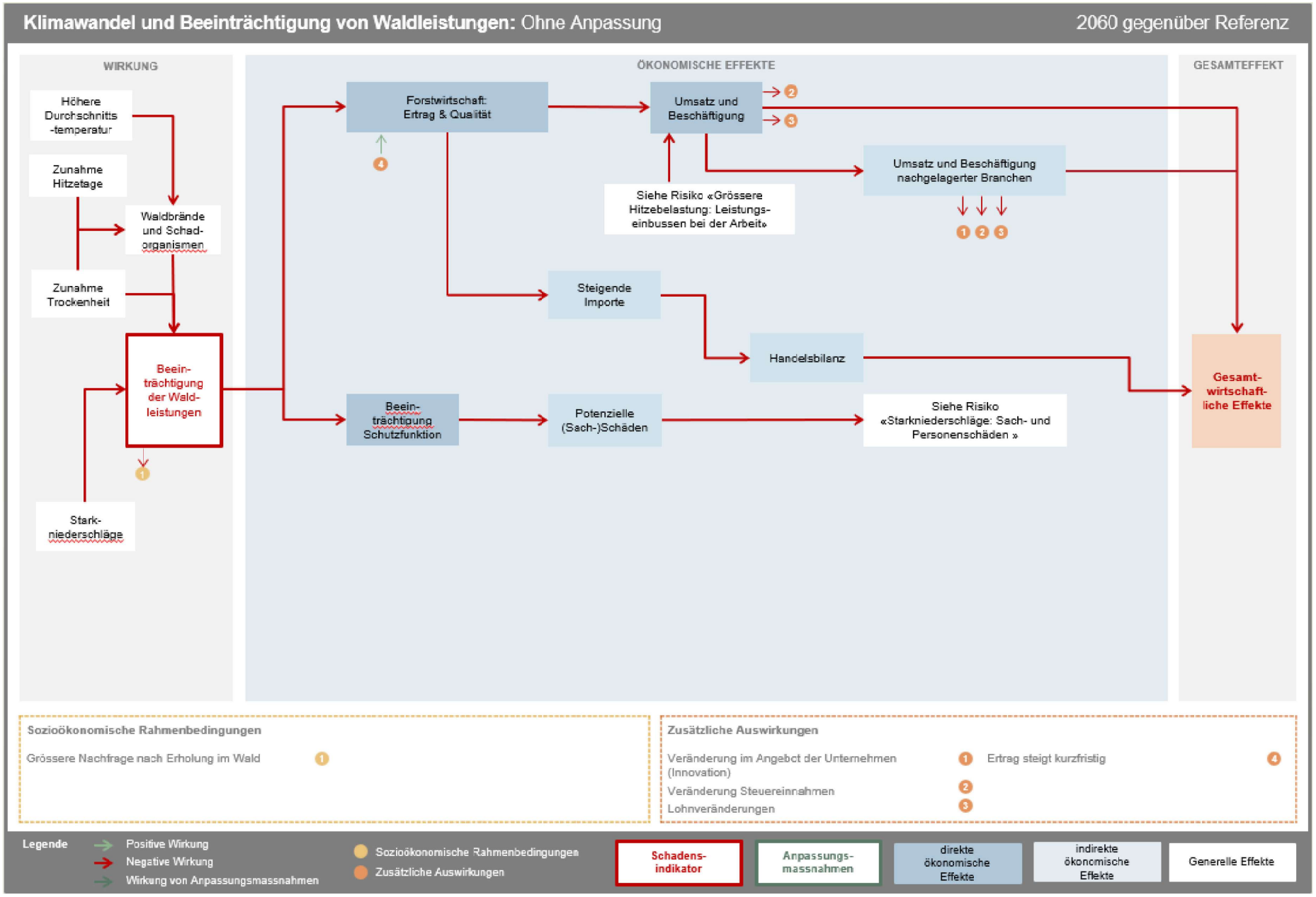


Abbildung 86 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung der Waldleistungen durch den Klimawandel ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Der Klimawandel führt mittel- bis langfristig zu tieferen Umsätzen und tieferer Beschäftigung in der Forstwirtschaft, da sowohl der Holzertrag als auch die -qualität langfristig sinkt. Dies wirkt sich auch auf nachgelagerte Branchen negativ aus. Um die Schweizer Holznachfrage zu decken, steigt der Import, was sich wiederum auf die Handelsbilanz negativ auswirkt.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Ebenso wird die Schutzfunktion der Wälder beeinträchtigt, wodurch Sach- und Personenschäden bei unterschiedlichen Naturgefahren wie Lawinen oder Murgängen zunehmen. Wie beim Klimarisiko *Starkniederschläge* detailliert ausgeführt (Kapitel 4.7), ziehen solche Naturgefahren diverse nachgelagerte Effekte nach sich, wie zum Beispiel Produktionsausfälle oder steigende Versicherungsprämien.

Zusätzliche Auswirkungen sind Beeinträchtigungen der Innovation, Steuereinnahmen und Löhne im Zusammenhang mit dem Rückgang an Umsatz und Beschäftigung.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgender Aspekt ist in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit der Auswirkungen des Klimawandels und der daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen:

— Beschäftigte in der Forstwirtschaft und den nachgelagerten Branchen sind betroffen. Sie sind wirtschaftlich von stabilen Beständen abhängig und sehen sich mit einer reduzierten Planungssicherheit, Ertragseinbussen und Einkommensverlusten konfrontiert (Bauhus et al. 2021).

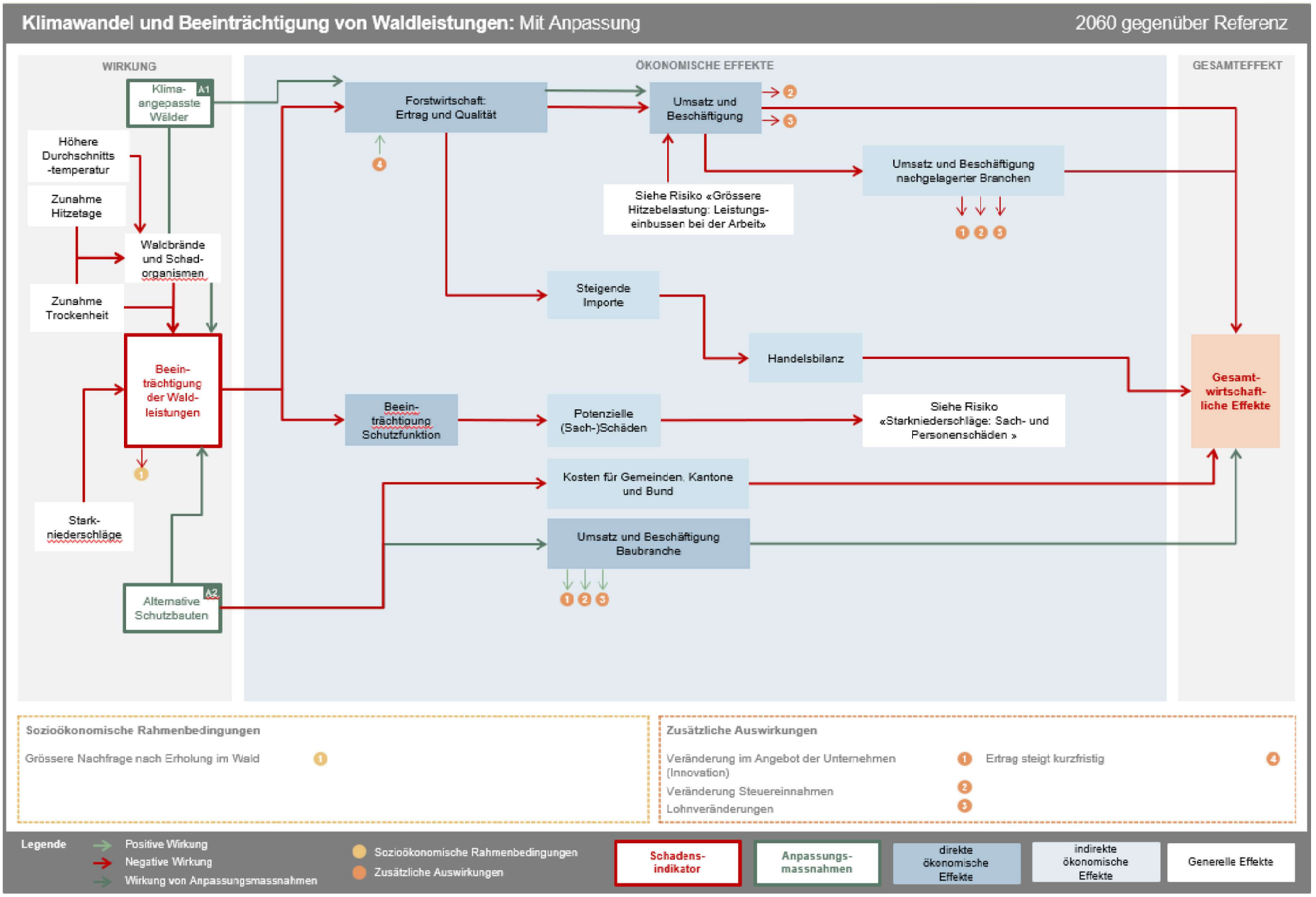


Abbildung 87 Wirkungskette gesamtwirtschaftliche Effekte der Beeinträchtigung der Waldleistungen durch den Klimawandel mit Anpassung an den Klimawandel. Quelle: eigene Darstellung.

Anpassungsmassnahmen

Der Bau von alternativen Schutzbauten sowie die Förderung von klimaangepassten Wäldern reduziert zum einen direkt den Rückgang der Waldleistungen und somit auch alle nachgelagerten negativen Effekte. Andererseits führen die Massnahmen zu zusätzlichen Kosten und Umsätzen. So führt der Bau von alternativen Schutzbauten wie Schneebrücken oder Lawinenrechen einerseits zu Kosten für die öffentliche Hand, andererseits zu Beschäftigung und Umsatz in der Baubranche. Der Umstieg auf klimaangepasste Baumarten kann helfen, die Ertragsverluste in der Forstwirtschaft auszugleichen.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Insgesamt reduzieren die Anpassungsmassnahmen die negativen gesamtwirtschaftlichen Effekte.

Verteilungsgerechtigkeit

Folgender Aspekt ist in Bezug auf die Verteilungsgerechtigkeit bezüglich der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen:

— Die Gemeinden in ländlichen Gebieten und Berggebieten sind mit höheren Kosten für den Bau von teuren Schutzbauten, für die Anpassung der Wälder sowie für Versicherungen konfrontiert.

Weitere Hinweise zur Verteilungsgerechtigkeit sind in der Massnahmentabelle integriert (separates Dokument, Kapitel 3.3).

4.10.5 Weiterführende Analysen

Aus den obigen Analysen ergeben sich folgende Empfehlungen für weiterführende Analysen:

— Detailliertere Berechnung der Kosten des Klimawandels und der Anpassung: Basierend auf den Ergebnissen von NCCS-Projekt 3 Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemleistungen in der Schweiz und den Erkenntnissen aus dem vorliegenden Bericht können die Kosten des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel der Waldwirtschaft genauer abgeschätzt werden.

— Berücksichtigung regionaler Unterschiede: Je nach Region und Lage können Waldleistungen durch die klimatischen Veränderungen zu- oder abnehmen. Eine regional differenzierte Analyse der Waldleistungen wäre daher informativ.

— Berücksichtigung weiterer Waldleistungen: Der Wald erbringt zahlreiche weitere Leistungen wie zum Beispiel die Kohlenstoffsequestrierung oder die Möglichkeit zur Erholung. Für eine vollständige Abschätzung der Kosten sollten diese so weit wie möglich integriert werden.

5. Überblick und Einordnung der Ergebnisse

5.1 Kosten des Klimawandels

5.1.1 Übersicht der Ergebnisse

Gesamtblick und Einordnung der Effekte

Die Ergebnisse der ausgewählten Klimarisiken sind detailliert im Kapitel 4 beschrieben. Die folgende Abbildung zeigt die Resultate für die quantitativ behandelten Klimarisiken im Überblick für alle Emissionsszenarien. Die Klimarisiken Wasserknappheit und Waldleistungen werden hier nicht abgebildet, da sie nur qualitativ, respektive semi-quantitativ behandelt wurden.

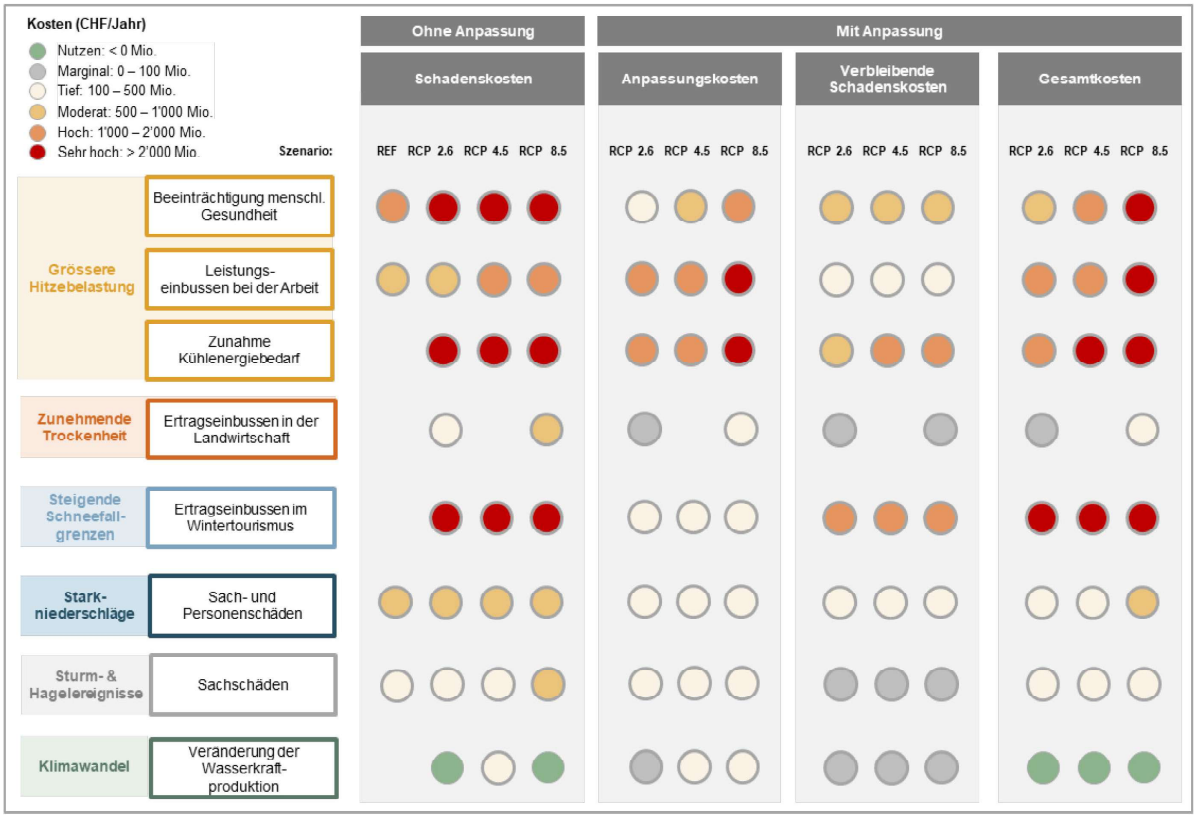


Abbildung 88 Schadens- und Anpassungskosten der quantitativ betrachteten Klimarisiken unter verschiedenen Emissionsszenarien. Quelle: eigene Darstellung.

Ohne Anpassung

Die Höhe der Schadenskosten sowie der Anpassungskosten fallen über die Klimarisiken hinweg sehr unterschiedlich aus. Ohne Anpassung führen insbesondere die hitzebedingte Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und Zunahme des Kühlenergiebedarfs sowie die Ertragseinbussen im Wintertourismus zu sehr hohen Schäden von je über 2’000 Mio. CHF pro Jahr. Je stärker ausgeprägt der Klimawandel ist, umso höher sind in der Regel die Schäden. Die klar höchsten Schäden zeigen sich im Szenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) bei der Zunahme des Kühlenergiebedarfs mit bis zu 10’000 Mio. CHF pro Jahr, gefolgt von der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit mit fast 7'000 Mio. CHF pro Jahr. Hohe Schäden (zwischen 1’000 bis 2’000 Mio. CHF pro Jahr) zeichnen sich auch bei den hitzebedingten Leistungseinbussen bei der Arbeit in den Szenarien ohne (RCP 8.5) respektive mit mittlerem (RCP 4.5) (globalem) Klimaschutz ab. Tiefe bis

moderate Schäden (zwischen 100 bis 1’000 Mio. CHF pro Jahr) sind je nach Szenario durch die trockenheitsbedingten Ertragseinbussen in der Landwirtschaft, den Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse sowie durch Personen- und Sachschäden durch Starkniederschläge zu erwarten.

Bei der Veränderung der Wasserkraftproduktion ergibt sich durch die klimatischen Veränderungen in zwei der Emissionsszenarien einen wirtschaftlichen Nettonutzen. Aufgrund veränderter Niederschlagsmengen (übergangsweise) bis 2060 kann mehr Wasserkraftstrom produziert werden.

Schäden in der Höhe von einer oder mehreren Milliarden Franken pro Jahr können für die Schweiz gravierend sein. So entspricht beispielsweise ein Ertragsverlust von 2’000 Mio. CHF pro Jahr im Wintertourismus rund 6 % des Produktionswerts des gesamten Gastgewerbes (BFS, 2025e).[38]

Mit Anpassung

Im Vergleich zu den Schadenskosten fallen die Anpassungskosten in der Regel vergleichsweise tief aus und die Schadenskosten können durch die Anpassung deutlich reduziert werden.

Gesamtkosten mit Anpassung an den Klimawandel

Die Summe der reduzierten Schadenskosten und der Kosten der Anpassung an den Klimawandel liegen beim Grossteil der betrachteten Klimarisiken unter den Schadenskosten ohne Anpassung. Anpassungsmassnahmen reduzieren somit die Kosten des Klimawandels. Eine Ausnahme bildet das Klimarisiko *Leistungseinbussen bei der Arbeit*.[39]

Auch mit Anpassung verzeichnen die Klimarisiken je nach Emissionsszenario weiterhin hohe bis sehr hohe Schäden, wie beispielsweise die Ertragseinbussen im Wintertourismus, die Zunahme des Kühlenergiebedarfs oder die Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit. Dennoch können auch bei diesen Klimarisiken die Gesamtkosten deutlich gesenkt werden. Im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) sind dies bis zu 500 Mio. CHF pro Jahr beim Wintertourismus und sogar um bis zu 5’000 Mio. CHF pro Jahr bei der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und beim Kühlenergiebedarf.

Tiefe bis marginale Gesamtkosten verbleiben bei den Klimarisiken Ertragseinbussen in der Landwirtschaft, Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse sowie Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge. Bei den Ertragseinbussen in der Landwirtschaft können die Kosten dank Anpassung um bis zu 600 Mio. CHF pro Jahr reduziert werden. Bei den Sturm- und Hagelereignissen sowie Starkniederschlägen können die Gesamtkosten um bis zu 300 Mio. CHF pro Jahr reduziert werden.

Hinweis: Die Ergebnisse zeigen nur ausgewählte Klimarisiken und geben kein Gesamtbild der Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweiz. Auch

38 Mit Produktionswert ist in der volkswirtschaftlichen Statistik der Gesamtwert aller von einer Branche produzierten Güter und Dienstleistungen gemeint – bewertet zu Marktpreisen innerhalb eines bestimmten Zeitraums (z. B. pro Jahr).

39 Die abweichenden Ergebnisse für dieses Klimarisiko sind im Wesentlichen auf konservative Modellannahmen zurückzuführen, die zu einer tendenziellen Unterschätzung der Schadenskosten und einer Überschätzung der Anpassungskosten führen. So wird beispielsweise angenommen, dass Unternehmen ihre Büroräumlichkeiten auf 21 Grad kühlen. In der Realität ist jedoch davon auszugehen, dass höhere Raumtemperaturen angestrebt werden und zusätzlich kostengünstigere organisatorische Massnahmen umgesetzt werden.

werden die bestehenden Wechselwirkungen zwischen den Klimarisiken und damit verbundenen Kopplungseffekten nicht berücksichtigt. Wie in den einzelnen Klimarisiken in Kapitel 4 beschrieben, sind die Modellierungen mit vielen Annahmen und Limitierungen versehen und die Ergebnisse werden dadurch tendenziell unterschätzt. Die vorliegenden Ergebnisse entsprechen damit einer groben Abschätzung der Kosten des Klimawandels für die Schweiz für ausgewählte Klimarisiken. Aufgrund der oben genannten Aspekte liegen die berechneten Kosten eher im unteren Bereich der möglichen effektiven Kosten, die in Zukunft durch den Klimawandel in der Schweiz entstehen.

5.1.2 Einordnung der Ergebnisse in die vorhandene Literatur

Vergleich zu anderen Studien

Hinweis: Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse dieses Berichts in die bestehende Forschungsliteratur eingeordnet. Dies beinhaltet ausschliesslich die Einordnung der direkten Schadenskosten der ausgewählten Klimarisiken, nicht jedoch die gesamtwirtschaftlichen Effekte. Wenn in diesem Kapitel Ergebnisse aus Studien mit gesamtwirtschaftlichen Modellierungen zitiert werden, beziehen sich diese ausschliesslich auf die in diesen Studien ausgewiesenen Schadenskosten der Klimarisiken und nicht auf die gesamtwirtschaftlichen Effekte. Der Vergleich mit den gesamtwirtschaftlichen Ergebnissen folgt in Kapitel 5.2.2.

Im Folgenden sind die im Bericht quantifizierten Kosten des Klimawandels anhand der Klimarisiken in die bestehende Literatur eingeordnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Strukturierung der Klimarisiken in der Literatur variiert und einzelne Klimarisiken der vorliegenden Studie daher meist nicht direkt mit den Risikobewertungen anderer Studien vergleichbar sind. Ein direkter Vergleich wird zusätzlich dadurch erschwert, dass die Studien teils unterschiedliche methodische Ansätze verfolgen sowie verschiedene geografische und zeitliche Fokusse setzen. In diesem Sinne ist die folgende Einordnung als grobe Analyse zu interpretieren.

Klima-Risikoanalyse für die Schweiz

Eine zentrale Referenz für eine Einordnung der berechneten Kosten und der Einstufung der bewerteten Klimarisiken ist die qualitative Studie *Klima-Risikoanalyse für die Schweiz* des BAFU (BAFU, 2025a).[40] Diese identifiziert 34 Klimarisiken sowie sechs Opportunitäten und ordnet sie fünf sektorenübergreifenden Herausforderungen zu. Die Klimarisiken werden bewertet und ihre erwartete Entwicklung bis 2060 eingeschätzt. Die Risikowertung erfolgt anhand einer Kombination von Klimasignal, Exposition und Vulnerabilität pro Klimarisiko mittels Einschätzungen von Expertinnen und Experten. Im Gegensatz zur ausschliesslichen Betrachtung der Auswirkungen in der Klima-Risikoanalyse konzentriert sich der vorliegende Bericht auf die Analyse der Auswirkungen und der möglichen Anpassung an diese Auswirkungen sowie der damit einhergehenden Kosten und gesamtwirtschaftlichen Effekte. Ausserdem betrachtet der vorliegende Bericht nur die Auswirkungen im Jahr 2060 gegenüber der Referenzperiode während die Klima-Risikoanalyse die Veränderung bis 2060 analysiert. Die sehr unterschiedlichen

[40] Die Systematik zur Kategorisierung der Klimarisiken dieser Studie orientiert sich grundsätzlich an der *Klima-Risikoanalyse* des Bundesamts für Umwelt (BAFU, 2025a), wurde jedoch aufgrund weiterer Literaturquellen angepasst und ist daher nicht vollständig deckungsgleich mit der ursprünglichen Einteilung.

Systemgrenzen und Betrachtungsweisen der beiden Studien lassen einen direkten Vergleich der Ergebnisse nicht zu. Die qualitative Einstufung der Klima-Risikoanalyse kann daher nicht direkt den Ergebnissen des vorliegenden Berichts gegenübergestellt werden. Auch ist ein quantitativer Vergleich der Klimarisiken nicht möglich, da für die Klima-Risikoanalyse keine monetarisierten Risikowerte vorliegen. Zusammenfassend lässt sich dennoch im Hinblick auf die Einschätzung der Auswirkungen des Klimawandels 2060 Folgendes festhalten:

— Die Klima-Risikoanalyse stellt die zunehmende Hitzebelastung als das grösste Klimarisiko dar. Auch im vorliegenden Bericht resultiert die Herausforderung *grössere Hitzebelastung* zu den grössten Auswirkungen, unter anderem aufgrund der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Leistungseinbussen am Arbeitsplatz und den steigenden Kühlenergiebedarf.

— Verschiedene Klimarisiken, die in der Klima-Risikoanalyse als *hoch* oder *sehr hoch* bewertet werden, werden im vorliegenden Bericht nur als *hoch* oder *mittel* eingestuft, oder umgekehrt. Beispiele hierfür sind die *Veränderung der Wasserkraftproduktion*, *Ertragseinbussen im Wintertourismus*, *Personen- und Sachschäden durch Starkniederschläge* sowie *Sachschäden durch Sturm- und Hagelereignisse*. Dies kann durch die unterschiedliche Betrachtung und Systemgrenzen begründet werden. Auch entsprechen die Bewertungskategorien der betrachteten Klimarisiken nicht derselben Grundlage und Kategorisierung zwischen den beiden Berichten und sind somit nicht vergleichbar.

— Die grösste Divergenz zwischen den beiden Studien betrifft das Klimarisiko *Ertragseinbussen in der Landwirtschaft*. Während der vorliegende Bericht dieses Risiko im Vergleich zu anderen Klimarisiken als *mittel* einstuft, bewertet die Klima-Risikoanalyse die Zunahme des Klimarisikos bis 2060 als *gross*. Diese Abweichung lässt sich insbesondere auf die unterschiedlichen Systemgrenzen zurückführen. Im vorliegenden Bericht werden nur acht Sorten betrachtet und nicht die gesamte Landwirtschaft wie dies in der Klima-Risikoanalyse gemacht wird.

ecoplan/Sigmaplan 2007

Eine weitere relevante Studie für einen Vergleich der berechneten direkten Schadenskosten für die Schweiz ist ecoplan/Sigmaplan (2007). Die Jahresmitteltemperaturen in dieser Studie nehmen bis 2100 um über 4°C zu (was ungefähr dem RCP 8.5 entspricht) und die ausgewiesenen Schadenskosten betreffen jeweils das Jahr 2050.

— Tourismus: ecoplan/Sigmaplan (2007) verwendet die berechneten Klimaschadenskosten der NFP31-Studie von Meier (1998) für den Tourismus. Für das Jahr 2050 liegen diese Schäden als Verlust der Wertschöpfung gemäss der NFP31-Studie zwischen 1’630 und 2’130 Mio. CHF pro Jahr. In der vorliegenden Studie liegen die Klimaschäden für den Tourismus (auch mit Anpassung) über 2’000 Mio. CHF pro Jahr. Damit liegen die Schadenskosten der beiden Studien für den Tourismus in einem ähnlichen Bereich. Während aber ecoplan/Sigmaplan (2007) die Kosten für 2050 ausweist, weist der vorliegende Bericht die durchschnittlichen Jahreskosten für 2060 aus.

— Bauten und Infrastruktur: Die von ecoplan/Sigmaplan (2007) berechneten Ergebnisse liegen zwischen 13 Mio. bis 71 Mio. im Jahr 2050. Dabei werden die Schäden aus Hochwasser und Überschwemmungen sowie Sturm und Hagel mitberücksichtigt. Im vorliegenden Bericht liegen die Schadenskosten durch Starkniederschläge mit bis zu 650 Mio. CHF pro Jahr und die Schadenskosten durch Sturm und Hadel mit bis 552 Mio. CHF pro Jahr zu somit eindeutig höher.

— Energie: In ecoplan/Sigmaplan (2007) werden drei Bereiche simultan untersucht: Elektrizitätsangebot, Klimatisierung und Heizung. Die zusätzlichen Kosten in diesen Bereichen durch den Klimawandel liegen 2050 im Median bei knapp 750 Mio. CHF pro Jahr. Im vorliegenden Bericht wird nur auf die Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserkraft fokussiert und die Auswirkungen werden als marginal ausgewiesen. Bei der Klimatisierung liegen die Schadenskosten im vorliegenden Bericht deutlich über den Angaben von Ecoplan/Sigmaplan mit Kosten zwischen 3’000 und 9’000 Mio. CHF pro Jahr je nach Emissionsszenario. Die Unterschiede in den Schadenskosten im Bereich Energie lassen sich klar auf die unterschiedlichen Systemgrenzen der beiden Studien zurückführen.

— Menschliche Gesundheit: Im Bereich des Klimarisikos menschliche Gesundheit untersuchen ecoplan/Sigmaplan (2007) die beiden Aspekte hitzebedingte Leistungseinbussen und hitzebedingte Mortalität. Für die Jahre 2030 und 2050 weisen sie im Median keine klimabedingten Mehrkosten im Gesundheitsbereich aus. Bis 2100 steigen die Mehrkosten jedoch auf knapp 1'800 Mio. CHF pro Jahr. Die Unsicherheit ist beträchtlich: Das 95%-Vertrauensintervall der Schadenskosten reicht von rund 300 bis knapp 7'300 Mio. CHF pro Jahr. Der vorliegende Bericht berechnet die Schäden der hitzebedingten Mortalität für das Jahr 2060 auf über 6'000 Mio. CHF pro Jahr und die Leistungseinbussen bei der Arbeit auf rund 1'500 Mio. CHF pro Jahr. Damit liegen die modellierten Schadenskosten deutlich über den Kosten von ecoplan/Sigmaplan. Diese entsprechen jedoch nicht den Mehrkosten im Gesundheitsbereich, die in der Studie von ecoplan/Sigmaplan berechnet wurden, sondern den gesamten Schadenskosten anhand des Wertes eines statistischen Lebens (VOSL).

COst-of-INactiion (COIN-)Projekt

Eine weitere relevante monetäre Bewertung von Klimarisiken bietet die Studie von Steiniger et al. (2015), die im Rahmen des *COst-of-INaction* (COIN-)Projekts Ergebnisse mit Fokus auf Österreich präsentiert. Das Hauptszenario berücksichtigt einen globalen Erwärmungspfad innerhalb der 2-Grad-Grenze bis 2050. Ein direkter Vergleich ist auch deswegen nur eingeschränkt möglich, da der vorliegende Bericht eine 1.5-Grad-Grenze (RCP 2.6) und das Jahr 2060 betrachtet. Dennoch lassen sich einige Anhaltspunkte ableiten:

— Landwirtschaft: Der vorliegende Bericht schätzt die Schadenskosten, je nach Emissionsszenario, ohne Anpassungsmassnahmen auf rund 100 bis 1'000 Mio. CHF pro Jahr und mit Anpassungsmassnahmen auf 0 bis 500 Mio. CHF pro Jahr. Die COIN-Studie berichtet dagegen keine klar negativen Effekte, da dort teilweise positive Auswirkungen aufgrund des Klimawandels auf die Landwirtschaft erwartet werden. Positive Effekte auf die Landwirtschaft, wie beispielsweise höhere Exporte aufgrund neuer

Anbaumethoden sowie Trockenheitsresistente Pflanze, werden im vorliegenden Bericht nur qualitativ berücksichtigt.

— Wintertourismus: Die COIN-Studie beziffert die Schadenskosten auf rund 300 Mio. EUR pro Jahr. In der vorliegenden Studie werden sie, selbst bei Umsetzung von Anpassungsmassnahmen, auf über 2'000 Mio. CHF pro Jahr geschätzt.[41]

Macro-economic / Top-down Assessment of Climate Impacts der EU

Eine weitere relevante Studie ist *Macro-economic / Top-down Assessment of Climate Impacts der EU* (European Commission, 2025), die den Fokus auf die EU legt und die Zeitperiode bis 2050 für die makroökonomische Modellierung betrachtet. Die Analyse basiert erstens auf einer umfassenden Literaturrecherche zu den Kosten von klimabedingten Gefahren, um direkte Schäden zu quantifizieren, die exogen in das makroökonomische Modell NEMESIS eingespeist werden. Zweitens werden die makroökonomischen Auswirkungen zukünftiger Klimaschäden und Anpassungsmassnahmen mithilfe des NEMESIS-Modells quantifiziert. Obwohl sich die Methodik und der geographische Fokus im Vergleich zum vorliegenden Bericht unterscheidet, sind folgende Vergleiche als Einordnung zu den Kosten des Klimawandels grundsätzlich sinnvoll:

— Klimarisiken für die Landwirtschaft: Die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf EU-Ernteerträge sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Die Studie zeigt aus der Literaturanalyse sowohl positive als auch negative Effekte. Für Weizen liegen die projizierten Veränderungen bis 2050 zwischen -22 % und +120 %, wobei der Median bei 0 % liegt. Dies ist nicht direkt mit dem vorliegenden Bericht vergleichbar, verdeutlicht jedoch die grosse Spannbreite und Unsicherheit, die mit der Quantifizierung klimabedingter Kosten allgemein, und auch gerade in der Landwirtschaft, verbunden sind.

— Überflutungen durch Flüsse: Die erwarteten Schäden gehören in der EU-Studie zu den bedeutendsten Risikobereichen. Für 2030 wird ein Medianwert von 0.18 % des EU-BIP angegeben (Spanne: 0–0.7 %), für 2050 0.43 % (0.09–2.4 %) und für 2070 0,63 % (0.07–3.3 %). Im vorliegenden Bericht werden die Schäden durch Starkregen mit 600 bis 1'000 Mio. CHF pro Jahr beziffert, was etwa 0.125% des Schweizer BIP (2023) entspricht. Somit ist berechnete Wert dieser Studie im Vergleich zur EU-Studie gering. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Hochwasserschutz in der Schweiz bereits stark entwickelt ist und dadurch die Schäden bereits heute (und in Zukunft) geringer sind als in der EU. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die getroffenen Annahmen im vorliegenden Bericht eher zu einer Unterschätzung der Kosten führen.

Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stimmen mit den Ergebnissen bestehender Studien grundsätzlich überein. Wichtig ist nochmals zu erwähnen, dass dieser Vergleich nur für die Einordnung der Grössenordnung dient.

[41] Die Wertschöpfung des Tourismus liegt in beiden Ländern im Bereich von 20 Mrd. CHF pro Jahr.

5.2 Gesamtwirtschaftliche Effekte

5.2.1 Übersicht der Ergebnisse

Gesamtblick und Einordnung der Effekte

Im Rahmen des vorliegenden Berichts werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte für einzelne Klimarisiken ausschliesslich separat modelliert. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Gesamtresultate der gesamtwirtschaftlich betrachteten Klimarisiken für die beiden Emissionsszenarien mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5).

Die Abbildung zeigt, dass die gesamtwirtschaftlichen Effekte nur für fünf Klimarisiken betrachtet werden konnten. Die Klimarisiken *Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit*, *Zunahme Kühlenergiebedarf*, *Wasserknappheit*, *Veränderung der Wasserkraftproduktion* und *Waldleistungen* werden hier nicht abgebildet, da für diese Klimarisiken aufgrund der Datenlage keine Modellierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte durchgeführt wurde (Kapitel 3.5).

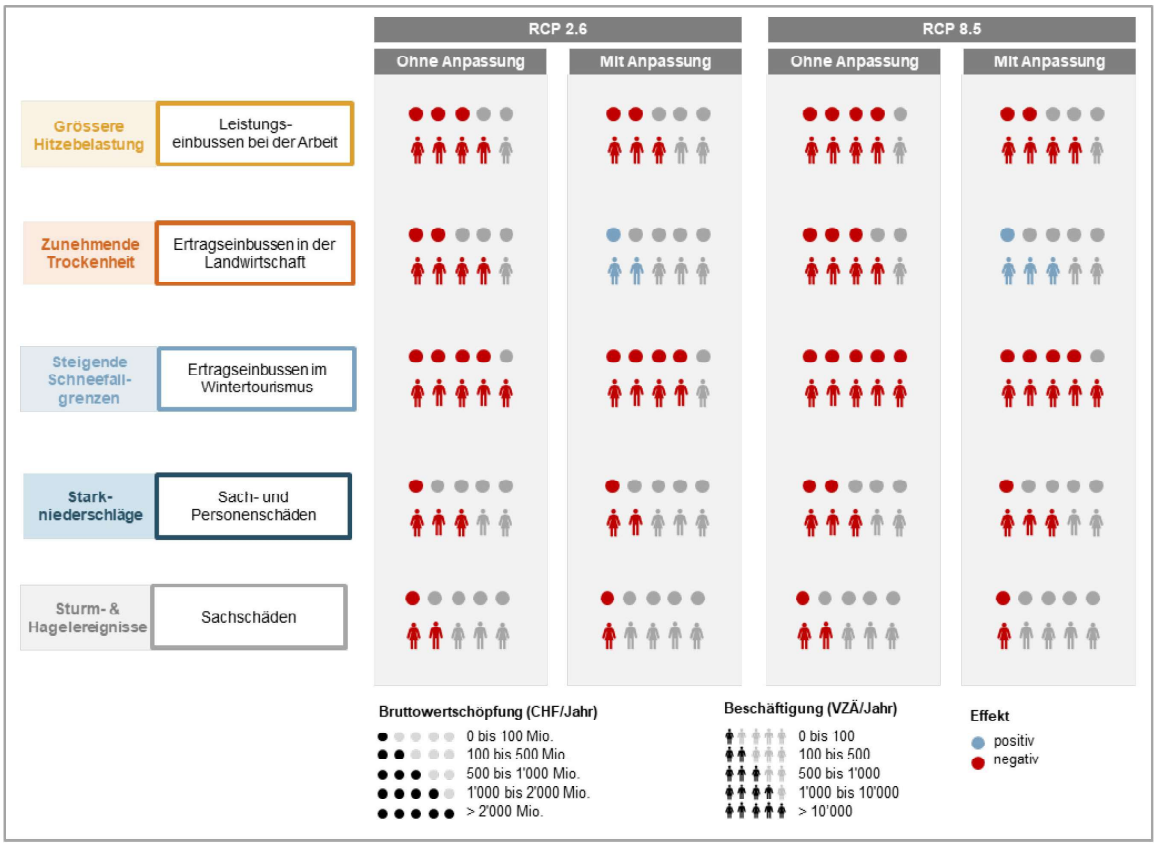


Abbildung 89 Gesamtwirtschaftliche Effekte für fünf ausgewählte Klimarisiken unter zwei Emissionsszenarien mit und ohne Anpassung. Quelle: eigene Darstellung.

Ohne Anpassung

Ohne Anpassung entsteht der grösste Bruttowertschöpfungsverlust beim Risiko *Ertragseinbussen im Wintertourismus* mit rund 1’900 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) und 2'400 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5). Dies entspricht einem jährlichen Rückgang von etwa 0.2 % respektive 0.3 % des gesamtschweizerischen BIP 2023.

Auch das Klimarisiko *Leistungseinbussen bei der Arbeit* hat bedeutende, negative Auswirkungen mit rund 700 Mio. CHF pro Jahr bis 1'400 Mio. CHF pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Rückgang von etwa 0.1 % respektive 0.2 % des gesamtschweizerischen BIP 2023.

Ebenfalls hohe Schäden folgen aus den *Ertragseinbussen in der Landwirtschaft* von rund 200 bis zu 700 Mio. CHF pro Jahr, was einem jährlichen Rückgang von 5 bis 18 % entspricht. Bezogen auf das nationale BIP entspricht es 0.03 % bis 0.1 %.

Bei den Sachschäden durch *Hagel- und Sturmereignisse* und *Starkniederschläge* liegen die Verluste mit Werten zwischen rund 50 und 150 Mio. CHF pro Jahr deutlich tiefer, was 0.01 % bis 0.02 % des jährlichen BIP entspricht. Dabei ist jedoch zu betonen, dass diese Klimarisiken sehr lokal auftreten und die entsprechenden Auswirkungen auf lokaler Ebene sehr gross sind. Da die Kosten jedoch auf die Schweiz berechnet sind, liegen diese insgesamt tiefer als die anderen Klimarisiken, die schweizweit auftreten.

Obwohl die genannten Werte prozentual gering erscheinen, sind jährliche Verluste von einzelnen Klimarisiken von 0.1 % bis 0.3 % des BIP dennoch erheblich. Zum Vergleich: Ein Rückgang des BIP um 0.3 % entspricht ungefähr der gesamten Bruttowertschöpfung des Tiefbaus, 0.2 % jener des Verlagswesens und 0.1 % jener der Papierindustrie (BFS, 2025e). Zudem ist zu beachten, dass sich jährliche Bruttowertschöpfungs-Einbussen über die Zeit kumulieren: Eine jährliche Wachstumsreduktion von 0.1 % bis 0.3 % würde über 25 Jahre zu einem kumulierten BIP-Verlust von rund 3.7 % bis 8 % führen.

Mit Anpassung

Mit Anpassung können die Verluste über alle Klimarisiken hinweg reduziert werden. Bei Anpassungsmassnehmen zur Reduktion der *Ertragseinbussen in der Landwirtschaft* kann durch die Impulse der Anpassungsmassnahme (künstliche Bewässerung) ein marginal positiver gesamtwirtschaftlicher Bruttowertschöpfungseffekt in der Höhe von rund 6 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) respektive 9 Mio. CHF pro Jahr im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) erreicht werden.

Allgemein zu beachten ist, dass es sich hierbei um jährliche Durchschnittswerte für das Jahr 2060 handelt. In der Realität unterliegt die Höhe der Schäden jedoch jährlichen Schwankungen, was Wirtschaft und Gesellschaft zusätzlich fordern kann. Zudem wird nur eine Auswahl an Klimarisiken modelliert, und innerhalb dieser werden nur bestimmte Teilaspekte berücksichtigt. Die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Klimarisiken sowie den daraus resultierenden ökonomischen Mechanismen werden im vorliegenden Bericht ebenfalls nicht abgebildet. Die hier dargestellten Werte zeigen somit nur einen kleinen Teil der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Klimawandels in der Schweiz. Effektiv werden die Auswirkungen deutlich höher liegen.

Fazit

Der Klimawandel führt zu spürbaren gesamtwirtschaftlichen Effekten und verursacht hohe gesellschaftliche Schäden. Anpassungsmassnahmen können die direkten Auswirkungen der Klimarisiken reduzieren und sind aus gesamtökonomischer Sicht und gesellschaftlicher Sicht sinnvoll.

5.2.2 Einordnung der Ergebnisse in die vorhandene Literatur

Hinweis: Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse dieses Berichts in die bestehende Forschungsliteratur eingeordnet. Dies beinhaltet ausschliesslich die Einordnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der ausgewählten Klimarisiken. Eine Einordnung der Schadenskosten der ausgewählten Klimarisiken wird in Kapitel 5.1.2 vorgenommen.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

Im Rahmen dieses Berichts werden die totalen gesamtwirtschaftlichen Effekte bewusst nicht berechnet. Die Aufsummierung der einzelnen gesamtwirtschaftlichen Effekte pro Klimarisiko entspricht nicht den totalen gesamtwirtschaftlichen Effekten für die Schweiz. Dies vor allem aufgrund der folgenden Aspekte:

— Keine Berücksichtigung von Wechselwirkungen: Die berechneten Effekte berücksichtigen keine Wechselwirkungen zwischen den Klimarisiken einerseits und keine Wechselwirkungen zwischen wirtschaftlichen Reaktionen ausgelöst durch die Klimarisiken andererseits.

— Betrachtung von nur einem Teil der Klimarisiken der Schweiz: Der Bericht berücksichtigt nur zehn Klimarisiken und von diesen werden nur fünf Klimarisiken im Hinblick auf die gesamtwirtschaftlichen Effekte quantifiziert. Zusätzlich beinhaltet diese Quantifizierung hinsichtlich Klimaanpassung nur investive Anpassungsmassnahmen. Somit werden wichtige, ergänzende Massnahmen für die Anpassung an den Klimawandel, wie beispielsweise lokalklimatische Massnahmen oder Kommunikation und Information, nicht berücksichtigt. Dadurch werden die damit ausgelösten gesamtwirtschaftliche Effekte ebenfalls nicht berücksichtigt.

Aus diesen Gründen wird auf eine Gegenüberstellung mit totalen gesamtwirtschaftlichen Effekten von anderen Studien verzichtet. Stattdessen werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte pro Klimarisiko verglichen und eingeordnet.

Auch Studien mit Ergebnissen von gesamtwirtschaftlichen Effekten pro Sektor oder Klimarisiko sind nur eingeschränkt untereinander vergleichbar. Unterschiede zwischen den Studien ergeben sich beispielsweise durch den Einsatz verschiedener Modelltypen, wie zum Beispiel CGE- vs. Input-Output-Modellierung, durch divergierende Annahmen zu Anpassungsmassnahmen, sowie durch unterschiedliche zeitliche, räumliche und sektorale Auflösungen. Zudem modellieren die zum Vergleich hinzugezogenen Studien die einzelnen Klimarisiken teilweise kumuliert und stellen dann die Effekte pro Sektor dar, während der vorliegende Bericht die Klimarisiken einzeln modelliert und anschliessend die gesamtwirtschaftlichen Effekte pro Klimarisiko darstellt. In diesem Sinne ist die folgende Einordnung als grobe, approximative Einordnung zu interpretieren.

ecoplan/Sigmaplan 2007

Die ecoplan-Sigmaplan-Studie (2007) ist für einen Vergleich der Resultate für den des Schweizer Tourismussektor relevant. Sie modelliert die direkten und indirekten Schadenskosten des Klimawandels mithilfe eines statischen Mehrländer-Gleichgewichtsmodells. Die Jahresmitteltemperaturen nehmen dabei bis 2100 um über 4°C zu (was ungefähr dem RCP 8.5 entspricht). Im Median werden in diesem Bericht für den Tourismus direkte klimabedingte

Schadenskosten geschätzt, die einer Wohlfahrtseinbusse von rund 120 Mio. CHF im Jahr 2050 entsprechen. Der Unsicherheitsbereich ist jedoch gross und reicht (95-%-Vertrauensintervall) von etwa 30 bis 700 Mio. CHF. Demgegenüber werden im vorliegenden Bericht die jährlichen negativen Effekte auf die Bruttowertschöpfung im Tourismus im Emissionsszenario ohne (globalen) Klimaschutz (RCP 8.5) auf rund 2'300 Mio. CHF durchschnittlich pro Jahr geschätzt. Die Ergebnisse lassen sich nicht direkt vergleichen, unter anderem aufgrund der unterschiedlicher Zielgrössen (Wohlfahrts[42]- vs. BIP[43]-Effekt). Dennoch scheint der ausgewiesene Effekt von ecoplan/Sigmaplan (2007) um ein Vielfaches geringer als der berechnete Effekt des vorliegenden Berichts. Ein wesentlicher Grund hierbei kann sein, dass in der ecoplan/Sigmaplan (2007) explizit internationale Wettbewerbs- und Verlagerungseffekte berücksichtigt werden. Konkret wird abgebildet, dass der schneeabhängige Wintertourismus in der Schweiz relativ weniger stark vom Klimawandel betroffen ist als in den benachbarten Alpenländern, was zu einer Verbesserung der Wettbewerbsposition der Schweiz im internationalen Wintertourismus führt.

Vöhringer et al. (2019)

Vöhringer et al. (2019) ist für einen Vergleich ebenfalls relevant und der Studienfokus bezieht sich ebenfalls auf die Schweiz. Die Studie bewertet die Kosten und Chancen des Klimawandels für die Schweiz bis 2060 und entwickelt dabei die Bewertungsmethoden weiter. Auf Basis von Bottom-up-Impact-Studien werden die volkswirtschaftlichen Konsequenzen von Klimaszenarien in einem CGE-Rahmenmodell simuliert. Das Szenario RCP3PD, das in der Studie verwendet wird, ist einem Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) ähnlich.[44]

Trotz der unterschiedlichen Methodik und der unterschiedlichen Art der ausgewiesenen Ergebnisse (Wohlfahrt[45]- vs. BIP-Effekte) lassen sich die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Vöhringer et al. (2019) für einen sehr groben Vergleich heranziehen:

— Landwirtschaft: Vöhringer et al. (2019) schätzen die negativen Effekte auf die Wohlfahrt für die Landwirtschaft aufgrund negativer Preiseffekte auf rund 80 Mio. CHF pro Jahr im Jahr 2060. Im vorliegenden Bericht resultierten die BIP-Einbussen aufgrund der Ertragseinbussen durch Trockenheit in der Landwirtschaft auf rund 230 Mio. CHF pro Jahr (RCP2.6), was höher liegt. Ein wichtiger Unterschied zwischen den beiden Studien besteht in der Systemgrenze und der Modellierung des Klimarisikos: Im vorliegenden Bericht werden ausschliesslich acht Sorten betrachtet, darunter wurden zudem keine klimaangepassten Sorten oder trockenresistente Sorten berücksichtigt. Vöhringer et al. (2019) betrachten den Landwirtschaftssektor, beschränken die Modellierung jedoch auf die

[42] Das BIP misst den Wert aller im Inland produzierten Endprodukte.

[43] In der Volkswirtschaftslehre ist Wohlfahrt kein einzelner beobachtbarer Wert wie das BIP, sondern ein theoretisches Mass für den Gesamtnutzen einer Gesellschaft. In CGE-Modellen kann es beispielsweise aus der Summe von Konsumentenrente und Produzentenrente (plus Staatseinnahmen) berechnet werden.

[44] PD steht für *Peak and Decline* und bedeutet, dass in der Mitte des 21. Jahrhunderts ein Strahlungsantrieb von ca. 3 W/m² angenommen wird, der bis zum Ende des Jahrhunderts auf 2,6 W/m² sinkt. Dies wird durch sogenannte *negative Emissionen* ermöglicht, etwa durch Carbon Capture and Storage.

[45] Wohlfahrt wird als Veränderung des Nutzens der privaten Haushalte gemessen und berücksichtigt die Auswirkungen veränderter Preise, Einkommen und Ressourcenallokationen. Damit bildet sie die gesamtwirtschaftlichen Effekte umfassender ab als das BIP allein.

Auswirkungen einer geringeren Wasserverfügbarkeit für die Bewässerung sowie auf klimabedingte Veränderungen der internationalen Preise für Landwirtschaftsprodukte.

— Produktivitätsverlust bzw. Leistungseinbussen bei der Arbeit: Die Studie von Vöhringer et al. (2019) beziffert die negativen Wohlfahrts-Effekte durch Produktivitätseinbussen aufgrund von Hitze auf 1’086 Mio. CHF im Jahr 2060. Im vorliegenden Bericht werden die negativen BIP-Effekte durch Leistungseinbussen bei der Arbeit auf etwa 500 bis 1’000 Mio. CHF pro Jahr geschätzt. Damit bewegen sich die berechneten Zielgrössen in einer ähnlichen Grössenordnung, sind aber nach wie vor nicht direkt miteinander vergleichbar.

— Tourismus: Die Ergebnisse unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich des Vorzeichens. Während Vöhringer et al. (2019) für den Wintertourismus positive Wohlfahrtseffekte ausweisen, ermittelt der vorliegende Bericht negative gesamtwirtschaftliche Effekte. Konkret schätzen Vöhringer et al. (2019) die positiven Wohlfahrtseffekte für das Jahr 2060 auf rund 3 Mio. CHF, während die vorliegende Studie negative BIP-Effekte von knapp 2'000 Mio. CHF pro Jahr ausweist. Die Unterschiede lassen sich unter anderem durch die im vorliegenden Bericht getroffenen konservativen Annahmen erklären. So wird beispielsweise angenommen, dass die Erträge in tiefer gelegenen Skigebieten vollständig wegfallen.

GWS & Prognos (2022)

GWS & Prognos (2022) verwenden das makroökonometrische Input-Output-Modell INFORGE/PANTA RHEI. Dieses bildet Wechselwirkungen, Zweitrundeneffekte und sektorale Interdependenzen von den verschiedenen Klimarisiken auf verschiedene Sektoren detailliert ab. Der Betrachtungszeitraum dabei ist 2022 bis 2050. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse von GWS & Prognos (2022) für die gesamtwirtschaftlichen Effekt der jeweiligen Klimawirkungen einzeln betrachtet und mit dem vorliegenden Bericht verglichen. Auch hier ist ein direkter Vergleich aufgrund der unterschiedlichen Methodik und Systemgrenze nur begrenzt möglich und folgende Einschätzung ist als eine sehr grobe Einordnung zu interpretieren:

— Landwirtschaft: GWS & Prognos (2022) berechnen durchschnittliche negative BIP-Effekte zwischen rund 3’800 und 5’500 Mio. EUR pro Jahr durch klimawandelbedingte Ertragsausfälle in Deutschland (ohne Anpassung). Die vorliegende Studie kommt auf negative BIP-Effekte zwischen rund 200 und 700 Mio. CHF pro Jahr in der Schweiz (RCP 2.6 und 8.5). Das deutsche BIP ist ungefähr zehnmal grösser als das Schweizer BIP. Würde man die Zahlen der vorliegenden Studie, die sich auf die Schweiz beziehen, auf das deutsche BIP skalieren, ergäben sich berechnete BIP-Verluste von rund 2’000 bis 7’000 Mio. CHF pro Jahr. Somit liegt die Kostenschätzung, als Anteil am BIP, der Klimarisiken auf die Landwirtschaft der beiden Berichte in einem ähnlichen Rahmen.

— Gebäude und Infrastruktur: GWS & Prognos (2022) prognostizieren durchschnittliche Schäden pro Jahr von rund 4’500 bis zu 16'000 Mio. EUR pro Jahr bis 2050. Der vorliegende Bericht schätzt die negativen BIP-Effekte durch Sachschäden durch *Sturm und Hagel* sowie durch *Starkniederschläge* jeweils auf bis zu 100 Mio. CHF/Jahr. Überträgt man die Ergebnisse der vorliegenden Studie proportional auf die deutsche

Volkswirtschaft, entspräche dies geschätzten Bruttowertschöpfungsverlusten für die zwei Klimarisiken jeweils bis zu 1’000 Mio. CHF pro Jahr. Somit liegen die berechneten negativen BIP-Effekte des vorliegenden Berichts deutlich unter jenen von GWS & Prognos (2022). Der Grund für die tiefere Kosteneinschätzung des vorliegenden Berichts lässt sich vor allem durch die unterschiedliche Systemgrenze des Klimarisikos begründen: GWS & Prognos (2022) haben ergänzend zu den Kosten von Sturm und Hagel sowie Starkniederschläge auch mögliche Schäden durch Hitze mitberücksichtigt.

Fazit

Im Vergleich mit anderen Studien zeigt der vorliegende Bericht keine systematische Über- oder Unterschätzung von gesamtwirtschaftlichen Kosten. Die Studien unterscheiden sich durch den verwendeten Modellansatz, der Art der ausgewiesenen Ergebnisse, den unterstellten Annahmen sowie den inkludierten Klimarisiken Deswegen sind die obigen Vergleiche nur eingeschränkt aussagekräftig und können lediglich als grobe Einordnung verstanden werden.

6. Schlussfolgerungen

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Kosten des Klimawandels für ausgewählte, relevante Klimarisiken für die Schweiz. Daraus resultieren folgende Schlussfolgerungen:

Die Kosten des Klimawandels in der Schweiz sind hoch
Für die in diesem Bericht analysierten Klimarisiken resultieren zum Teil sehr hohe jährliche Kosten des Klimawandels. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese aufgrund der getroffenen Annahmen und der nicht berücksichtigten Aspekte der analysierten Klimarisiken eher unter- als überschätzt werden.

Zudem werden Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Klimarisiken, aber auch Rückkopplungen zwischen beispielsweise Klimawandel und Biodiversität, in der vorliegenden Analyse nicht explizit berücksichtigt. Solche Interdependenzen können die tatsächlichen Auswirkungen und Kosten deutlich verstärken. Schliesslich wurde im vorliegenden Bericht nicht analysiert, dass bei weiter zunehmender Erwärmung Kipppunkte (*Tipping Points*) im Klima- und Erdsystem überschritten werden, ab denen es zu nichtlinearen, teilweise irreversiblen Veränderungen kommt. Die damit verbundenen langfristigen Schäden und ökonomischen Folgekosten sind mit den im Bericht angewandten Ansätzen nicht abbildbar.

Es kann somit insgesamt davon ausgegangen werden, dass die Kosten des Klimawandels in der Schweiz deutlich höher ausfallen werden als im vorliegenden Bericht berechnet.

Der Klimaschutz ermöglicht es, die Kosten des Klimawandels in der Schweiz tief zu halten
Die Kosten im Emissionsszenario mit konsequentem (globalem) Klimaschutz (RCP 2.6) sind tiefer als ohne (globalem) Klimaschutz (RCP 8.5). Hinzu kommt, dass sich die Schadenskosten bei besonders gravierenden Auswirkungen des Klimawandels beziehungsweise beim Überschreiten von sogenannten *Tipping Points* durch Anpassungsmassnahmen nur noch begrenzt oder gar nicht mehr reduzieren lassen. In solchen Fällen muss mit irreversiblen Schäden gerechnet werden.

Der koordinierte, globale Klimaschutz ist für die Schweiz zentral. Die Schweiz hat sich im Rahmen des *Paris Agreement* dazu verpflichtet ihren Teil zum Klimaschutz beizutragen und dies im Rahmen des Klima- und Innovationsgesetzes verankert.

Die Anpassung an den Klimawandel ermöglicht es, die Kosten des Klimawandels zu reduzieren
Eine frühzeitige Anpassung ist zentral, um die künftigen Schäden und damit verbundenen Kosten zu reduzieren. Aufgrund der mehrheitlich konservativen Annahmen bezüglich der Wirksamkeit von Anpassungsmassnahmen und der Betrachtung von ausschliesslich kostenintensiven (und damit auch modellierbaren) Anpassungsmassnahmen ist davon auszugehen, dass die verbleibenden Schadenskosten in diesem Bericht eher überschätzt sind und die effektive Wirkung der Anpassung aufgrund von ergänzenden Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel höher ausfallen wird.

Anpassungsmassnahmen lohnen sich wirtschaftlich
Die Gesamtkosten mit Anpassung, das heisst die reduzierten Schadenskosten durch den Klimawandel und die Kosten der Anpassungsmassnahmen, liegen in der Regel unter den Schadenskosten des Klimawandels ohne Anpassung. Ausnahmen können durch die getroffenen Annahmen und die definierte Systemgrenze erklärt werden. Da einerseits nur kostenintensive Anpassungsmassnahmen berücksichtigt und andererseits bestehende Wechselwirkungen zwischen den Klimarisiken im vorliegenden Bericht ausgeklammert werden, kann davon ausgegangen werden, dass die Gesamtkosten mit Anpassung im vorliegenden Bericht überschätzt sind und effektiv tiefer sein werden. Dies führt dazu, dass die Gesamtkosten mit Anpassung effektiv noch deutlicher unter den Schadenskosten ohne Anpassung liegen.

Klimawandel hat erheblich negative gesamtwirtschaftliche Effekte, die durch die Anpassung reduziert werden
Die Ergebnisse der fünf analysierten Klimarisiken bestätigen die gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Klimawandels. Sowohl die Bruttowertschöpfung als auch die Zahl der Beschäftigten zeigen grösstenteils negative Auswirkungen für unsere Volkswirtschaft. Aufgrund der getroffenen, sehr konservativen Annahmen über die gesamte Analyse hinweg (von den Auswirkungen über die Kosten bis hin zu den gesamtwirtschaftlichen Effekten) und der beschränkten Anzahl an betrachteten Klimarisiken ist davon auszugehen, dass die effektiven gesamtwirtschaftlichen Effekte deutlich unterschätzt sind.

Die Anpassung an den Klimawandel reduziert die gesamtwirtschaftlichen Effekte und generiert punktuell sogar positive Effekte. Durch gute Planung von Anpassungsmassnahmen können ausserdem Synergien genutzt und *Co-benefits* entstehen, die zusätzlich positive Auswirkungen für die Gesellschaft haben und beispielsweise die Lebensqualität erhöhen.

Fazit

Die Auswirkungen des Klimawandels sind schon heute deutlich zu spüren und nehmen in Zukunft weiter zu. Dies resultiert in hohen Kosten für die Schweiz und führt zu hohen negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen. Anpassungsmassnahmen reduzieren wirksam die Schäden des Klimawandels und ist in vielen Fällen kosteneffizient.

Empfehlungen zu weiterführenden Analysen

Der vorliegende Bericht zeigt zum ersten Mal eine Klimarisiken-übergreifende Analyse der Auswirkungen des Klimawandels der Schweiz, der Anpassung an diese Auswirkungen sowie der damit verbundenen Kosten und volkswirtschaftlichen Effekte. Weiterführende Analysen können diese Erkenntnisse vertiefen und weiterentwickeln:

— Wirkung nicht kostenintensiver Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel verstehen: Der vorliegende Bericht berücksichtigt ausschliesslich kostenintensive Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Viele Massnahmen, die die Auswirkungen des Klimawandels ohne direkte Kosten reduzieren, sind nicht berücksichtigt. Beispiele sind städtebauliche Massnahmen oder der Anbau von klimaangepassten Sorten in der Landwirtschaft. Die Wirkung dieser Massnahmen auf die Kosten des Klimawandels sind schwierig zu quantifizieren, können aber einen grossen Effekt auf die Kosten haben. Weiterführende Analysen in einzelnen

Klimarisiken sowie über die gesamten Klimaauswirkungen in der Schweiz können Einblick in diese Wirkungen geben.

— Wechselwirkungen berücksichtigen: Der vorliegende Bericht berücksichtigt keine Wechselwirkungen zwischen den Klimarisiken und modelliert deswegen ausschliesslich die gesamtwirtschaftlichen Effekte pro Klimarisiko, nicht aber gesamthaft für alle Klimarisiken. Zudem werden auch keine Kipppunkte (*Tipping Points*) sowie Wechselwirkungen mit der Biodiversitätsberücksichtigt. Für weiterführende Analysen ist es zentral, zu eruieren, wie stark diese Wechselwirkungen die Kosten und die volkswirtschaftlichen Effekte beeinflussen können.

— Gesamtkosten des Klimawandels für die Schweiz: Der vorliegende Bericht beinhaltet erste Anhaltspunkte und Grundlagen zur Abschätzung der Kosten des Klimawandels in der Schweiz. Weiterführende Analysen und Studien sind nötig, um eine fundierte Aussage über diese Gesamtkosten geben zu können, die unter anderem auch die oben genannten Aspekte beinhaltet.

A1 Auswahl der Klimarisiken

Auswahl der Klimarisiken

Die Auswahl der im vorliegenden Bericht berücksichtigten Klimarisiken basiert auf den prioritären, klimabedingten Risiken und Chancen der Klimarisikoanalyse des BAFU (BAFU, 2017). Eine qualitative Analyse der 20 prioritären Klimarisiken aus zehn verschiedenen Herausforderungen des Klimawandels ist durch das Projektteam zu Beginn des Projekts anhand folgender Kriterien erfolgt:

— Relevanz: Wir gross sind die direkten Auswirkungen der Herausforderung, bzw. des Risikos? Wie gross sind die immateriellen Risiken (z.B. Gesundheit, Lebensqualität, etc.)? Wie gross ist die Relevanz auf Ebene der Kosten (indirekte und direkte Kosten)? Wie gross ist die Relevanz für die Schweizer Volkswirtschaft?

— Quantifizierbarkeit: Sind die Auswirkungen quantifizierbar? Sind die Schäden quantifizierbar? Sind die Anpassungsmassnahmen quantifizierbar?

— Kostenzuteilung: Ist eine Zuteilung der Kosten auf die verschiedenen Akteurinnen und Akteure möglich?

Die Analyse wurde in Bezug mit einer Skala von hoch, mittel, tief getroffen und konsolidiert.

	Kriterien	hoch	mittel	tief					
Herausforderungen / Risiken	Relevanz auf Ebene Auswirkungen	Relevanz der immateriellen Risiken	Relevanz auf Ebene Kosten (direkte und indirekte Kosten)	Relevanz für Schweizer Volkswirtschaft (Wirtschaftsbranchen)	Quantifizierbarkeit der Auswirkungen	Quantifizierbarkeit der Schäden	Quantifizierung Anpassung	Zuteilung der Kosten auf die Akteure	Abdeckung durch andere Projekte
Grössere Hitzebelastung									Projekt 4 (& Projekt 3)
Beeinträchtigung menschliche Gesundheit									
Leistungseinbussen bei der Arbeit									
Zunahme Kühlenergiebedarf									
Zunehmende Trockenheit									Projekt 3 (Bestäubung)
Ernteeinbussen in der Landwirtschaft									
Waldbrandgefahr									
Wasserknappheit									
Abnahme der sommerlichen Wasserkraftproduktion									
Steigende Schneefallgrenze									
Ertragseinbussen beim Wintertourismus									
Steigendes Hochwasserrisiko									
(Personenschäden)									
Sachschäden									
Abnehmende Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen									
Beeinträchtigung der Wasser-, Boden- und Luftqualität									Projekt 3
Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft									Projekt 3
Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten									Projekt 3, Projekt 4
Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit									Projekt 4
Beeinträchtigung der Gesundheit von Nutz- und Heimtieren									Projekt 3
Ernteeinbussen in der Landwirtschaft									Projekt 3 (Bestäubung)
Beeinträchtigung der Waldleistungen									Projekt 3
Veränderung der Sturm- und Hagelaktivität									
Verbesserung von Standortbedingungen									
Wildcards									
Klimabedingte Auswirkungen im Ausland									Projekt 2

Abbildung 90 Analyse der Klimarisiken. Quelle: Eigene Darstellung.

Nicht betrachtete Klimarisiken

Folgende Klimarisiken werden im vorliegenden Bericht nicht betrachtet:

— Waldbrandgefahr (Zunehmende Trockenheit): Die Waldbrandgefahr ist stark von lokalen Bedingungen abhängig. Daher ist eine schweizweite Betrachtung und Kostenabschätzung sehr schwierig.

— Beeinträchtigung der Wasser-, Boden- und Luftqualität: Die Auswirkungen auf die Wasser-, Boden- und Luftqualität ist von vielen Faktoren abhängig und der Klimawandel hat eher moderate Einflüsse. Ausserdem sind die Kosten sehr schwierig zu quantifizieren.

— Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft: Ähnlich der Beeinträchtigung der Wasser-, Boden- und Luftqualität sind die Auswirkungen schwierig zu quantifizieren.

— Beeinträchtigung der Gesundheit von Nutz- und Heimtieren (Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten): Die Kostenrelevanz und die Relevanz für die Schweizer Volkswirtschaft aufgrund des Klimawandels sind nicht hoch eingestuft. Ausserdem sind die Kosten schwierig zu quantifizieren.

— Wildcards: Für die Wildcards sind keine konkreten Abschätzungen möglich, da noch keine wissenschaftlichen Erkenntnisse vorhanden sind.

— Klimabedingte Auswirkungen im Ausland: Diese Risiken werden im Rahmen von NCCS-Impacts Projekt 2 vertieft betrachtet und modelliert. Daher ist dieses Risiko in vorliegendem Bericht nicht berücksichtigt.

Betrachtete Klimarisiken

Die Auswahl der betrachteten Klimarisiken wurde während des Projektes auf mehreren Ebenen geprüft. Im Mai 2023 hat die Projektleitung bestehend aus dem BAFU und dem NCCS die Liste der Klimarisiken gutgeheissen. Am ersten Stakeholderworkshop 2023 haben einzelne Stakeholder den Einbezug des Klimarisikos *Sturm- und Hagelaktivität* aufgeworfen. Nach erfolgter Abklärung mit den Experten von MeteoSchweiz wurde das Klimarisiko der Hagelaktivität ergänzt. Schlussendlich wurden die Klimarisiken auch mit den Zwischenresultaten der aktualisierten Klimarisikenanalyse verglichen (BAFU, 2025a). Dabei erschien auch das Klimarisiko der trockenheitsbedingten Beeinträchtigung von Waldleistungen als relevant.

A2 Literaturverzeichnis

Agristat (2024). Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung (SES).

Allgaier Leuch B., Streit K., Brang, P. (2017). Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? Merkblatt für die Praxis 59. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt WSL. 12 S.

Althaus, J et al. (2024). Sediment Evacuation from Reservoirs through Intakes by Jet-Induced Flow. Journal of Hydraulic Engineering 14(2). 2014. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.000097

Amiri, M., Peinkhofer, C., Othman, M. H., Vecchi, D., Nersesjan, V., & Kondziella, D. (2021). Global warming and neurological practice: Systematic review. *PeerJ, 9*, e11941. https://doi.org/10.7717/peerj.11941

Anderson, R., Bayer, P. E., & Edwards, D. (2020). Climate change and the need for agricultural adaptation. Current opinion in plant biology, 56, 197-202.

Ashraf Vaghefi, S., Muccione, V., van Ginkel, K. C. H., & Haasnoot, M. (2021). Using decision making under deep uncertainty (DMDU) approaches to support climate change adaptation of Swiss ski resorts. *Environmental Science & Policy*, *126*, 65–78. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.09.005

AXA. (2024). Future Risks Report. AXA Future Risks Report 2024 | AXA konsultiert am 03.01.2025

Aznar-Siguan, G., & Bresch, D. N. (2019). Climada v1: A global weather and climate risk assessment platform. *Geoscientific Model Development*, *12*(7), 3085–3097. https://doi.org/10.5194/gmd-12-3085-2019

Balmain, B. N., Sabapathy, S., Louis, M., & Morris, N. R. (2018). Aging and Thermoregulatory Control: The Clinical Implications of Exercising under Heat Stress in Older Individuals. *BioMed research international*, *2018*, 8306154. https://doi.org/10.1155/2018/8306154 Konsultiert am 05.03.2025.

Barnett, J. & O'Neill, S. (2010): Maladaptation. Global Environmental Change - Human and Policy Dimensions 20: 211-214 (editorial).

Bauhus, J., Dieter, M., Farwig, N., Hafner, A., Kätzel, R., Kleinschmit, B., Lang, F., Lindner, M., Möhring, B., Müller, J., Niekisch, M., Richter, K., Schraml, U., (2021), Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik: *Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*, https://www.bundestag.de/resource/blob/897504/7c21543f0b4387951efe34cd4806bef1/Gutachten_WBW_Wald-data.pdf

Baumgartner, J. (2016). Abschätzung von ereignisbasierten Feststoffvolumina in Schweizer Wildbächen mit neuronalen Netzwerken. Masterarbeit, Universität Bern. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/hydrologie/fachinfo-

daten/abschaetzung_vonereignisbasiertenfeststoffvoluminainschweizer-wil.pdf.download.pdf/abschaetzung_vonereignisbasiertenfeststoffvolumi-nainschweizerwil.pdf

Bebi, P., Bugmann, H., Lüscher, P., Lange, B., & Brang, P. (2016). Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzwald und Naturgefahren. In: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.), Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 223-244.

Bergfex (2025). Skigebiete Schweiz. Abgerufen am 9. Juli 2025 von: 276 Skigebiete in Schweiz - Skifahren - Preise - Karte - bergfex

Bilal, A., & Känzig, D. R. (2024). The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature (No. w32450). National Bureau of Economic Research.

Brandes, J., Umbach-Daniel, A., Niederer, S., Fussen, D. & Schwehr, T. (2023). *Anpassung an den Klimawandel: Strategien und Massnahmen von Schweizer Unternehmen* (Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Hrsg.). https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/externe-studien-berichte/anpassung-an-den-klimawandel-strategien-und-massnahmen-von-schweizer-unternehmen.pdf.download.pdf/Anpassungsstrategien_-mass-nahmen_von_CH_Untern.pdf Konsultiert am 05.03.2025.

Bresch, D. N. & Aznar-Siguan, G. (2021) CLIMADA v1.4.1: towards a globally consistent adaptation options appraisal tool. *Geoscientific Model Development,* 14, 351-363

Brunner, M. I., Zappa, M., & Stähli, M. (2019). Scale matters: Effects of temporal and spatial data resolution on water scarcity assessments. *Advances in Water Resources*, *123*, 134–144. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.11.013

Brunner, M. I., Björnsen Gurung, A., Zappa, M., Zekollari, H., Farinotti, D., & Stähli, M. (2019a). Present and future water scarcity in Switzerland: Potential for alleviation through reservoirs and lakes. *Science of The Total Environment*, *666*, 1033–1047. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.169

Brunner, M. I.; Zappa, Massimiliano; Björnsen Gurung, Astrid; Stähli, Manfred (2019b). *Hydro-CH2018 reservoirs. EnviDat. doi:10.16904/envidat.69.*

Bundesamt für Energie BFE (2021). Energieperspektiven 2050+. *https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.html.*

Bundesamt für Energie BFE (2023). *Elektrizitätstarife 2023 – Übersicht für Haushalte*.

Bundesamt für Energie BFE (2024). Energiestrategie 2050. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html/

Bundesamt für Energie BFE (2024a). Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020. Schlussbericht vom 30. September 2024.

Bundesamt für Energie BFE (2024b). Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2023 nach Verwendungszwecken. Oktober 2024. https://www.tep-energy.ch/docs/Bericht_verwendungszwecke_2023.pdf

Bundesamt für Energie BFE (2025a). Wasserkraft. Mai 2025. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/erneuerbare-energien/wasserkraft.html

Bundesamt für Energie BFE (2025b). Statistik der Wasserkraftanlagen, abgerufen Januar 2025. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/digitalisierung-und-geoinformation/geoinformation/geodaten/wasser/statistik-der-wasserkraftanlagen.html

Bundesamt für Gesundheit BAG (2024). *Zeckenübertragene Krankheiten – Lagebericht Schweiz*. Schweizerische Eidgenossenschaft: Bundesamt für Gesundheit BAG. https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/krankheiten/ausbrueche-epidemien-pandemien/aktuelle-ausbrueche-epidemien/ ; zeckenuebertragene-krankheiten.html

Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2024a). Landeskarte der Schweiz 1:100'000. Wabern: swisstopo. Verfügbar unter https://www.swisstopo.admin.ch

Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2024b). swissBUILDINGS3D 2.0. Konsultiert am 04.03.2024. https://www.swisstopo.admin.ch/de/landschaftsmodell-swissbuildings3d-2-0

Bundesamt für Landwirtschaft BLW (2025). Agrarbericht 2024. Agrarbericht 2024Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2013). Revision Raumplanungsgesetz - 1. Etappe (RPG 1). https://www.are.admin.ch/de/rpg1

Bundesamt für Statistik BFS (2008). Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige. Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige (NOGA) | Bundesamt für Statistik (admin.ch); NOGA-Codes | KUBB - Anwendung zur Unterstützung der Codierung (admin.ch). Konsultiert am 10.10.2024

Bundesamt für Statistik BFS (2016). *Steckbrief: Medizinische Statistik der Krankenhäuser*. https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/erhebungen/ms.assetdetail.7369.html

Bundesamt für Statistik (BFS). (2020). *Medizinische Statistik der Krankenhäuser: Variablen der Medizinischen Statistik. Spezifikationen gültig ab 1.1.2020*. https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/erhebungen/ms.assetdetail.12167417.html

Bundesamt für Statistik BFS (2022). Statistik der Unternehmensstruktur (STANET). https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/industrie-dienstleistungen/erhebungen/statent.html

Bundesamt für Statistik BFS (2023). Schweizerische Input-Output-Tabelle 2017. Input-Output Tabellen | Bundesamt für Statistik - BFS Konsultiert am 29.04.2026

Bundesamt für Statistik BFS (2024a). *Detaillierte Haushaltsausgaben nach Einkommensklasse* (BFS-Nummer je-d-20.02.01.02.12) [Datensatz]. https://www.experimental.bfs.admin.ch/expstat/de/home/projekte/habe.assetdetail.32667074.html Konsultiert am 09.10.2025.

Bundesamt für Statistik (BFS). (2024b). *Steckbrief: Statistik der natürlichen Bevölkerungsbewegung (BEVNAT)*. https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/erhebungen/bevnat.assetdetail.32406990.html

Bundesamt für Statistik BFS (2024c). Landwirtschaftliche Gesamtrechnung. *Gesamtproduktion der Landwirtschaft. Zu laufenden Preisen*. Gesamtproduktion der Landwirtschaft. Zu laufenden Preisen - 1985-2025 | Daten - Tabelle

Bundesamt für Statistik BFS (2024d). *Bewässerte Flächen nach Bewässerungsmethode 2023 (ha)*. Landwirtschaftliche Betriebszählung, Zusatzerhebung Herbst 2023. Bewässerte Flächen nach Bewässerungsmethode 2023 (ha) - 2023 | Diagramm

Bundesamt für Statistik BFS (2024e). Statistik der sozialmedizinischen Institutionen (SOMED). Klientinnen und Klienten in Alters- und Pflegeheimen, 2023. Alters- und Pflegeheime | Bundesamt für Statistik - BFS

Bundesamt für Statistik BFS (2024f). Wachstums- und Produktivitätsstatistik (WPS). BIP pro Kopf zu laufenden Preisen. Bruttoinlandprodukt pro Kopf - 1991-2023 | Tabelle

Bundesamt für Statistik BFS (2024g). Lohnstrukturerhebung (LSE). Angaben zu Medianlöhne nach Branche in der Schweiz. Lohnstruktur | Bundesamt für Statistik - BFS

Bundesamt für Statistik BFS (2024h). Schweizerische Forststatistik 2024, Schweizerische Forststatistik 2023 - GNP Veröffentlichungen, konsultiert am 23.12.2025

Bundesamt für Statistik BFS (2025a). Landesindex der Konsumentenpreise. https://lik-app.bfs.admin.ch/

Bundesamt für Statistik BFS (2025b). Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR), https://www.housing-stat.ch/de/index.html

Bundesamt für Statistik BFS (2025c). Hotellerie: Ankünfte und Logiernächte der geöffneten Betriebe nach Jahr, Monat, Tourismusregion und Gästeherkunftsland. Hotellerie: Ankünfte und Logiernächte der geöffneten Betriebe nach Jahr, Monat, Tourismusregion und Gästeherkunftsland - 1.1.2005-31.7.2025 | Tabelle

Bundesamt für Statistik BFS (2025d). Elektrizitätserzeugung. Veröffentlicht am 28.07.2025, https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/energie/versorgung.assetdetail.36079964.html

Bundesamt für Statistik BFS (2025e). Produktionskonto nach Branchen (64 Branchen). Konsultiert am 09.10.2025. Produktionskonto nach Branchen (64 Branchen) - 1995-2023 | Daten - Tabelle

Bundesamt für Statistik BFS (2025f). Finanzierung des Gesundheitswesens. SwissStatsExplorer.

Bundesamt für Statistik BFS (2025g). Definition Mortalität Definition : Mortalität, konsultiert am 10.11.2025

Bundesamt für Umwelt BAFU (2012). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz – Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder: Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. Konsultiert am 10.06.2024. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/ud-umwelt-diverses/anpassung_an_denklimawandelinderschweiz.pdf

Bundesamt für Umwelt BAFU (2016). Hitze und Trockenheit im Sommer 2015: Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. *Umwelt-Zustand, 1629*, 108.

Bundesamt für Umwelt BAFU (2017): Klimabedingte Risiken und Chancen. Eine schweizweite Synthese. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1706: 148 S. Klimabedingte Risiken und Chancen (admin.ch) konsultiert am 10.10.2024.

Bundesamt für Umwelt BAFU (2018). Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer Hydro-CH2018-Synthesebericht. Verfügbar unter: Hydro-CH2018-Synthesebericht.

Bundesamt für Umwelt BAFU (2021a). Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft, https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uw-umwelt-wissen/auswirkungen-des-klimawandels-auf-die-schweizer-gewaesser.pdf.download.pdf/UW-2101-D_HydroCH2018.pdf, Konsultiert am 17.09.2025

Bundesamt für Umwelt BAFU (2021b). Langfristige Klimastrategie 2050. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/emissionsverminderung/verminderungsziele/ziel-2050/klimastrategie-2050.html, Konsultiert am 10.06.2024

Bundesamt für Umwelt BAFU (2024a). Indikator Klima (Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre. Klima: Indikatoren. Konsultiert am 10.09.2025.

Bundesamt für Umwelt BAFU (2024b). Klimawandel: Fragen und Antworten. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fragen-antworten.html#-1202736896. Konsultiert am 10.06.2024.

Bundesamt für Umwelt BAFU (2024c). Treibhausgasinventar der Schweiz. Konsultiert am 10.06.2024. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten/treibhausgasinventar.html

Bundesamt für Umwelt BAFU (2024d). Auswirkungen des Klimawandels auf Naturgefahren. Abgerufen am 04.09.2025 von Auswirkungen des Klimawandels auf Naturgefahren

Bundesamt für Umwelt BAFU (2025a), Klima-Risikoanalyse für die Schweiz, https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/uw-umwelt-wissen/klima-risikoanalyse.pdf.download.pdf/UW-2502-D_KlimaRisikoanalyse.pdf, konsultiert am: 19.09.2025

Bundesamt für Umwelt BAFU (2025b). Gefährdungskarte Oberflächenabfluss. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/gefahrengrundlagen/naturgefahren-karten/oberflaechenabfluss.html

Bundesamt für Umwelt BAFU / Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (2025). Waldbericht 2025. Entwicklung, Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2023). Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. Zusammenfassung. Was uns die Folgen des Klimawandels kosten – Zusammenfassung (bmwk.de) (konsultiert am 10.10.2024).

Caritas Schweiz (2021). Sozialverträglichkeit in der Schweizer Klimapolitik. In *Caritas Schweiz*. https://cms.caritas.ch/sites/default/files/2024-06/Factsheet_CO2_D_Internet.pdf Konsultiert am 03.01.2025

CH2018 (2018). *CH2018 – Climate scenarios for Switzerland: Technical report*. National Centre for Climate Services. https://doi.org/10.18751/Climate/Scenarios/CH2018/1.0

CH2025 (2025). *CH2025 Klimazukunft Schweiz.* https://www.meteoschweiz.admin.ch/ueber-uns/forschung-und-zusammenarbeit/projekte/2023/klima-ch2025.html, konsultiert am 26.11.2025

Cissé, G., McLeman, R., Adams, H., Aldunce, P., Bowen, K., Campbell-Lendrum, D., Clayton, S., Ebi, K. L., Hess, J., Huang, C., Liu, Q., McGregor, G., Semenza, J., & Tirado, M. C. (2022). Health, wellbeing, and the changing structure of communities. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1041–1170). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.009

Cozza et al., (2020). Measuring the thermal energy performance gap of labelled residential buildings in Switzerland. Energy Policy 137, 111085, February 2020. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111085

Der Bundesrat (2020). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz: Aktionsplan 2020 – 2025. Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz: Aktionsplan 2020–2025. Konsultiert am 18.09.2025.

de Schrijver, E., Royé, D., Gasparrini, A., Franco, O. H., & Vicedo-Cabrera, A. M. (2023). Exploring vulnerability to heat and cold across urban and rural populations in Switzerland. *Environmental research, health: ERH*, *1*(2), 025003–25003. https://doi.org/10.1088/2752-5309/acab78 Konsultiert am 05.03.2025.

de Schrijver, E., Royé, D., Gasparrini, A., Franco, O., & Vicedo-Cabrera, A. (2023). Exploring vulnerability to heat and cold across urban and rural populations in Switzerland. *Environmental Research: Health, 1*(2), 025003. https://doi.org/10.1088/2752-5309/acab78

Dos Reis Martins, M & Calanca, P. (2026). Model projections indicate substantial decrease in yield stability for summer crops in Switzerland, but less so for winter crops. Agroscope. *European Journal of Agronomy,* Volume 172, 127855. https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127855

EBP (2024). Die Wertschöpfung des Tourismus im Kanton Graubünden 2022/23, Zürich/Chur: EBP, Amt für Wirtschaft und Tourismus Graubünden. Einstieg / Wertschöpfungsstudie. Tourismus Graubünden

ecoplan/Sigma (2007): Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (nationale Einflüsse).

ecoplan/INFRAS (2024). Externe Effekte des Verkehrs 2021 – Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekte des Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehrs (Methodenbericht im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung ARE). Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Eeftens, M. & Tummon, F. (2024). Pollenallergie. In Swiss Academies Factsheets, *Swiss Academies Factsheets*. https://portal-cdn.scnat.ch/asset/3bd534cb-95f2-51ad-98ef-3a27b382a086/FACTSHEET_Pollen_D_final2.pdf?b=60ed2ce2-352e-5a88-a6bd-98645732da4d&v=fda30945-41a0-59a5-ad9e-7adc46a8b8f7_0&s=f1mqzAbw5BKu3oaEmXH-bOwd4zE7T9MgdcE8LwHkQglrVIKkFELd-ZDuDbJ7WxXORaJ1ZLV63GQkm2dQ5Qgkz35P8vZO92PLNwThggm5tqzH3kbp1BoNiiQlSaLoiAG2tajH5e4SwB8d0-UHYjXA0P4J8Y6Q5QBeH3O5AeeCJTwEY Konsultiert am 05.03.2025.

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) (2025): Unwetterschadens-Datenbank der Schweiz. https://www.wsl.ch/de/naturgefahren/hochwasser-und-ueberschwemmung/unwetterschadens-datenbank

Eidgenössische Steuerverwaltung ESTV. (2024). Umrechnungskurse im Kalenderjahr 2023. https://www.estv.admin.ch/estv/de/home/direkte-bundessteuer/fachinformationen-dbst/denominierung-des-kapitals/umrechnungskurse-2023.html

Eisenring, S., Holzkämper, A., Calanca, P. (2021). Berechnung der Bewässerungsbedürfnisse unter aktuellen und zukünftigen Bedingungen in der Schweiz. Agroscope Science 107. https://doi.org/10.34776/as107g

epexspot. (2024). All-time high volumes: Growth in spot markets illustrate trust of trading participants. Vienna, 23 January 2024. https://www.epexspot.com/en/news/all-time-high-volumes-growth-spot-markets-illustrate-trust-trading-participants

European Commission (2025). Macro-economic / Top-down Assessment of climate Impacts on the EU Economy. Final Report. Available at : Macro-economic / Top-down Assessment of Climate Impacts on the EU Economy.

Euro-CORDEX (2024). EURO-CORDEX - Coordinated Downscaling Experiment - European Domain. Accessed 2024. https://www.euro-cordex.net

European Environment Agency. (2024). *European Climate Risk Assessment: EEA Report 01/2024* (ISBN 978-92-9480-678-9). Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/8671471 Konsultiert am 05.03.2025.

European Food Safety Authority. (2023). *Vector-borne diseases*. https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/vector-borne-diseases Konsultiert am 05.03.2025.

Founda D., Santamouris M. (2017). Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer (2012). Nature Scientific Reports 7, 10973 (2017)

FOREST EUROPE (2020). State of Europe's Forest 2020.

Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. (2010) Distributed lag non-linear models. Stat Med.;29(21):2224-34. doi: 10.1002/sim.3940. PMID: 20812303; PMCID: PMC2998707.

Gonseth, C. (2013). Impact of snow variability on the Swiss winter tourism sector: implications in an era of climate change. *Climatic Change 119,* 307–320. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0718-3

Grize, L., Huss, A., Thommen, O., Schindler, C., Braun-Fabrlander, C. (2005). Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss medical weekly, 135*(1314), 200-205.

Grossman-Clarke et al., (2017). Urban effects on summertime air temperature in Germany under climate change. International Journal of Climatology 37(2). May 2016

GWS & Prognos (2022). Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050. Studie im Rahmen des Projektes Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. Available at: Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050. - GWS.

Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., & Zimmermann, N. E. (2013). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. Nature climate change, 3(3), 203-207.

He, C., Kim, H., Hashizume, M., Lee, W., Honda, Y., Kim, S. E., ... & Kan, H. (2022). The effects of night-time warming on mortality burden under future climate change scenarios: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, *6*(8), e648-e657.

Hillebrand, L., Marzini, S., Crespi, A., Hiltner, U., & Mina, M. (2023). Contrasting impacts of climate change on protection forests of the Italian Alps. *Frontiers in Forests and Global Change*, *6*, 1240235.

M. Hirschi, E.L. Davin, C. Schwingshackl, R. Wartenburger, R. Meier, L.Gudmundsson, and S.I. Seneviratne, 2020. Soil moisture and evapotranspiration. HydroCH2018 project. Commissioned by the Federal Office for the

Environment (FOEN), Bern, Switzerland, 48 pp, doi:10.3929/ethz-b-000389455.

Huizinga, Jan; De Moel, Hans; Szewczyk, Wojciech. (2017). Global flood depth-damage functions: Methodology and the database with guidelines. JRC105688. https://dx.doi.org/10.2760/16510

Hyyrynen, M., Ollikainen, M., Käyhkö, J., Suomi, J., Lintunen, J., Käyhkö, J., ... & Juhola, S. (2025). Cooling is a cost-efficient way to adapt to heatwaves even in high-latitude cities. Climatic Change, 178(5), 96.

IEA (2018). *The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning*. International Energy Agency, Paris.

IEA (2022), World Energy Outlook 2022, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022

Interkantonaler Rückversicherungsverband IKV (2025). Elementar: Übersicht 2005-2024 – Elementarschäden an Gebäuden (20-Jahresvergleich) https://cms.vkg.ch/media/as5l55rn/elementarschaeden-an-gebaeuden-2005-2024_de.pdf

International Organization for Standardization (ISO) (2017). EN ISO 52016-1:2017 Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loadsPart 1: Calculation procedures

IPCC (2014). Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

IPCC (2022): *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report

Isaac, M., & van Vuuren, D. P. (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy*, 37(2), 507–521.

Jandl, R., Tappeiner, U., Foldal, C. B., & Erb, K. (2024). *APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich.* Springer Nature.

Kanton Basel-Stadt (2025). Merkblatt gültig für das Gesuchsjahr 2025. Umwelt: Definition Scope 1 und CO2-Äquivalente. Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt. Amt für Wirtschaft und Arbeit. Basler Standortpaket. https://media.bs.ch/original_file/a61d866c4663e037de892eed002048d074f05e42/bsp-merkblatt-umwelt-scope-und-co2-aequivalente-0.pdf

Kasi, E., Saha, A. (2019). Vulnerability and Vulnerable Groups of People. In: Romaniuk, S., Thapa, M., Marton, P. (eds) The Palgrave Encyclopedia of Global Security Studies. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74336-3_369-1 Konsultiert am 05.03.2025.

Kauer, F., Lutz, E., Büttiker, D., & Kaufmann, D. (2025). Bautätigkeit und Verdrängung in der städtischen Schweiz. ETH Zurich. https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000741248

Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009). Workplace heat stress, health and productivity - an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global health action*, *2*, 10.3402/gha.v2i0.2047. https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.2047 Konsultiert am 05.03.2025.

Kilbourne, E. M. (1999). The Spectrum of Illness During Heat Waves. *American Journal of Preventive Medicine, 16*(4), PII: S0749-3797(99)00016-1 Konsultiert am 05.03.2025.

Koch C. A. (2023). Obesity is a Risk Factor. *Deutsches Arzteblatt international*, *120*(11), 188. https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0333 Konsultiert am 05.03.2025.

Kohli, A., Steinemann, M., Guyer, M., Pérus, M., Füssler, J., Bresch, D., Ragettli, M., Röösli, M., Neu, U. (2018). Auswirkungen des Klimawandels im Ausland. Risiken und Chancen für die Schweiz, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt.

Kotz, M., Levermann, A., & Wenz, L. (2024). The economic commitment of climate change. *Nature*, *628*(8008), 551-557.

Kwakkel, J. H. (2017). The Exploratory Modeling Workbench: An open source toolkit for exploratory modeling, scenario Discovery, and (multi-objective) robust decision making. *Environmental Modelling & Software*, *96*, 239–250. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.054

Laurent, J. G. C., Williams, A., Oulhote, Y., Zanobetti, A., Allen, J. G. & Spengler, J. D. (2018). Reduced cognitive function during a heat wave among residents of non-air-conditioned buildings: An observational study of young adults in the summer of 2016. *PLoS Medicine*, *15*(7), e1002605. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002605 Konsultiert am 05.03.2025.

Liechti, K., & Badoux, A. (2023). Unwetterschäden in der Schweiz 2023. Hochwasser, Murgänge, Rutschungen und Sturzprozesse. *Wasser, Energie, Luft*, *116*(1), 5-13.

Lotze-Campen, H., Conradt, T., Ewert, F., Frühauf, C., Gömann, H., Michaelis, P., Lüttger, A., Nendel, C., Weigel, H.-J. (2024): Klimawirkungen und Anpassung in der Landwirtschaft. - In: Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Eds.), Klimawandel in Deutschland, Berlin: Springer, 2. ed., 237-247. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66696-8_18

Louis, S., Carlson, A. K., Suresh, A., et al. (2023). Impacts of climate change and air pollution on neurologic health, disease, and practice. *Neurology, 100*(10), 474–483. https://doi.org/10.1212/wnl.0000000000201630

Mauri, A., Girardello, M., Forzieri, G., Manca, F., Beck, P. S., Cescatti, A., & Strona, G. (2023). Assisted tree migration can reduce but not avert the decline of forest ecosystem services in Europe. *Global Environmental Change*, *80*, 102676.

Mazzalai, E., Sario, M., Turner, G., Natukunda, J., Nordeng, Z., Aunan, K., … de'Donato, F. (2023). Adaptation to heat and concomitant environmental risks in Europe: A gap analysis. *European Journal of Public Health, 33*(Supplement_2). https://doi.org/10.1093/eurpub/ckad160.368

Meier Ruedi (1998) Sozioökonomische Aspekte von Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz. Projektschlussbericht im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms „Klimaänderungen und Naturkatastrophen", NFP31. vdf, Hochschulverlag AG an der ETH. Zürich.

Meteo Schweiz. (2024a). Klimawandel. Konsultiert am 10.06.2024. https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel.html

Meteo Schweiz (2024b). Klimaszenarien Raumklima. Konsultiert am 06.05.2024. https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel/schweizer-klimaszenarien/klimaszenarien-raumklima.html

Meteo Schweiz (2024c). Hagelklimatologie. Konsultiert am 07.05.2024. https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klima-der-schweiz/hagelklimatologie.html

MeteoSchweiz & ETH Zürich (2025). Klima CH2025 – Wissenschaftlicher Bericht. https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/publikationen/wissenschaftliche-publikationen/de/2025/klima-ch2025-wissenschaftlicher-bericht.html

Meteo Schweiz, SIA & HSLU (2022). *Klimaszenarien fürs zukünftige Innenraumklima (SIA 2028)*. Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 279, 124 S.

Moallemi, E. A., Kwakkel, J., de Haan, F. J., & Bryan, B. A. (2020). Exploratory modeling for analyzing coupled human-natural systems under uncertainty. *Global Environmental Change*, *65*, 102186. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102186

Mücke, H. G., Klasen, J., Schmoll, O., & Szewzyk, R. (2009). Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel. Dessau-Roßlau.

Mücke, H. G., Straff, W., Faber, M., Haftenberger, M., & Laussann, D. (2013). Klimawandel und Gesundheit: Allgemeiner Rahmen zu Handlungsempfehlungen für Behörden und weitere Akteure in Deutschland. *Robert Koch-Institut und Umweltbundesamt, Berlin.*

National Centre for Climate Services NCCS. (2019a). Was Sind Emissionsszenarien? https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/grundlagen-zum-klima/was-sind-emissionsszenarien-.html;
National Centre for Climate Services NCCS. (2018). CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz. https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/klima/CH2018_broschure.pdf.download.pdf/CH2018_broschure.pdf. konsultiert am 10.06.2024.

National Centre for Climate Services NCCS. (2019b). Klimaindikatoren Klimaindikatoren (admin.ch) konsultiert am 10.10.2024.

National Centre for Climate Services NCCS. (2021a). Was bedeutet Klimaschutz? Konsultiert am 10.06.2024.

https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/grundlagen-zum-klima/was-bedeutet-klimaschutz-.html

National Centre for Climate Services NCCS. (2021b). Was Sind Klimaszenarien? Konsultiert am 10.06.2024. https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/grundlagen-zum-klima/was-sind-klimaszenarien-.html#:~:text=Die%20Klimaszenarien%20stellen%20Absch%C3%A4tzungen%20zum,sein%20als%20der%20langfristige%20Trend.

National Centre for Climate Services NCCS (2021c). Gefährdete Holzproduktion. Konsultiert am 04.09.2025. Gefährdete Holzproduktion

National Centre for Climate Services NCCS. (2024). NCCS-Impacts: Programmrahmen, Version 11, 16.07.2924

News Service Bund. (2024). Inländische Elektrizitätsproduktion 2023. https://www.news.admin.ch/de/nsb?id=100748

OECD. (2016). Les Conséquences Économiques Du Changement Climatique. https://doi.org/10.1787/9789264261082-fr

Olschewski, R., Bebi, P., Teich, M., Hayek, U. W., Grêt-Regamey, A. (2012): Avalanche protection by forests—A choice experiment in the Swiss Alps. Forest policy and Economics, 17, 19-24. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.02.016

Paganos, P. et al. (2024). Understanding the cost of soil erosion: An assessment of the sediment removal costs from the reservoirs of the European Union. *Journal of Cleaner Production 434 (2024) 140183*, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140183

Pezzatti, G.B., De Angelis, A., & Conedera, M. (2016). Potenzielle Entwicklung der Waldbrandgefahr im Klimawandel. In: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.), Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 223-244Planted. (2024). Was Sind Treibhausgasemissionen? https://www.planted.green/nachhaltigkeit-wissen/was-sind-treibhausgasemissionen-und-welchen-einfluss-haben-sie-auf-den-klimawandel?utm_term=was+sind+treibhausgase&utm_campaign=adsgrants_sea_gen_planted_magazin&utm_source=adsgrants&utm_medium=ppc&utm_content=%7Badgroup%7D_adsgrants&device=c&utm_account=grants&gad_source=1 konsultiert am 10.06.2024

Poussin, C., Peduzzi, P., Chatenoux, B. et al. (2025). A 37 years [1984–2021] Landsat/Sentinel-2 derived snow cover time-series for Switzerland. Sci Data 12, 632 https://doi.org/10.1038/s41597-025-04961-6, konsultiert am 11.09.2025

Preston, I., Banks, N., Hargreaves, K., Kazmierczak, A., Lucas, K., Mayne, R., Downing, C., Street, R. & Centre for Sustainable Energy. (2014). *Climate Change and Social Justice: an evidence review* (ISBN: 978 1 909 586079). Joseph Rowntree

Foundation. https://centreforsustainableenergy.ams3.digital-oceanspaces.com/wp-content/uploads/2023/03/18215553/climate-change-and-social-justice-evidence-review.pdf konsultiert am 26.08.2024 Konsultiert am 06.01.2025.

Ragettli, M. S., Vicedo-Cabrera, A. M., Schindler, C., & Röösli, M. (2017). Exploring the association between heat and mortality in Switzerland between 1995 and 2013. *Environmental Research*, 2017. *158C*, 703–709. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.021

Ragettli, M. S., Vicedo-Cabrera, A. M., Flückiger, B., & Röösli, M. (2019). Impact of the warm summer 2015 on Emergency Hospital admissions in Switzerland. *Environmental Health*, *18*(66). 1-10. https://doi.org/10.1186/s12940-019-0507-1

Ragettli M. S., Florian S., Röösli M. (2023). Monitoring hitzebedingte Todesfälle 2000 bis 2022. ImpactIndikator «Hitzebedingte Todesfälle». Synthesebericht Juli 2023. Im Auftrag des BAFU und BAG.

Ragettli, M. S., Flückiger, B., Vienneau, D., Domingo-Irigoyen, S., Koschenz, M., & Röösli, M. (2024). Vulnerability to heat-related mortality and the effect of prevention strategies: A nationwide analysis in Switzerland. *Swiss Medical Weekly, 154*, 3418. https://doi.org/10.57187/smw.2024.3418

Ragettli M. S., Luyten A., Röösli M. (2025): Monitoring hitzebedingte Todesfälle: Sommer 2024. Impact-Indikator «Hitzebedingte Todesfälle» 1980-2024. Juni 2025. Im Auftrag des BAFU und BAG.

Reckien, D., Magnan, A.K., Singh, C., Lukas-Sithole, M., Orlove, B., Schipper, E.L.F, Coughlan de Perez, E. (2023). Navigating the continuum between adaptation and maladaptation. https://doi.org/10.1038/s41558-023-01774-6

Robine, J.-M., Cheung, S. L., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., & Herrmann, F. R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus. Biologies*, *331*(2), 171–178. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.12.001

Romanello, M., Walawender, M., Hsu, S. C., Moskeland, A., Palmeiro-Silva, Y., Scamman, D., ... & Costello, A. (2024). The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. *The Lancet*, *404*(10465), 1847-1896. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(24)01822-1

Rütter, H., Müller, H., Guhl, D., & Stettler, J. (1995). Tourismus im Kanton Bern: Wertschöpfungsstudie. Berner Studien zu Freizeit und Tourismus 34

Rütter Soceco (2016). Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkung im ländlichen und alpinen Tourismus. Schweizer Tourismus-Verband STV

Santamouris, M. (2016). Cooling the buildings – past, present and future. *Energy and Buildings*, 128, 617–638.

Schulte, F., Röösli, M., & Ragettli, M. S. (2024). Risk, attributable fraction and attributable number of cause-specific heat-related emergency hospital

admissions in Switzerland. *International Journal of Public Health, 69*, 1607349. https://doi.org/10.3389/ijph.2024.1607349

Schutz vor Naturgefahren (2020). Neue Normen SIA 261 und 261/1. https://www.schutz-vor-naturgefahren.ch/architekt/blog/15-neue-normen-sia-261-und-261-1.html

Schweizerische Eidgenossenschaft. (2020). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. Bern, 164 S.

Schweizerisches Tropen und Public Health Institut (Swiss TPH). (2021). Hitze und Gesundheit: Die Wirkung von Hitzeinseln, Grünräumen und anderen Faktoren (A.06). In Bundesamt für Gesundheit BAG (Hrsg.), *Pilotprogramm Anpassung An den Klimawandel*. https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/massnahmen/projekte/A.06_BrochureSyn_original_DE.pdf.download.pdf/A.06_BrochureSyn_original_DE.pdf Konsultiert am 05.03.2025.

Schweizerische Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen SZG (2016). Kosten von Bewässerungsverfahren im Freiland-Gemüsebau.

Seebauer, S., Babcicky, P., Rogger, M., Dworak, T., Thaler, T., Joanneum Research, Fresh Thoughts Consulting GmbH & Universität für Bodenkultur. (2021). *Erweiterung des Hochwasserrisikomanagements durch soziale und psychologische Vulnerabilitätsindikatoren*. https://justfair.joanneum.at/wp-content/uploads/2021/03/JustFair-PolicyBrief1_Privathaushalte.pdf Konsultiert am 05.03.2025.

Seilbahnen Schweiz (2025). Fakten & Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche 2024. Publikationen | Seilbahnen Schweiz

Sera, F., Hashizume, M., Honda, Y., et al (2020) Air conditioning and heat-related mortality: a multi-country longitudinal study. *Epidemiology 31*(6):779–787. https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001241

Seto, K.C. et al. (2016): Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 425–452

Sinclair, W. H., Crowe, M. J., Spinks, W. L., & Leicht, A. S. (2007). Prepubertal children and exercise in hot and humid environments: a brief review. *Journal of sports science & medicine*, *6*(4), 385–392. Konsultiert am 05.03.2025.

Steininger, K., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (2015), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria.

Stalhandske, Z., Nesa, V., Zumwald, M., Ragettli, M. S., Galimshina, A., Holthausen, N., Röösli, M. & Bresch, D. N. (2022). Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland. *Natural Hazards And Earth System Sciences*, *22*(8), 2531–2541. https://doi.org/10.5194/nhess-22-2531-2022 Konsultiert am 05.03.2025.

Stalhandske, Z. (2020). Impacts of Heat and Climate Change on Labour Productivity in Switzerland. Master Thesis. Impacts of Heat and Climate Change on Labor Productivity in Switzerland

Stern, N. (2006). The economics of climate change: the Stern review.

Strauss, A., & Fischer, C. (Eds.). (2025). *Waldbericht 2025. Entwicklung, Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes*. https://doi.org/10.55419/wsl:37780

Thurnherr, I. et al. (2025). The Effect of 3C Global Warming on Hail Over Europe. Geophysical Research Letters, 52. https://doi.org/10.1029/2025GL114811

United Nations. (2016). Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. In *United Nations* (report A/71/644; S. 1–41). https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf

Umweltbundesamt. (2015). Die Asiatische Tigermücke Aedes albopictus: Fachinformation. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/flyer_die_asiatische_tigermuecke.pdf

Universität Bern / Mobiliarlab (2025) https://www.risikosensitivitaet.ch/, https://www.mobiliarlab.unibe.ch/ https://www.risikosensitivitaet.ch/

Universität Bern / Mobiliarlab (2025a) https://schadenpotenzial.hochwasserrisiko.ch/de/map, https://www.mobiliarlab.unibe.ch/ https://schadenpotenzial.hochwasserrisiko.ch/de/map

Ürge-Vorsatz, D., et al. (2015). Heating and cooling energy trends and drivers in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 85–98.

Vaghefi, S. A., Muccione, V., Neukom, R., Huggel, C., & Salzmann, N. (2022). Future trends in compound concurrent heat extremes in Swiss cities - an assessment considering deep uncertainty and climate adaptation options. *Weather and Climate Extremes*, *38*, 100501. https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100501

Vaghefi, S. A., Muccione, V., van Ginkel, K. C. H., & Haasnoot, M. (2021). Using Decision Making under Deep Uncertainty (DMDU) approaches to support climate change adaptation of Swiss ski resorts. *Environmental Science & Policy, 126*, 65–78. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.09.005

Van Daalen, K. R., Hayes, K., Kovats, S., Robinson, E., Dubrow, R., Ebi, K. L., … Haines, A. (2024). The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: Unprecedented warming demands unprecedented action. *The Lancet Public Health, 9*(7), e495–e522. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00100-1

Van Zutphen, A. R., Lin, S., Fletcher, B. A., & Hwang, S. (2012). A Population-Based Case–Control study of extreme summer temperature and birth defects. *Environmental Health Perspectives*, *120*(10), 1443–1449. https://doi.org/10.1289/ehp.1104671. Konsultiert am 05.03.2025.

Vereinigung Kantonaler Gebäudeversicherungen VKG. (2021). Ereignisanalyse: Die Sommerunwetter 2021 in der Schweiz. https://cms.vkg.ch/media/rwjdpxub/ereignisanalyse-sommer-2021_d.pdf

Vöhringer, F., Vielle, M., Thalmann, P., Frehner, A., Knoke, W., Stocker, D., & Thurm, B. (2019). Costs and benefits of climate change in Switzerland.

Warren, R., VanDerWal, J., Price, J., Welbergen, J. A., Atkinson, I., Ramirez-Villegas, J., Osborn, T. J., Jarvis, A., Shoo, L. P., Williams, S. E., & Lowe, J. (2013). Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding Biodiversity loss. *Nature Climate Change*, *3*(7), 678–682. https://doi.org/10.1038/nclimate1887

Welzer, H. (2020). *Klimakriege: Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird*. Fischer Taschenbuch.

Wermelinger, S. (2018). *Schweizer Wasserkraft ist nicht bedroht vom Gletscherschwund*. https://naturschutz.ch/news/gesellschaft/schweizer-wasserkraft-ist-nicht-bedroht-vom-gletscherschwund/127118

Wicki, B., Flückiger, B., Vienneau, D., de Hoogh, K., Röösli, M., & Ragettli, M. S. (2024). Socio-environmental modifiers of heat-related mortality in eight Swiss cities: A case time series analysis. *Environmental Research*, *246*, 118116. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118116 Konsultiert am 05.03.2025.

Wilhelm L., et al. (2024). Reconstructing hail days in Switzerland with statistical models (1959–2022). Natural Hazards and Earth System Sciences 24, 3869–3894, 2024

World Meteorological Organization WMO (2025), WMO confirmes 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre- industrial level. WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level, 10.01.2025

WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) (2024). SSP-CH: Sozioökonomische Szenarien für die Schweiz. SSP-CH: Sozioökonomische Szenarien für die Schweiz Konsultiert am 03.01.2025.

Wu, W. J., Hutton, J., Zordan, R., et al. (2023). Scoping review of the characteristics and outcomes of adults presenting to the emergency department during heatwaves. *Emergency Medicine Australasia, 35*(6), 903–920. https://doi.org/10.1111/1742-6723.14317

Zammit, C., Torzhenskaya, N., Ozarkar, P. D., & Agius, J. C. (2021). Neurological disorders vis-à-vis climate change. *Early Human Development, 155*, 105217. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2020.105217

Zubler E, Scherrer SC, Croci-Maspoli M, Liniger M, Appenzeller C. 2014. Key climate indices in Switzerland; expected changes in a future climate. Climatic Change 123:255–271.