

CLIMATE TIPPING POINTS

Das Umkippen essentieller
Klimasysteme als globales Risiko

KURZVERSION –
die komplette Studie ist erhältlich unter
info@feri-institut.de



„Mit dem Überschreiten von 1,5°C globaler Erwärmung riskieren wir den Verlust zentraler Kippelemente wie Grönlandeis, Atlantische Umwälzzirkulation und Amazonas-Regenwald. Um sie zu schützen ist eine entschlossene Umsetzung der Pariser Klimaziele unerlässlich.“

Prof. Dr. Nico Wunderling, Professor für Erdsystemwissenschaften am Center for Critical Computational Studies (C³S)
der Goethe-Universität Frankfurt und Wissenschaftler am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung



Quelle Titelbild: KI-generiertes Bild mit Adobe Firefly, 2025

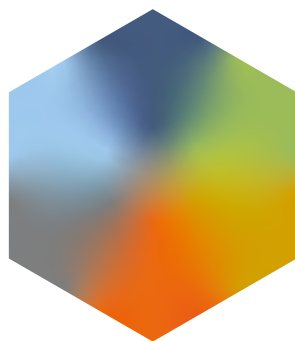
STUDIE

CLIMATE TIPPING POINTS

Das Umkippen essentieller
Klimasysteme als globales Risiko

Dr. Heinz-Werner Rapp

Mit Expertenbeiträgen von
Prof. Dr. Nico Wunderling und Antje Biber



*Erkennen
ist mehr
als Sehen*

„The world has entered a new reality. Global warming will soon exceed 1.5°C. This puts humanity in the danger zone where multiple climate tipping points pose catastrophic risks to billions of people.“

University of Exeter, Global Tipping Points (2025, Report)

„Bereits das Überschreiten einzelner Kipppunkte hat weitreichende Umweltauswirkungen, welche die Lebensgrundlage vieler Menschen gefährden. Es besteht zudem das Risiko, dass durch Rückkopplungsprozesse weitere Kipppunkte im Erdsystem überschritten werden und so eine dominoartige Kettenreaktion ausgelöst wird.“

PIK (2025, Erdsystem)

„We are on a highway to climate hell, with our foot still on the accelerator.“

António Guterres, UN-Generalsekretär, 2024

Persönliche Botschaft von Prof. Dr. Nico Wunderling, Professor für Erdsystemwissenschaften am Center for Critical Computational Studies (C³S) der Goethe-Universität Frankfurt und Klimaforscher am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung:

„Diese Analyse ist von grundlegender Bedeutung, weil sie die größten systemischen Risiken des Klimawandels klar benennt und in den Kontext wirtschaftlicher und finanzieller Risikodimensionen stellt. Im Fokus stehen zentrale Kippelemente des Erdsystems – wie der Grönländische Eisschild, die Atlantische Umwälz-zirkulation (AMOC), der Amazonas-Regenwald sowie deren Interdependenzen. Deren Umkippen hätte dramatische Folgen: von mehreren Metern Meeresspiegelanstieg über gravierende Veränderungen des Klimas auf der Nordhalbkugel und insbesondere in Europa, bis hin zu einer massiven Gefährdung globaler Artenvielfalt. Die Analyse zeigt unmissverständlich auf, vor welchen Herausforderungen auch die globalen Wirtschafts- und Finanzsysteme stehen und welche politischen wie gesellschaftlichen Lösungen notwendig sind, um die Kippelemente des Klimas stabil zu halten. Für Investoren und Entscheidungsträger in der Finanzwelt ist die Analyse ein wichtiger Referenzpunkt – und ein klarer Weckruf, um diesbezügliche Risikoerwartungen neu zu kalibrieren.“



Prof. Dr. Nico Wunderling

Bad Homburg, Oktober 2025

VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

das Problem der Erderwärmung formiert sich – oftmals noch unterschätzt oder ignoriert – zu einem äußerst mächtigen „Megatrend“. Dieser wird in den nächsten Jahren immer stärker auf alle Lebensbereiche einwirken und viele Grundpfeiler des globalen Systems massiv unter Druck setzen.

Ein wichtiger Treiber liegt im Phänomen der **Klimakipppunkte** (*Climate Tipping Points*). Dieser Aspekt betrifft sensible Bereiche des Klimasystems, die sogenannten **Kippelemente**. Werden dort kritische Schwellenwerte („*Tipping Points*“) überschritten, verlieren diese Elemente ihre Stabilität und gehen in einen anderen Systemzustand über – mit hoher Eigendynamik und meist irreversibel. Inhärente Selbstverstärkungsmechanismen beschleunigen die Kippprozesse und erhöhen deren Kritikalität.

Da das Klimasystem eng vernetzt ist, kann das Kippen eines Elements auch andere Kippelemente „anstoßen“ und damit weitreichende **Kippkaskaden** auslösen. Klimaschäden können sich so in ihren negativen Wirkungen kumulieren und potenzieren. Dieses Phänomen dürfte erklären, warum das reale Ausmaß heutiger Klimaveränderungen frühere Prognosen immer wieder signifikant übertrifft.

Die Klimaforschung geht heute davon aus, dass unser Planet bei rund 1,5°C Erderwärmung wichtigen Kippunkten gefährlich nahekommt – oder diese bereits überschritten hat! Akute Risiken zeigen sich in Bereichen wie dem Grönlandeis, den Permafrostböden sowie wichtigen Nordatlantikströmungen. Die zugehörigen Kippkaskaden und deren globale Konsequenzen wären äußerst schwerwiegend – werden aber in ihrer Gesamtheit oft noch sträflich unterschätzt: Eine Beschleunigung der planetaren Erwärmung hätte eine **Vielzahl existenzieller Bedrohungen** für Biodiversität und Lebensräume zur Folge – nicht zuletzt einen scharfen Anstieg des Meeresspiegels!

Vom Klimawandel direkt betroffen ist auch das globale **Finanzsystem**, das durch rapide anwachsende Klimaschäden und deren abnehmende Versicherbarkeit perspektivisch unter Druck gerät. Neue Konzepte wie „*Planetary Solvency*“ und „*Protection Gap*“ implizieren eine scharfe **Neubewertung** bislang unterschätzter Klimarisiken – vermehrt auch an den globalen Kapitalmärkten!

Die vorliegende Studie analysiert die komplexen Ursachen und Wirkungsmuster der *Climate Tipping Points* sowie daraus resultierende Risiken für Umwelt und Gesellschaft, aber auch für Wirtschaft und Finanzsysteme. Letzterer Aspekt wird oftmals unterschätzt und steht deshalb im Fokus von Kapitel 6; einer umfassenden Würdigung relevanter Klimakipppunkte dient Kapitel 5, während Kapitel 4 spezielle Phänomene wie Rückkopplungen, Nichtlinearität und Irreversibilität vertieft.

Thema und Grundaussage der vorliegenden Arbeit sind keine „leichte Kost“ – dennoch sollte ihre Botschaft klar zur Kenntnis genommen werden: Der Klimawandel führt schon jetzt zu enormen Herausforderungen, die durch die *Climate Tipping Points* weiter verschärft und beschleunigt werden. Daraus resultiert eine große Verantwortung gegenüber künftigen Generationen, die mit der bedrohlichen Kippdynamik eines sich immer stärker aufheizenden Planeten leben müssen.

Unternehmer und Investoren sollten diese Zusammenhänge klar erkennen und umfassend verstehen.

Wir wünschen eine aufrüttelnde Lektüre!

Dr. Heinz-Werner Rapp

Gründer & Leiter Steering Board
FERI Cognitive Finance Institute

Abstract (KI-generiert*)

Die Studie befasst sich mit den Dynamiken und Risiken sogenannter *Climate Tipping Points (CTPs)*, kritischer Kipppunkte im Erdsystem, deren Überschreiten abrupt, irreversibel und mit weitreichenden Folgen verbunden sein kann. Im Zentrum steht die Erkenntnis, dass diese Kippprozesse nicht isoliert, sondern hochgradig vernetzt sind und sich durch Rückkopplungen gegenseitig verstärken können.

Zu den zentralen Kippelementen zählen die Eisschilde Grönlands und der Antarktis, der Amazonas-Regenwald sowie die Atlantische Umwälzzirkulation (AMOC) und der Subpolare Wirbel (SPG). Die Hauptursache für das Näherücken dieser Kipppunkte ist die zunehmende Erderwärmung. Dahinter steht der menschengemachte Ausstoß von Treibhausgasen, insbesondere CO₂ und Methan, der seit Beginn des industriellen Zeitalters massiv zugenommen hat. Bereits 2024 wurde die kritische 1,5°C-Marke überschritten – ein Wert, bei dem laut Forschung erste Kipppunkte ausgelöst werden könnten.

Kapitel 6 analysiert die weitreichenden Folgen dieser Entwicklungen: Zunächst wird deutlich, dass eine beschleunigte Verschärfung negativer Klimaeffekte zu erwarten ist. Selbst moderate Erwärmungsszenarien können zentrale Kippelemente wie Eisschilde, Regenwälder oder Meeresströmungen destabilisieren, was Rückkopplungs- und Kaskadeneffekte auslöst und die globale Erwärmung verstärkt. Dadurch drohen tiefgreifende ökologische Schäden, etwa durch steigende Meeresspiegel, Verlust von Biodiversität oder den Zusammenbruch ganzer Ökosysteme.

Auch ökonomisch entstehen gravierende Belastungen: Klimabedingte Schäden übertreffen vielfach frühere Prognosen, und durch neue Erkenntnisse zu den CTPs ändern sich Risikoeinschätzungen grundlegend. Versicherungen, Kapitalmärkte und Volkswirtschaften sehen sich wachsenden „*High Impact – High Probability*“-Ereignissen ausgesetzt. Das führt zu neuen Ansätzen wie dem Konzept der „*Planetary Solvency*“, das Klimarisiken systematisch in ökonomische Analysen integriert.

Darüber hinaus ergeben sich massive politische und gesellschaftliche Herausforderungen: Extreme Wetterereignisse, klimabedingte Migration und Gefährdungen von Infrastruktur erhöhen den Druck auf bestehende Institutionen und verstärken soziale Spannungen. Gleichzeitig hemmen politische Polarisierung und Klimaskepsis dringend notwendige Maßnahmen. Dies verdeutlicht ein zentrales Spannungsverhältnis: Während die wissenschaftliche Dringlichkeit unstrittig ist, bleiben öffentliche Wahrnehmung und politische Handlungsbereitschaft oft zurück.

Die Studie betont einen exponentiell wachsenden Handlungsdruck für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Eine drastische Reduktion von Emissionen, die Stärkung von Resilienz, Frühwarnsysteme, sowie internationale Koordination sind unverzichtbar. Insgesamt wird deutlich: Die Existenz von Climate Tipping Points hebt die Klimakrise auf ein neues Niveau systemischer Bedrohung, das nur durch entschlossenes und sofortiges Handeln eingedämmt werden kann.

* KI-generierte Zusammenfassung der vorliegenden Studie durch ChatGPT und Copilot.
(Prompt: Erstelle eine einseitige Zusammenfassung der Studie unter besonderer Berücksichtigung von Kapitel 6, 19.09.2025)

Wie funktioniert der Treibhauseffekt und wie empfindlich reagiert die Umwelt, wenn die Menschheit den Kohlenstoffdioxid-Ausstoß ungebrems fortsetzt? Mehr dazu in diesem Video:



INHALT

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
1 Executive Summary	4
2 Einführung und Hintergrund	8
3 Aktueller Stand der Wissenschaft	12
3.1 Ausgangslage und Problemdimension	12
3.1.1 Globale Erwärmung und Treibhauseffekt	12
3.1.2 Das Problem der Treibhausgase	14
3.1.3 Die Beziehung zwischen Treibhauseffekt und Erderwärmung	16
3.2 Wissenschaftlicher Kontext und Bezüge zur Klimaforschung	20
3.2.1 Das globale Klima als komplexes dynamisches System	20
3.2.2 Kippelemente und Kippunkte im globalen Klimasystem	24
3.2.3 Der Beitrag moderner Simulationsverfahren zur Abschätzung von Klimarisiken	28
3.3 Grundsätzliche Risikoszenarien und zeitliche Einordnung	30
4 Eigenschaften von Klimakippunkten	36
4.1 Modulation: Die Steuerung komplexer Systeme	36
4.2 Dynamik: Die Rolle kritischer Schwellenwerte	37
4.3 Nichtlinearität: Das Phänomen der Kaskadeneffekte	40
4.4 Dominoeffekte: Die Bedeutung multipler Interdependenzen	41
4.5 Feedback Loops: Die Macht positiver Rückkopplungen	44
4.6 Irreversibilität: Das Problem der Unumkehrbarkeit	46
5 Kippunkte und Kippdynamiken im globalen Klimasystem	50
5.1 Hintergrund und Abgrenzung	50
5.2 Abschmelzen polarer Eisschilde und Polkappen	53
5.3 Atlantische Umwälzzirkulation (AMOC) und Subpolarer Wirbel (SPG)	72
5.4 Tropische Regenwälder und Amazonas-Ökosystem	86
5.5 Ozeanische Erwärmung und Versauerung	98
5.6 Auftauen von Permafrostböden und Methanfreisetzung	110
5.7 Gebirgsgletscher und alpine Strukturen	120
5.8 Atmosphärische Höhenströmungen (Jetstreams)	126
6 Weitreichende Folgen der Climate Tipping Points	130
6.1 Absehbare Beschleunigung adverser Klimaeffekte	130
6.2 Gravierende ökologische und ökonomische Konsequenzen	136
6.3 Unterschätzte Risiken für Finanzsysteme und Kapitalmärkte	144
6.4 Massive politische und gesellschaftliche Herausforderungen	155
6.5 Zunehmender Handlungsdruck für Politik und Öffentlichkeit	159
6.6 Grundlegende Anforderungen und Handlungsoptionen	164
7 Fazit und Ausblick	174
Literaturverzeichnis	183

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Globales Klimasystem als Interaktion vielfältiger Sphären des Erdsystems	9
Abb. 2:	Grundsätzliche Wirkungsweise systemischer Kippelemente und Kippunkte	10
Abb. 3:	Rekordhohe Konzentration von Kohlendioxid in der Erdatmosphäre	13
Abb. 4:	Deutliche Zunahme globaler Treibhausgasemissionen in den letzten Jahrzehnten	14
Abb. 5:	Sektorale Verteilung der wichtigsten CO ₂ -Emittenten	15
Abb. 6:	Deutlicher Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur	17
Abb. 7:	Kausale Beziehung zwischen Erderwärmung und Treibhausgasemissionen	17
Abb. 8:	Überproportionaler Anstieg der Durchschnittstemperaturen in Deutschland	19
Abb. 9:	Klimasystem als Ergebnis komplexer Prozesse und Wechselwirkungen	20
Abb. 10:	Karte der wichtigsten Kippelemente des Klimasystems	25
Abb. 11:	Globale Kippelemente und deren wahrscheinliche Kippunkte	26
Abb. 12:	Synapse globaler Klimakippunkte mit Wahrscheinlichkeitseinschätzung	27
Abb. 13:	Interaktionen zwischen Kippelementen und kaskadischen Kippdynamiken	32
Abb. 14:	Rapide Beschleunigung der globalen Erwärmung in den letzten Jahren	35
Abb. 15:	Kritische Temperaturbereiche für das Auslösen wichtiger Kippunkte	39
Abb. 16:	Komplexe Interdependenzen der Kippelemente im globalen Klimasystem	43
Abb. 17:	Unterschätzung komplexer Interdependenzen und kritischer Kippdynamiken	45
Abb. 18:	Die fünf wichtigsten Klimakippunkte sowie nachgelagerte Kippdynamiken	51
Abb. 19:	Dynamik der Erderwärmung impliziert erhöhte systemische Kritikalität	53
Abb. 20:	Die Kryosphäre und ihre Komponenten in der Nord- und Südhemisphäre	54
Abb. 21:	Phänomen der überproportionalen arktischen Erwärmung	55
Abb. 22:	Grundprinzip des Eis-Schnee-Albedo-Effekts	57
Abb. 23:	Progressiver Rückgang des Nordpolareises als „Arktische Todesspirale“	58
Abb. 24:	Signifikant rückläufiges Eisvolumen in der Arktis	59
Abb. 25:	Projektion eines anhaltenden Rückgangs beim arktischen Meereis	60
Abb. 26:	Anhaltendes Abschmelzen des grönländischen Eisschildes	63
Abb. 27:	Signifikanter Verlust an Eismassen in Grönland	63
Abb. 28:	Weiträumige Eisverluste in Grönland und der Antarktis	64
Abb. 29:	Rückgang des Meereises in der Arktis (seit 1980)	65
Abb. 30:	Rückgang des Meereises in der Antarktis (seit 1980)	65
Abb. 31:	Deutlicher Rückgang des antarktischen Meereises	66
Abb. 32:	Signifikante Erhöhung des Meeresspiegels durch globale Eisschmelze	70
Abb. 33:	Komplexe Grundmechanismen und Auswirkungen der polaren Eisschmelze	72
Abb. 34:	Schematische Darstellung der globalen Thermohalinen Zirkulation	74
Abb. 35:	Wärmetransport im Nordatlantik durch die AMOC	75
Abb. 36:	Schematische Darstellung der AMOC als „Nordatlantischer Wärmekreislauf“	75
Abb. 37:	Wirkungsweise und Relevanz des „Subpolaren Wirbels“	76
Abb. 38:	„Subpolarer Wirbel“ erzeugt wichtige ozeanische Konvektion	77
Abb. 39:	Hohe CO ₂ -Konzentration im Nordwestatlantik bis in große Tiefen	78
Abb. 40:	Simulationsnachweis für abrupten Kollaps der AMOC („AMOC Tipping Point“)	81
Abb. 41:	Szenario einer massiven Abkühlung in Nordeuropa nach AMOC-Kollaps	82
Abb. 42:	Globale Verteilung tropischer Regenwälder	87
Abb. 43:	Verlust der globalen tropischen Regenwaldfläche (2002-2024)	88
Abb. 44:	Geographische Dimension des Amazonas-Regenwalds	89

Abb. 45:	Grundlegende Wirkungsweise des Wasserkreislaufs im Amazonas-Regenwald	91
Abb. 46:	Überregionale Feuchtigkeitsverteilung aus dem Amazonasgebiet	91
Abb. 47:	Deutliche Zunahme extremer „Superstürme“	100
Abb. 48:	Massive Aufnahme von Wärmeenergie durch die Ozeane	101
Abb. 49:	Deutlicher Anstieg der weltweiten Meerestemperaturen	102
Abb. 50:	Anhaltende Erwärmung der Ozeane – mit Schwerpunkt im Atlantik	103
Abb. 51:	Massive Erwärmung der Arktis verstärkt ozeanische Veränderung	104
Abb. 52:	Das Problem der ozeanischen Versauerung	105
Abb. 53:	Globale Verbreitung und zunehmende Gefährdung von Korallenriffen	107
Abb. 54:	Die wichtigsten Permafrostregionen der Nordhalbkugel	111
Abb. 55:	Komplexe Abläufe und Folgen des Auftauens von Permafrostböden	114
Abb. 56:	Freisetzung von Treibhausgasen in den polaren Permafrostregionen	116
Abb. 57:	Zentrale Einflussfaktoren und Wirkungsmechanismen bei Permafrostböden	119
Abb. 58:	Beschleunigtes Abschmelzen des Rhonegletschers	122
Abb. 59:	Jährlicher Masseverlust wichtiger globaler Gletscher	125
Abb. 60:	Gletscher-Gesamtmassenbilanz 1950-2024	125
Abb. 61:	Unterschiedliche Grundmuster der globalen Höhenströmungen (Jetstreams)	126
Abb. 62:	Arktische Erwärmung deformiert polare Jetstreams	127
Abb. 63:	Absehbarer Pfad der Erderwärmung je nach Emissionsprofil	130
Abb. 64:	Aktueller Verlauf der Treibhausgas-Emissionen und Abweichungen vom Klimaziel	131
Abb. 65:	Globales Emissionsprofil zunehmend geprägt durch China und Indien	132
Abb. 66:	Thermische Sensitivitäten wichtiger Klimakippelemente	134
Abb. 67:	Mögliche ökonomische Quantifizierung zukünftiger Klimaschäden	141
Abb. 68:	Das „DICE-Modell“ zur ökonomischen Bewertung von Klimapolitik und Klimaschäden	142
Abb. 69:	Deutliche Zunahme weltweiter Überflutungsrisiken	144
Abb. 70:	Klimarisiken dominieren zunehmend globale Risikoeinschätzungen	145
Abb. 71:	Weltweit steigende Kosten von Naturkatastrophen und Extremwetterereignissen	146
Abb. 72:	Steigende Schäden durch Naturkatastrophen und Extremwetterereignisse (USA)	147
Abb. 73:	Weckruf aus der Versicherungsindustrie	148
Abb. 74:	Trilemma des politischen und gesellschaftlichen Diskurses zum Klimawandel	156
Abb. 75:	Globale Temperatur- und Niederschlagsmuster bei Erderwärmung um 3 Grad	158
Abb. 76:	Umfassende und weitreichende Implikationen der Climate Tipping Points	160
Abb. 77:	Exponentielle Ausbreitung der Elektromobilität	162
Abb. 78:	Dynamisches Wachstum der Solarenergie	162
Abb. 79:	Weltweit zunehmende Relevanz erneuerbarer Energien	166
Abb. 80:	Massiv steigender Energiebedarf von KI-Rechenzentren	167
Abb. 81:	Kippdynamik und Rückkopplungen am Beispiel des Grönland-Eisschildes	175
Abb. 82:	Multiple Interdependenzen von Climate Tipping Points	176
Abb. 83:	Die wichtigsten Climate Tipping Points und ihre kritischen Temperaturgrenzen	177
Abb. 84:	Die wichtigsten Frühwarnsignale bei Climate Tipping Points	179

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Differenzierte Darstellung globaler Kippelemente	26
Tab. 2:	Zeitliche und thermische Kritikalität der wichtigsten Climate Tipping Points	135

1 EXECUTIVE SUMMARY

- Der Planet Erde leidet unter einem Prozess **anhaltender Aufheizung**, bekannt als „**Treibhauseffekt**“, und hervorgerufen durch massive Emissionen von „**Treibhausgasen**“.
- Die **globale Erwärmung** hat 2024 zum **ersten Mal die 1,5°C-Marke überschritten**; ihr Trend entspricht derzeit einem **Pfad zu rund 2,7°C Erderwärmung** bis Ende des Jahrhunderts.
- Die „**Pariser Klimaziele**“ von 2015, die eine Begrenzung der Erderwärmung auf ein **Niveau von 1,5-2°C** anstreben, werden voraussichtlich bereits in einigen Jahren überschritten.
- Als Folge der Erderwärmung resultiert ein **einschneidender Wandel des planetaren Klimas**, der aber in der Gesamtheit seiner Ausprägungen oft noch **unterschätzt** wird; ein wichtiger Grund dafür liegt in der **inhärenten Trägheit** des globalen Klimasystems.
- Hinzu kommt, dass die Bedeutung globaler **Klimakippelemente** nicht immer hinreichend berücksichtigt wird: **Kippelemente** sind zentrale Bestandteile des globalen Klimasystems; sie weisen komplexe und oftmals selbstverstärkende „**Kipodynamiken**“ auf, die für die Entwicklung des planetaren Klimas von entscheidender Bedeutung sind.
- Kippelemente sind durch **Rückkopplungen** und **nicht-lineare Interdependenzen** geprägt; sie können nach Überschreiten kritischer **Schwellenwerte** „umkippen“ und dadurch starke (meist irreversible) **Veränderungen des Klimas** auslösen.
- Die **Schwellenwerte** für das Auslösen solcher Kipodynamiken gelten als „**Kippunkte**“; sie sind – direkt oder indirekt – vom Grad der planetaren Erwärmung abhängig und definieren das Phänomen der „**Climate Tipping Points**“.
- Die zentrale Eigenschaft der *Climate Tipping Points* besteht darin, dass der zugrundeliegende Prozess (*Kipodynamik*) nach Überschreiten des jeweiligen Kippunkts **progressiv weiterläuft** und in der Regel **unumkehrbar** ist.
- Die Mehrzahl der globalen Kippelemente ist durch **systemische Interaktionen** verbunden, wodurch sich einzelne Kipodynamiken gegenseitig und kumulativ verstärken; dies kann zu einem progressiven „**Aufschaukeln**“ und zur Auslösung **planetarer Kippkaskaden** führen.
- Als derzeit bedeutendste Kippelemente gelten die **Eisschilde** von Grönland und der Antarktis, der **Amazonas-Regenwald** sowie wichtige **Strömungssysteme** im Atlantik (*AMOC*; *SPG*).
- Hinzu kommen weitere globale und regionale Kipodynamiken, die mit der Erwärmung der **Ozeane**, dem Auftauen von **Permafrostböden**, der fortschreitenden **Gletscherschmelze**, sowie Veränderungen atmosphärischer **Höhenströmungen** (*Jetstreams*) zusammenhängen.
- Neuere Erkenntnisse der Klimaforschung belegen, dass wichtige Kipodynamiken bereits bei einer globalen Erwärmung von **1,0°C** in Gang gesetzt werden können – dies gilt insbesondere für das **Abschmelzen der Eisschilde** auf Grönland und der Westantarktis.
- Speziell die polaren Schmelzprozesse zeigen **starke interne Rückkopplungseffekte** (u.a. *Eis-Albedo-Effekt*, *Melt-Elevation-Effekt*, *MISI-Effekt*), die nach Auslösen der Kipodynamik eine **progressive Kettenreaktion** in Gang setzen und laufend verstärken.
- Folgen der polaren Eisschmelze sind ein (deutlicher) Anstieg des globalen **Meeresspiegels**, eine Verstärkung der globalen **Erwärmung** sowie eine Abschwächung der **Atlantischen Umwälzzirkulation (AMOC)** – alle diese Effekte haben **weitere Rückwirkungen** auf andere Klimakippelemente und können diese verstärken und beschleunigen.
- Eine **AMOC-Abschwächung** ist bereits klar bestätigt und könnte bei progressivem Verlauf das Klima in Europa massiv verändern („**Golfstrom-Kollaps**“); eine zentrale Rolle spielt dabei der **Subpolare Wirbel** (*Subpolar Gyre*/ *SPG*).

- Der **SPG** ist eine essentielle ozeanische Umwälzung und wirkt als „Motor“ der AMOC; sein mutmaßlicher **Kippunkt** liegt bei rund **1,1-3,8°C** Erderwärmung – die **Kippdynamik** des SPG könnte somit bereits angelaufen sein (►„AMOC-Abschwächung“).
- Der **Amazonas-Regenwald** ist als riesige **CO₂-Senke** und gigantisches **Feuchtigkeits-Verteilungssystem** ebenfalls ein kritisches Kippelement für das planetare Klima; sein wahrscheinlicher Kippunkt liegt im Bereich von **3,0-5,0°C** der Erderwärmung.
- Das **Amazonas-Ökosystem** leidet besonders stark unter menschlichen Eingriffen (Abholzung, Brandrodung, Viehzucht, Bergbau etc.); durch anhaltende Abholzung könnte sein Kippunkt sogar deutlich absinken auf lediglich **1,5-2,0°C!**
- Die Amazonas-Region zeigt bereits eine stark erhöhte Fragilität und wandelt sich mit hoher Dynamik zum **Netto-Emittenten von CO₂**; als Risikoszenario droht **Austrocknung** („Dieback“) – mit äußerst **schwerwiegenden Folgen** für Biodiversität und das planetare Klima.
- Auch die **Ozeane** spielen für die Dynamik des planetaren Klimas eine sehr wichtige Rolle; sie haben bislang rund 50% der weltweiten Treibhausgasemissionen und mehr als 90% der planetaren Erwärmung absorbiert und erfüllen so eine wichtige Funktion als „**Klimapuffer**“.
- Trotz starker Aufheizung gelten die Ozeane bislang nicht generell als kritisches Kippelement; sie stehen aber für eine **Vielzahl kritischer Einflussfaktoren und Rückkopplungen** auf das gesamte Klimasystem und wirken so auch auf andere Kippelemente und -dynamiken.
- Neben ihrer **Erwärmung** spielt die zunehmende **Übersauerung** der Ozeane (als Folge intensiver CO₂-Absorption) eine wichtige Rolle – beide Effekte sind verantwortlich für das großräumige Absterben tropischer **Korallenriffe** („Korallenbleiche“).
- **Permafrostböden** der nördlichen Hemisphäre repräsentieren ebenfalls eine Kippdynamik: Mit zunehmender Erderwärmung (**ab etwa 1,0-2,3°C**) werden dort große Mengen gebundener Treibhausgase freigesetzt (insbesondere **Methan**), was die globale Erwärmung verstärkt und so das eigene Abtauen beschleunigt (**Rückkopplung**).
- Auch kontinentale **Gletschersysteme** durchlaufen einen Prozess des beschleunigten Abschmelzens, was in den Alpen bereits zu einer Halbierung der Eismassen geführt hat; in der **Hindukusch-Himalaya-Region** drohen durch Gletscherschmelze längerfristig starke Verwerfungen regionaler **Wasserhaushalte** und **Wirtschaftssysteme**.
- Als direkte Folge der Erderwärmung resultieren **Deformationen polarer Höhenströmungen (Jetstreams)**, die regionale Klimasysteme spürbar verändern und speziell in Europa und Nordamerika vermehrt zu **Extremwetterereignissen** führen.
- Auf Grundlage derzeitiger politischer und wirtschaftlicher Weichenstellungen ist von einer weiteren – und vorerst ungebremsten – **Erderwärmung** auszugehen, was zu einer **Beschleunigung und Intensivierung** der schon heute erkennbaren **Kippdynamiken** führt.
- Ein wichtiger Unsicherheitsfaktor liegt im (möglichen) Ausmaß **systemischer Rückkopplungs- und Verstärkungseffekte**, die zu weitaus schnelleren und **stärkeren Veränderungen** des Erdsystems sowie des planetaren Klimas führen könnten, als bislang gedacht.
- Auffallend ist in diesem Kontext das häufig wiederkehrende **Element des „Unterschätzens“** adverser Klimaveränderungen, das in vielen Analysen zum Ausdruck kommt; dieser Befund deutet sehr klar auf ein noch immer **unzureichendes Verständnis der Komplexität sowie der vielfältigen Interaktionen und Nichtlinearitäten des planetaren Klimasystems!**
- Durch **verbesserte („komplexere“)** Klimamodelle sowie Einsatz neuer „**Supercomputer**“ (z.B. **JUPITER**) lassen sich bisherige Erkenntnisdefizite künftig zumindest teilweise überwinden.
- Eine **direkte Folge des systematischen Unterschätzens** bereits ablaufender (massiver) Klimaveränderungen liegt darin, dass auch die **klimapolitische Reaktionsfunktion** der Weltgemeinschaft seit Jahren zu zögerlich, zu wirkungsarm und zu inkonsequent ausfällt.
- Der aktuelle Stand weltweit zugesagter Maßnahmen zum Klimaschutz bleibt deutlich hinter den „**Pariser Klimazielen**“ zurück; dieser Aspekt bedeutet, dass sich das Weltklima vorerst klar auf einem **Pfad hin zu 2,7°C Erwärmung** bewegt!

- Obwohl weltweit bereits bedeutende Schritte hin zu klimaneutraler Energieerzeugung und gezielter Emissionsreduktion unternommen wurden, ist das **resultierende Gesamtbild** aus heutiger Sicht dennoch: „**zu wenig – zu langsam – zu spät**“.
- Das absehbare Überschreiten der „*Pariser Klimaziele*“ von 1,5-2,0°C rückt eine **größere Anzahl globaler Klimakippunkte** in den Bereich der Realität; gleichzeitig steigt das Risiko eines **Auslösens interdependenter Kippkaskaden**!
- Solche **Kippkaskaden** hätten – durch **Kumulation** und gegenseitige **Verstärkung** adverser Effekte – gravierende Konsequenzen für planetare Umwelt- und Lebensbedingungen; sie gelten aber in der Mehrzahl heutiger Klimamodelle noch als „*relativ unwahrscheinlich*“.
- Diese **asymmetrische Risikowahrnehmung** ändert sich jedoch zunehmend: Unter Berücksichtigung von **Kippkaskaden** werden bislang als „*high impact – low probability*“ eingestufte Klimaveränderungen zu „*high impact – high probability*“-Ereignissen!
- Die Zunahme extremer Wetterereignisse und hoher Klimaschäden auf einem Pfad zu 2,7°C Erwärmung erzwingt auch in zentralen Bereichen des Finanzsystems **einschneidende Konsequenzen**: Die Stichworte lauten „*Uninsurability*“ und „*Protection Gap*“.
- Vor dem Hintergrund **rapide anwachsender Klimaschäden** fordern Aufsichts- und Regulierungsbehörden von Banken und anderen Finanzmarktteilnehmern eine **verschärfte Erfassung und Überwachung** „*physischer Risiken*“ des Klimawandels.
- Unter dem Stichwort „*Planetary Solvency*“ werden dazu **spezielle Risikometriken** entwickelt; Ziel ist vor allem eine **verbesserte Vorsorge gegen materielle Risiken des Klimawandels**.
- Zusätzlich muss jedoch auch die **systemische Resilienz** gegen ansteigende Kosten und Folgewirkungen des Klimawandels verstärkt werden. Ein wichtiger Ansatzpunkt dazu sind „**positive Kippdynamiken**“, etwa durch globale Skalierung erneuerbarer Energien.
- Gleichzeitig müssen die Möglichkeiten und Auswirkungen eines nur temporären „Überschießens“ über die kritische Grenze von 1,5-2,0°C („**Overshoot**“) laufend analysiert und realistische „Rückkehroptionen“ überprüft werden. (Erforderlich wäre dafür eine **massive nachträgliche Entnahme von CO₂** aus der Atmosphäre!).
- Steigende Klimarisiken könnten zukünftig **gezielte Eingriffe in das Klimasystem** nach sich ziehen („*Climate Engineering*“/„*Geoengineering*“); der Erfolg solcher Maßnahmen scheint derzeit aber zweifelhaft und mit erheblichen **Neben- und Folgewirkungen** behaftet.
- Weiterhin unerlässlich (und relativ alternativlos) ist somit die **konsequente Reduktion von Treibhausgasemissionen**. Sinnvoll wären zudem ein **verstärktes Monitoring kritischer Climate Tipping Points** sowie der gezielte **Aufbau entsprechender Frühwarnsysteme**.
- Auch Unternehmer, Investoren und Vermögensinhaber sollten diese Zusammenhänge sehr genau zur Kenntnis nehmen: Eine anhaltende **Neubewertung physischer Klimarisiken**, verstärkt durch realistischere Modellierung von *Climate Tipping Points* und *Kippkaskaden*, hätte **gravierende Folgen für weite Teile des Finanzsystems** (►„*Repricing of Risk*“)!
- Folglich dürften nicht nur die **materiellen Kosten physischer Klimarisiken** künftig deutlich zunehmen, sondern auch das Ausmaß **direkter Rückwirkungen auf Kapitalmärkte und die bestehende Finanzarchitektur**!

2 EINFÜHRUNG UND HINTERGRUND

Seit Jahren bestimmt die Diskussion um den menschengemachten Klimawandel große Teile des weltweiten politischen und gesellschaftlichen Diskurses. Zwar leidet dieser Diskurs in Teilen unter wissenschaftlichen Unschärfen und Ambiguitäten, dennoch muss die grundsätzliche Richtigkeit der Ausgangsthese – *mensches Handeln hat den globalen Klimawandel in den letzten rund 100 Jahren ausgelöst und massiv beschleunigt* – als hinreichend gesichert gelten. In der nachfolgenden Analyse wird diese Ausgangsthese deshalb durchgängig zugrunde gelegt.

Infolgedessen gilt im Rahmen dieser Analyse als wissenschaftlich belegt, dass:

- der Planet Erde sich in den letzten Jahrzehnten **zunehmend erwärmt**
- das Phänomen der globalen Erwärmung mit **menschlichen Aktivitäten** stark korreliert
- der Schwerpunkt dieser Aktivitäten im sogenannten **Industriellen Zeitalter** liegt
- diese Phase durch **Verbrennung von Kohlenwasserstoffen** stark geprägt ist (Kohle, Öl, Gas)
- das Industrielle Zeitalter folglich mit einem **massiven Ausstoß von Kohlendioxid** einhergeht
- die Anreicherung der Atmosphäre mit „**Treibhausgasen**“ die **planetare Erwärmung** antreibt
- der Prozess der Erderwärmung wichtige **Grundmechanismen des globalen Klimas** verändert.

In Kurzform: Der seit rund 100 Jahren massiv ansteigende Ausstoß klimaschädlicher „**Treibhausgase**“ – insbesondere Kohlendioxid und Methan – bewirkt eine **Dynamik globaler Erwärmung und massiver klimatischer Veränderungen**, die sich progressiv zu beschleunigen scheint.

- Genau diese Dynamik steht als wichtigster Treiber im Zentrum des Klimawandels.
- Sie bedingt kausal die **sogenannten „Climate Tipping Points“**, deren grundsätzliche Eigenschaften, Wirkungsweisen und Risiken im Rahmen dieser Analyse ausführlich untersucht und erörtert werden.



Ein Kipppunkt in einem System ist ein Punkt, an dem kein Zurück mehr möglich ist. Wird dieser Punkt erreicht, können selbst kleine Änderungen drastische und nicht umkehrbare Veränderungen im Verhalten des Systems bewirken.

CCCA (2024, Kipppunkte)



Um die **grundlegende Komplexität des globalen Klimasystems** und das oftmals nichtlineare – und nicht immer vollständig erforschte! – Zusammenwirken dessen wichtigster Kernelemente verstehen und sinnvoll einordnen zu können, ist prinzipiell ein **ganzheitliches Verständnis** der unterschiedlichen „planetaren Sphären“ erforderlich, aus dem sich elementare Zusammenhänge, Interaktionen und „Querverbindungen“ zwischen relevanten Klimatelementen ableiten lassen (vgl. dazu Abb. 1).

- Dieser Ansatz folgt dem Verständnis planetarer Wirkungsketten im Sinne eines komplexen, dynamischen und permanent auf vielen Ebenen interagierenden „**Erdsystems**“.¹

Als „**Klimakipppunkte**“ oder „**Climate Tipping Points**“ werden Phänomene innerhalb des globalen Klimasystems bezeichnet, bei denen das Überschreiten kritischer Schwellenwerte abrupte, oftmals drastische und meist stark beschleunigte Veränderungen auslöst. In der Regel handelt es sich dabei um **dynamische nichtlineare Prozesse**, durch die ein vorher stabiles System in einen neuen und deutlich fragileren Zustand „kippt“. Die entsprechende Systemveränderung ist meist irreversibel.

¹ Vgl. dazu ausführlich etwa die Systematik der *Global Tipping Points*-Analysen von: University of Exeter, *Global Tipping Points* (2023, Report), aber auch die Ausgestaltung wichtiger Forschungsbereiche für „*Erdsystemanalyse*“, etwa beim *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)* oder am neu errichteten *Fachbereich C³S der Goethe-Universität Frankfurt*.

Abb. 1: Globales Klimasystem als Interaktion vielfältiger Sphären des Erdsystems



Quelle: University of Exeter, Global Tipping Points (2023, Report); Bildnachweis: Sina Loriani

Bei der Erforschung der derzeitigen Erderwärmung sowie deren Auswirkungen auf das Erdsystem erweist sich seit vielen Jahren das Problem der Treibhausgase – also dessen direkter Beitrag zum „Treibhauseffekt“ („greenhouse effect“) – als absolut zentraler und bestimmender Faktor.

Die Erkenntnis, dass ein vermehrter Ausstoß von kohlenstoffreichen Treibhausgasen den Prozess der Erderwärmung maßgeblich bewirkt und zuletzt zunehmend beschleunigt, steht deshalb hinter den wichtigsten weltweiten Vereinbarungen zum Klimaschutz. Doch auch das Prinzip der „Climate Tipping Points“ prägt – als implizite Restriktion – die Fachdiskussion:

- So fordert das grundlegende „Pariser Klimaabkommen“ von 2015, dem seinerzeit 197 Länder beigetreten sind, eine Begrenzung der globalen Erwärmung „möglichst“ auf einen **Höchstwert von 1,5°C** gegenüber dem Niveau des vorindustriellen Zeitalters.²

Die explizite Vereinbarung eines solchen Schwellenwertes reflektiert nicht nur die Tatsache, dass eine erhöhte Durchschnittstemperatur erhebliche Härten für Mensch und Natur bedeuten würde, sondern ist zugleich auch Beleg für die **fundamentale Relevanz wichtiger Klimakippunkte** – die bei einem solchen (relativ gering erscheinenden) Temperaturanstieg vermehrt ausgelöst würden.³

Zu diesem wichtigen Aspekt – sowie dem kausalen Zusammenhang zum Gegenstand dieser Analyse – erklärt der Klimaexperte und Erdsystemforscher **Nico Wunderling**:

„Die Stabilität der Kippelemente im Erdsystem hängt entscheidend davon ab, ob die Pariser Klimaziele eingehalten werden. Jenseits der 1,5- oder gar 2-Grad-Marke geraten wir in eine Hochrisikozone, in der unumkehrbare Klimakippunkte ausgelöst werden können.“⁴

² „Das Pariser Klimaabkommen aus dem Jahr 2015 (...) erklärt eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf weit unter zwei Grad Celsius als Ziel, nach Möglichkeit auf 1,5 Grad Celsius im Vergleich zur vorindustriellen Zeit.“ World Ocean Review (2024, Klimakrise), S. 39. Vgl. dazu ausführlich auch: Umweltbundesamt (2024, Übereinkommen); sowie: Umweltbundesamt (2025, 1,5-Grad-Ziel).

³ Vgl. dazu ausführlich: unten, in nachfolgenden Ausführungen und Kapiteln.

⁴ Wunderling (2025, Hochrisikozone).

- Eine zentrale Stoßrichtung der aktuellen Klimaschutzdiskussion ist somit, durch **Begrenzung der weiteren Erderwärmung** möglichst auch das Überschreiten kritischer Schwellen und Kippunkte im globalen Klimasystem zu verhindern.
- Sämtliche Reduktions- und Transformationsmaßnahmen, die derzeit unter dem Stichwort „Green Transition“ in zahlreichen Wirtschafts-, Ernährungs- und Energiesystemen der Welt stattfinden, folgen letztlich dieser Zielsetzung.⁵

Dahinter steht eine **fundamentale Einsicht** in das Grundprinzip und die komplexe Dynamik typischer Klimakippelemente:

- „Sie alle haben gemeinsam, dass sie sich durch vergleichsweise geringe äußere Einflüsse ab einem Schwellenwert – dem Kippunkt – abrupt und in menschlichen Zeitskalen unumkehrbar verändern.“⁶

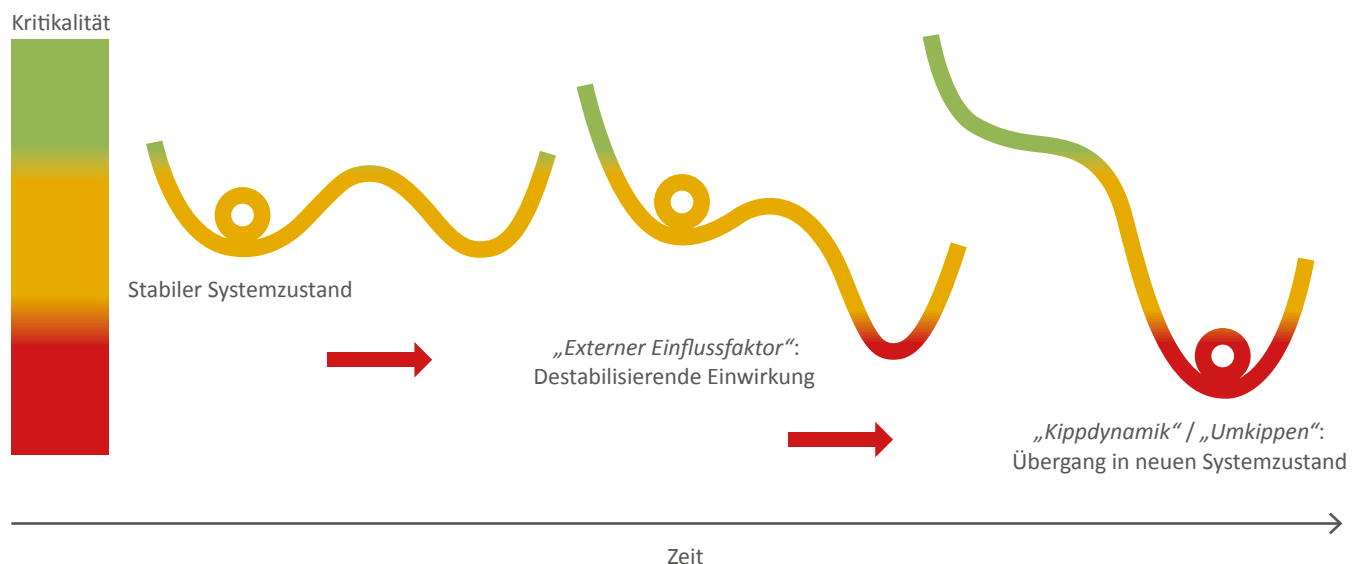
Abb. 2 verdeutlicht schematisch die **Wirkungsweise systemischer Kippunkte**, die in der Realität des globalen Klimasystems allerdings wesentlich komplexer und unter Einwirkung zahlreicher weiterer Einflussfaktoren und Interdependenzen ablaufen.⁷

Als **Green Transition** wird allgemein das Bestreben definiert, durch Umstellung der Energieerzeugung wichtiger industrieller Prozesse sowie der Mobilität in Richtung erneuerbarer Energien den weltweiten Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgasemissionen nachhaltig zu reduzieren.

Hier zeigt sich allerdings ein erstes wichtiges **Spannungsverhältnis**: Obwohl die enorme Wichtigkeit der *Climate Tipping Points* in der Fachwelt unumstritten ist, scheint deren öffentliche Wahrnehmung noch deutlich unterentwickelt. Und dies, obwohl das Phänomen der Klimakippunkte für die planetare Zukunftssicherung größte Relevanz hat!⁸

Hinzu kommt noch ein **zweites Spannungsverhältnis**: In jüngerer Zeit nehmen vermehrt Zweifel an der Bedeutung – und oft sogar der Realität – des globalen Klimawandels zu.

Abb. 2: Grundsätzliche Wirkungsweise systemischer Kippelemente und Kippunkte



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2025, eigene Darstellung; in Anlehnung an University of Exeter, Global Tipping Points (Report, 2023)

⁵ Vgl. dazu etwa grundlegend: „Assessment Reports“ und Abschlussberichte des Weltklimarates, z.B. IPCC (2023, Report).

⁶ Klimareporter (2024, Kippunkt).

⁷ Vgl. dazu ausführlich: unten, nachfolgende Kapitel (insbesondere 4-5).

⁸ Vgl. dazu ausführlich: unten, Kap. 3 (zum aktuellen Stand der Wissenschaft) bzw. Kap. 6 (zu den weitreichenden Folgen der Climate Tipping Points).

In zahlreichen Ländern führt dies, speziell im politisch und sozial aufgeheizten Spektrum, zu gezielter Agitation und populistisch gefärbter Ablehnung jeglicher Klimaschutzmaßnahmen:

- Exemplarisch hierfür ist die Position der neuen US-Regierung („Trump 2.0“), die nicht nur umgehend aus dem *Pariser Klimaabkommen* ausgetreten ist, sondern auch zahlreiche nationale Maßnahmen für Klimaschutz beendet oder rückgängig gemacht hat.⁹

Vor diesem Hintergrund erscheint es nicht nur überaus wichtig, sondern es ist auch von **allergrößter Dringlichkeit**, das Bewusstsein für die unerbittliche Dynamik der *Climate Tipping Points* zu schärfen und die absehbar stärksten globalen Auswirkungen relevanter Kippmechanismen zu analysieren:

- Die Skala reicht hier vom beschleunigten Abschmelzen der Polkappen, mit der Folge eines starken Anstiegs des Meeresspiegels, über weitreichende Veränderungen elementarer Luft- und Meeresströmungen bis hin zu einem möglichen Stillstand oder sogar einer Umkehrung des Golfstroms – um nur eine kleine Anzahl an Beispielen zu nennen.¹⁰

Eine übersichtliche Darstellung des Phänomens der *Climate Tipping Points* sowie eine Diskussion möglicher Auswirkungen findet sich in nachfolgendem Video der *Initiative D2030* unter Mitwirkung des Erdsystemforschers *Prof. Dr. Nico Wunderling*. Hier geht's direkt zum Video:



Unter Bezugnahme auf neueste Forschungsergebnisse führender Klimawissenschaftler versucht die Analyse deshalb, ein möglichst exaktes Bild der aktuellen **Dynamik globaler Klimakippunkte** zu zeichnen, einen umfassenden Überblick über noch mögliche Schutz- oder Gegenmaßnahmen zu geben sowie die wichtigsten Risiken und möglichen Konsequenzen eines baldigen „Umkippen“ wichtiger Elemente des Klimasystems zu erörtern.

Folgende drei Punkte sind dabei von allergrößter Wichtigkeit:

- „Der menschengemachte Klimawandel kann zu einer **Destabilisierung von großräumigen Bestandteilen des Erdsystems** wie Eisschilden, oder Mustern von Luft- und Ozeanströmungen führen – den sogenannten Kippelementen. Zwar kippen diese Elemente nicht über Nacht, doch es werden **fundamentale Prozesse** in Gang gesetzt, die sich über **Jahrzehnte, Jahrhunderte oder Jahrtausende** vollziehen.“¹¹
- „Die derzeitige Klimapolitik birgt ein **hohes Risiko für das Kippen kritischer Elemente des Erdsystems**, selbst wenn die globale Erwärmung nach einer Periode der Überschreitung der 1,5 Grad-Grenze wieder auf unter 1,5 Grad beschränkt wird.“¹²
- „Das Klimasystem reagiert träge auf die menschengemachten Veränderungen. Damit besteht die Gefahr, dass bestimmte Entwicklungen **schon heute irreversibel** sind.“¹³

Vor dem Hintergrund der deutlich erkennbaren Brisanz, Aktualität und elementaren Wichtigkeit dieser Zusammenhänge ist es wenig überraschend, dass im nächsten Bericht des *Weltklimarats IPCC* (AR7, voraussichtlich ab 2027) dem **Komplex der Klimakippunkte** ein eigenes Kapitel gewidmet wird.¹⁴

⁹ Vgl. dazu Überblickartig etwa: ntv (2025, USA); ntv (2025, Klimabericht); sowie weiterführend: Blyth/Driscoll (2025, Dekarbonisierung). Zu den Zielen der Trump-Regierung hat das *FERI Cognitive Finance Institute* bereits 2024 eine ausführliche Analyse veröffentlicht; der spätere Ausstieg der USA aus zentralen Klimaschutzbemühungen wurde darin klar prognostiziert; vgl. dazu: Rapp (2024, Trump).

¹⁰ Vgl. dazu ausführlich: unten, Kap. 5.2 - 5.8.

¹¹ Annika E. Högner, Klimaforscherin beim *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)* sowie dem *IIASA-Institute*, anlässlich der Vorstellung einer ausführlichen Studie zu den wachsenden Risiken eines „Umkippen“ wichtiger Klimakippelemente; zitiert nach: Goethe-Universität Frankfurt (2024, Kipp-Risiken); (Hervorhebungen durch Verfasser), und unter Einbeziehung der Originalstudie: Möller et al. (2024, Tipping Risks).

¹² Goethe-Universität Frankfurt (2024, Kipp-Risiken), unter Verweis auf die ausführliche Studie von: Möller et al. (2024, Tipping Risks); (Hervorhebungen durch Verfasser).

¹³ World Ocean Review (2010, Weltmeere), S. 25; (Hervorhebungen durch Verfasser).

¹⁴ Vgl. dazu die Vorabmeldungen unter: IPCC (2025, Report).

6.3 Unterschätzte Risiken für Finanzsysteme und Kapitalmärkte

Dass der Klimawandel hohe ökologische und ökonomische Kosten verursachen wird, ist seit langem bekannt. Dennoch haben speziell die weltweiten Kapitalmärkte diese Risiken offenbar bislang stets unterschätzt. Ursache dafür könnte die simple Annahme sein, dass derartige Kosten stets von **großen Kollektiven** – Versicherungen und staatliche Deckungsstöcke – getragen und letztlich „sozialisiert“ würden. Gemäß dieser (äußerst zweifelhaften) Logik wären insbesondere einzelne Unternehmen von den Kosten des Klimawandels nur indirekt betroffen.

- Diese naive Grundannahme wird derzeit jedoch mit hoher Dynamik widerlegt!

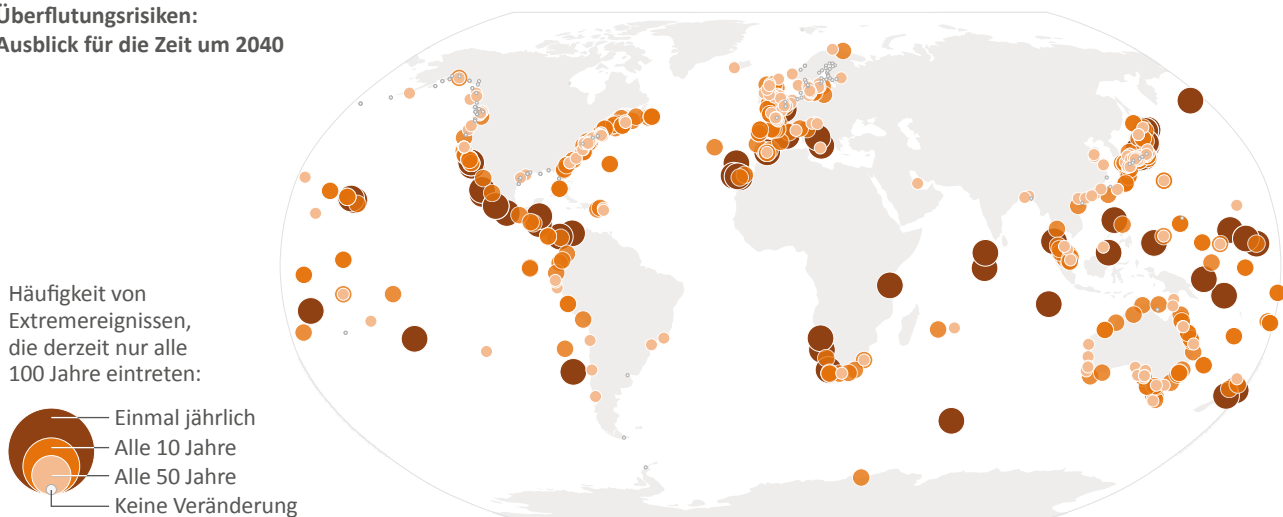
Klimarisiken werden zunehmend „unversicherbar“

Seit kurzem melden sich insbesondere große Versicherungen und Rückversicherungen mit alarmierenden Einschätzungen, die in wichtigen Teilen des globalen Finanzsystems **ernsthafte Schockwellen** ausgelöst haben. Hintergrund ist die Tatsache, dass aus Sicht betroffener Versicherungen viele Individualrisiken im Zeichen massiver Klimaschäden nicht mehr länger versicherbar sind – zumindest nicht zu bislang marktüblichen Konditionen.

- Diese Einschätzung gilt derzeit etwa in den USA für die besonders brandgefährdeten Regionen in **Kalifornien**, speziell rund um Los Angeles – aber auch für bestimmte Gebiete in **Florida**, wo dauerhaft massive und deutlich ansteigende Schäden durch Naturkatastrophen zu erwarten sind (Wirbelstürme, Überflutungen, Meeresspiegelanstieg etc.).

Abb. 69: Deutliche Zunahme weltweiter Überflutungsrisiken

Überflutungsrisiken:
Ausblick für die Zeit um 2040



Quelle: IPCC (2023, Synthesis)

“

Global risk management is currently failing and blind to systemic risk.

Timothy Lenton, Klimaexperte, 2025

”

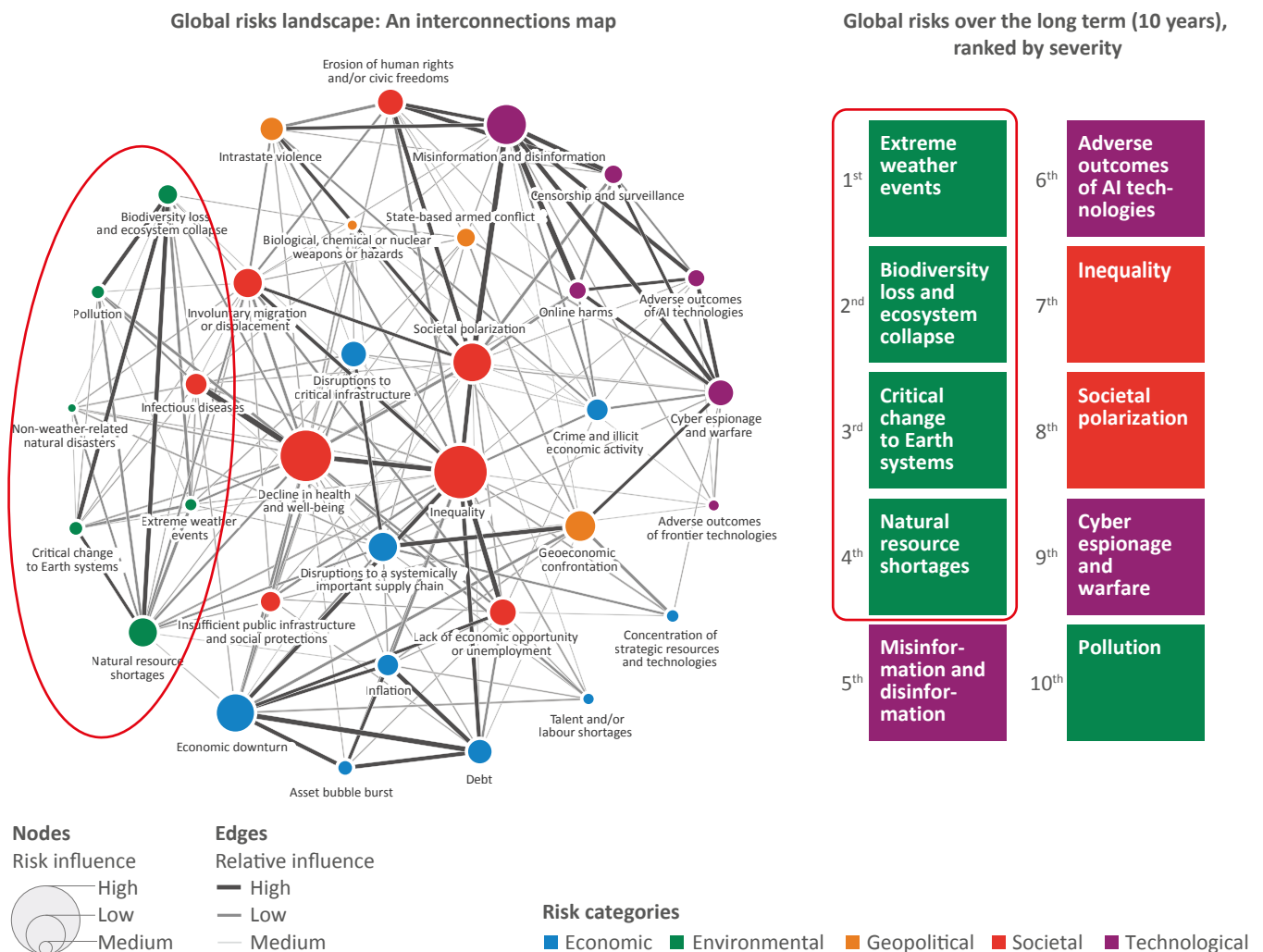
Ein zentraler Risikoaspekt ist dabei die absehbare Zunahme lokaler und regionaler **Überflutungen**, die besonders exponierte Küstenregionen mit deutlich erhöhter Häufigkeit und verstärkter Intensität heimsuchen werden. Dahinter stehen sowohl der (progressiv) **ansteigende Meeresspiegel** als auch dessen **latente Verschärfung** durch stärkere Wirbelstürme und andere Extremwetterereignisse.

- In Kombination bedeutet dies in den kommenden Jahren eine **stark wachsende Gefahr für ungeschützte Küstenlinien** (vgl. dazu die entsprechende „Risikolandkarte“ in Abb. 69).⁶⁰⁷

Hurrikane, Gewitter, Überschwemmungen, Waldbrände: Der Klimawandel ändert Wetterrisiken.

Munich RE (2025, Klimawandel)

Abb. 70: Klimarisiken dominieren zunehmend globale Risikoeinschätzungen



Quelle: WEF (2025, Risks)

⁶⁰⁷ Entsprechende Risikozonen betreffen u.a. die USA (West- und Ostküste), Mittelamerika, die Karibik sowie Südostasien – aber auch den Mittelmeerraum. Vgl. dazu insbesondere: IPCC (2023, Report), S. 100.

Große **Rückversicherer**, die in ihrer Funktion weitreichende globale Risiken abdecken, warnen seit längerem vor der **Gefahr einer systemischen Krise**. Insbesondere *Munich RE*, die weltweit größte Rückversicherung, beschäftigt sich seit Jahren intensiv mit den **finanziellen und nichtfinanziellen Risiken**, die aus einem beschleunigten Klimawandel resultieren. Entsprechendes Fachwissen wird dort in eigenständigen Expertengruppen gebündelt und gemeinsam mit Klimafor- schern laufend ausgewertet und aktualisiert.⁶⁰⁸

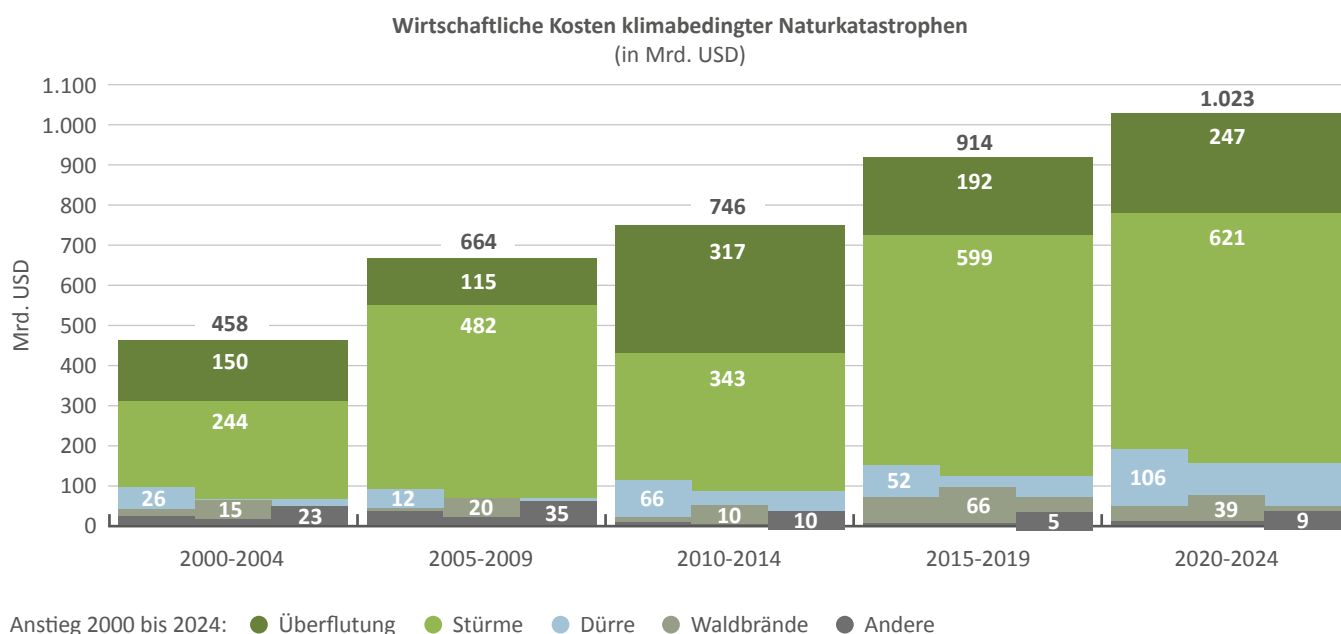
- Experten aus diesem Bereich sind auch ständige Teilneh- mer des sogenannten *Risk Panel* beim *World Economic Forum (WEF)*, das seit Jahren vor den zunehmenden Risiken des Klimawandels warnt – dabei aber auch die **Vielzahl systemischer Interdependenzen und Rückkopp- lungseffekte** im Blick hat (vgl. dazu Abb. 70, S. 145).⁶⁰⁹

Wichtige Finanzmarktteilnehmer wie *Munich RE* verweisen inzwischen explizit auf die zunehmende Schadenshöhe, die weltweit jedes Jahr als Folge von – überwiegend vom Klima- wandel bedingten – **Naturkatastrophen** entsteht und die zu wesentlichen Teilen vom weltweiten Versicherungs- und Rückversicherungsmarkt übernommen werden muss:

- Demnach belaufen sich die seit 1980 kumulierten Schä- den „... **auf 6,9 Billionen US\$** – das entspricht etwa dem gesamten Bruttoinlandsprodukt des Jahres 2023 von Großbritannien und Indien zusammen. Rund ein Drittel dieser Schäden war versichert.“⁶¹⁰

Diese Tendenz spiegelt sich sowohl in den **weltweiten Scha- densstatistiken** als auch in exponierten Regionen und Märkten wie den USA, wo zuletzt ein markanter Anstieg von Schadensereignissen mit **mehr als 1 Mrd. USD** zu verzeich- nen ist (vgl. dazu Abb. 71 und 72):

Abb. 71: Weltweit steigende Kosten von Naturkatastrophen und Extremwetterereignissen



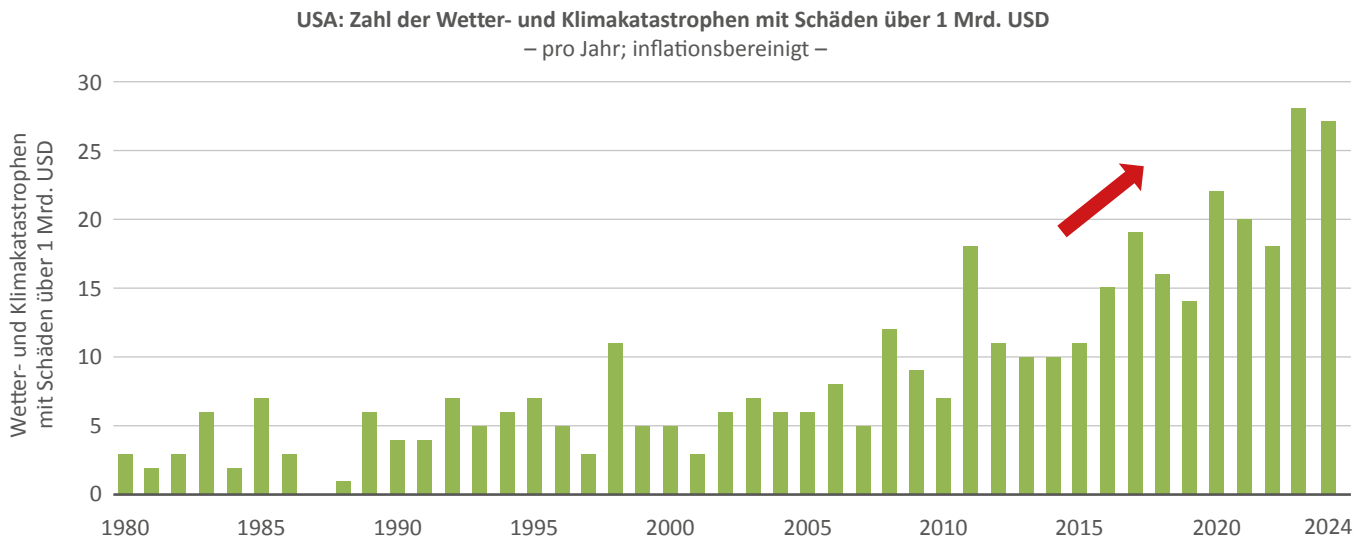
Quelle: WEF (2024, Inaction)

⁶⁰⁸ Vgl. dazu: Munich RE (2025, Klimawandel).

⁶⁰⁹ Vgl. dazu: WEF (2025, Risks); nicht wirklich überraschend sind die ersten 4 („Top 4“) der 10 Top Risiken (> 10 Jahres- Horizont) dem Bereich *Klimawandel/Erdsystem* (mit *Climate Tipping Point*-Dynamiken) zugeordnet!

⁶¹⁰ Vgl. dazu: Munich RE (2025, Naturkatastrophen); (Hervorhebungen durch Verfasser).

Abb. 72: Steigende Schäden durch Naturkatastrophen und Extremwetterereignisse (USA)



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2025; Daten: GZERO/NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI)

“

We are entering a new era where insurance signals shape economic outcomes.

Rowan Douglas, CEO, Howden, 2025

”

„Insurability Imperative“ und „Protection Gap“ als zentrale Treiber

Die klare **Zunahme klimabedingter Großschäden** dürfte wohl erst der Anfang eines klaren Trends sein, der in den kommenden Jahren zu weiter **steigenden Zerstörungen** von Gebäuden, Lebensräumen und wichtiger Infrastruktur führen wird. Daraus entsteht – spätestens jetzt – ein Problem von großer Tragweite, das letztlich die **Stabilität ganzer Finanzsysteme gefährdet**.

- Hintergrund ist die (rein versicherungsmathematisch bedingte) Tatsache, dass typische Schadensereignisse bei deutlich **zunehmender Wahrscheinlichkeit** und ebenso **zunehmender erwarteter Schadenssumme** von einer rational kalkulierenden Versicherung schlicht nicht mehr abgedeckt werden können und somit „nicht versicherbar“ sind.

Wird eine solche Entwicklung – die im Einzelfall strikt rational ist – jedoch auf einen größeren Maßstab übertragen, so entsteht daraus sehr schnell ein **systemisches Problem**: Wohnhäuser, Fabrikgebäude oder Hafenanlagen, die für klimabedingte Schäden keinen Versicherungsschutz mehr erhalten, gleichzeitig aber mit hohen Hypotheken belastet sind, werden aus Sicht der Kreditgeber zu einem **untragbaren Risiko**. Eine solche Einschätzung würde Banken dazu zwingen, entsprechende **Wertberichtigungen** auf ihre Kreditforderungen vorzunehmen sowie **Rückstellungen** für drohende Kreditausfälle zu bilden. Sollten derartige Anforderungen gehäuft auftreten und sich relativ schnell und konzentriert vollziehen, was bei sprunghaften klimatischen Veränderungen sehr wahrscheinlich wäre, hätte das entsprechende Banken- und Kreditsystem ein **akutes Bilanzproblem**.

- Spätestens hier wird klar, dass dies bei Erwartung ansteigender klimabedingter Schadensfälle **hochdynamische Prozesse** in Gang setzt – mit dem Potential, zentrale Strukturen der Kredit- und Kapitalmärkte zu untergraben und **massiv zu gefährden!**

Dieser kritische Mechanismus ist keinesfalls nur Theorie (vgl. Abb. 73):

Günther Thallinger, für Investment und Nachhaltigkeit verantwortliches Vorstandsmitglied der Allianz SE, hat erst vor kurzem in einem pointierten Beitrag auf das Problem hingewiesen, dass eine Vielzahl potentieller Risiken mit fortschreitendem Klimawandel **faktisch nicht mehr versicherbar** ist.

Thallinger zieht daraus die **zentrale Schlussfolgerung**: „This is a systemic risk that threatens the very foundation of the financial sector.“⁶¹¹

Hier geht es direkt zu dem auf LinkedIn veröffentlichten Beitrag von Günther Thallinger:



Auch der größte britische Versicherungsmakler Howden adressiert dieses Thema bereits sehr direkt und spricht mit Blick auf drohende Klima- und Transitionsrisiken vom „**Insurability Imperative**“:

- „As physical climate shocks escalate and underwriting criteria tighten, (...) insurability is no longer just a transactional issue, but a **strategic priority**.“⁶¹²

Die entscheidenden Überlegungen dahinter sind sehr klar und betreffen ein latentes, aber stetig anwachsendes und zunehmend **systemisches Absicherungsdefizit** („**Protection Gap**“):

- „Floods in Europe, fires in California, crop failures across Asia are no longer rare occurrences. Indeed, they are increasingly happening in places where insurance was once taken for granted. The result? **A widening protection gap**. Assets, communities, and business models becoming un-insurable. (...) **After all, you can't invest in what you can't insure.**“⁶¹³

Abb. 73: Weckruf aus der Versicherungsindustrie



Climate, Risk, Insurance: The Future of Capitalism



Günther Thallinger
Allianz SE

Versicherungsexperte Thallinger erklärt die möglichen Konsequenzen für die Finanzmärkte unter der Annahme eines Anstiegs der Erderwärmung in Richtung 3°C:

- „At that point, risk cannot be transferred (**no insurance**), risk cannot be absorbed (**no public capacity**), and risk cannot be adapted to (**physical limits exceeded**).
- That means **no more mortgages**, no new real estate development, no long-term investment, **no financial stability**. The financial sector as we know it ceases to function. And with it, capitalism as we know it ceases to be viable.“⁶¹⁴

Quelle: Thallinger (2025, Capitalism)



Entire regions are becoming uninsurable. This is a systemic risk that threatens the very foundation of the financial sector.

Günther Thallinger (2025, Capitalism)



⁶¹¹ Vgl. dazu: Thallinger (2025, Capitalism).

⁶¹² Howden (2025, Insurability); (Hervorhebungen durch Verfasser).

⁶¹³ Howden (2025, Insurability), S. 6; (Hervorhebungen durch Verfasser).

⁶¹⁴ Thallinger (2025, Capitalism); (Hervorhebungen durch Verfasser).

Steigende Risiken auch für Finanzsysteme und Kapitalmärkte („High Impact – High Probability“)

Durch die neuen Erkenntnisse der *Climate Tipping Points*-Forschung gewinnt die risikobasierte Betrachtung vieler Versicherungen und Rückversicherungen massiv an Evidenz. Dabei geht es nicht nur um die bereits realisierten Klimaschäden der letzten Jahre, die oftmals bisherige Erwartungen klar übertroffen haben.

- Entscheidend ist vielmehr die Notwendigkeit einer **signifikanten Hochstufung künftiger Risikowahrscheinlichkeiten**, die sich zwingend aus den Klimastudien der jüngeren Zeit ergibt.

Damit wird unmittelbar klar:

Das **Phänomen kritischer Klimakipppunkte** – sowie insbesondere deren stark **erhöhte Kritikalität** – verändert die lange Zeit vorherrschende Sicht auf die Risiken des Klimawandels radikal! Denn:

Adverse oder sogar katastrophale Klimaereignisse, die bislang zwar als „potentiell bedrohlich“ galten, aber nur mit marginalen Risikowahrscheinlichkeiten belegt wurden, mutieren immer schneller zu **Ereignissen mit enormer Wirkung und zugleich progressiv zunehmender Eintrittswahrscheinlichkeit!**

Vor diesem Problem warnt sehr klar auch *Global Tipping Points Report* (2023):

- „Some Earth system tipping points are no longer high-impact, low-likelihood events, they are **rapidly becoming high-impact, high-likelihood events**.“⁶¹⁵

Durch die neuesten Erkenntnisse der Klimaforschung – insbesondere aber durch das Konzept der *Climate Tipping Points* – verschärft sich also das **gesamte materielle und immaterielle Risikoprofil** des globalen Klimawandels **in fundamentaler Art und Weise** – ein Aspekt, der aber bislang in vielen Diskursen noch deutlich unterschätzt oder nicht hinreichend zur Kenntnis genommen wird!⁶¹⁶

Dieser Punkt ist von entscheidender Bedeutung, denn:

- Wenn die Annahme relativ **schneller, abrupten, hochdynamischer, nichtlinearer** und oftmals **sprunghafter Veränderungen** der globalen Klimaverhältnisse richtig ist, und wenn auch die entsprechenden **Eintrittswahrscheinlichkeiten deutlich zunehmen**, müssen viele der bisherigen (eher „linear“ aufgebauten) Risikomodelle und Risikoberechnungen massiv adjustiert und insbesondere um **spezifische Tipping Point-Risiken** ergänzt werden!
- Vereinfacht ausgedrückt: Wenn potentiell großvolumige Risikoereignisse nicht länger als „extreme Ausnahme“ betrachtet werden können, sondern stattdessen – selbst aus Sicht nüchterner Versicherungsmathematik – bereits **signifikante Eintritts- und Realisationswahrscheinlichkeiten** erreichen, geraten Finanzsysteme massiv unter Druck!



... it is urgent to incorporate climate system tipping points in economic analyses.

Timothy Lenton, Klimaexperte, 2022



Neue Risikobewertungen und das Konzept der „Planetary Solvency“

Die oben skizzierten Überlegungen führen direkt zum Konzept der **Planetary Solvency**, durch das eine bessere „Übersetzung“ und Integration möglicher Folgen **klimabedingter Extremereignisse** – sowie insbesondere der rapide zunehmenden **Climate Tipping Point-Dynamiken** – in die Welt der „klassischen“ Risikomodelle bei Banken und Versicherungsunternehmen angestrebt wird.⁶¹⁷

⁶¹⁵ University of Oxford, *Global Tipping Points* (2023, Report), S. 20; (Hervorhebungen durch Verfasser).

⁶¹⁶ Fairerweise ist hier anzufügen, dass die Expertendiskussion zu *Climate Tipping Points* noch relativ jung ist und schon deshalb in vielen Fachpublikationen – so auch im letzten Sachstandsbericht des Weltklimarats IPCC (2023, Report) – entweder (noch) keine oder oftmals nur eine untergeordnete Rolle spielt.

⁶¹⁷ Vgl. dazu bereits: oben, Kap. 6.2; weiterführend auch: IFoA (2024, Scorpion), IFoA (2025, Solvency); sowie: University of Exeter, *Global Tipping Points* (2025, Report).

Um die Relevanz einer „problemadäquaten“ Risikobewertung und deren konsequenter Anwendung auch bei den Kernfragen des Klimawandels zu verdeutlichen, stellen die Versicherungsmathematiker der britischen Aktuarsvereinigung *IFoA* (2024) eine **simple Vergleichsrechnung** an:

Demnach entsprechen die Risiken, die im letzten Sachstandsbericht des *Weltklimarats IPCC* (2023) mit Blick auf „stärkere“ Erderwärmungsrisiken („**größer als 4,5°C**“) implizit unterstellt sind, einer **rechnerischen Eintrittswahrscheinlichkeit von immerhin 18%**⁶¹⁸

Mit anderen Worten – wiederum angelehnt an *IFoA* (2024):

- Die Wahrscheinlichkeit einer Erderwärmung von mehr als **4,5°C** – was den Übergang in ein sogenanntes „**Hothouse Scenario**“ implizieren würde – liegt sogar „über der Sterbewahrscheinlichkeit bei *Russisch Roulette*“!⁶¹⁹

Daraus folgt zwingend: Die bisherigen Ansätze und Zielvorgaben von Politik und Aufsichtsbehörden beim Klimawandel sind weder ausreichend noch ist die wichtigste Stoßrichtung – *Einhaltung eines 1,5-2°C-Ziels* – sinnvoll definiert, denn: „... *it is mismatched to the risks and potential damages posed by climate change.*“⁶²⁰

Erforderlich ist somit ein kollektiver **Prozess systemischer Risikoadjustierung**, der die komplexen, nichtlinearen und oftmals sprunghaft ansteigenden Risikoverteilungen realer Klimawandelprozesse auch für Wirtschafts- und Kapitalmarktexperten besser verständlich macht und „operationalisiert“.

- Von grundlegender und für die Zukunft absolut entscheidender Bedeutung ist dabei ein besseres Verständnis für die **nichtlineare Dynamik** der *Climate Tipping Points*.⁶²¹

Zumindest in Teilbereichen des globalen Finanzsystems scheint dieser Prozess bereits anzulaufen: Auslöser und Treiber sind dabei bislang meist **Zentralbanken und andere Aufsichts- oder Regulierungsbehörden**. Diese Institutionen erkennen inzwischen ein **rapide zunehmendes Risiko** für die Stabilität ihrer jeweiligen Finanzsysteme, ausgelöst durch bislang oft noch unterschätzte oder fahrlässig „ausgeblendete“ Klimarisiken!

Diese späte Einsicht folgt letztlich der zwingenden Logik von *McCarthy/Odier* (2025):

- „**Klimarisiken sind Finanzrisiken.**“⁶²²

Die möglichen Auswirkungen einer derart **angepassten Risiko-logik** – angelehnt an typische Risikokalküle von Banken oder Versicherungsunternehmen – könnten erheblich sein. Sie hätten ein hohes Potential, die aktuell oft noch fehlgeleiteten, zu zögerlichen oder völlig unzureichenden Maßnahmen gegen den Klimawandel massiv zu beschleunigen und zu transformieren:

- „*Planetary Solvency risk assessment would likely lead to radically different climate policies.*“⁶²³

Mit Blick auf die **globalen Kapitalmärkte** ist diese Konstellation allerdings nicht ungefährlich, denn:

- Ähnlich wie vor einigen Jahren beim Problem der „*Carbon Bubble*“, als die Risiken impliziter

⁶¹⁸ Vgl. dazu: *IFoA* (2024, Scorpion), S. 17.

⁶¹⁹ Vgl. dazu: *IFoA* (2024, Scorpion), S. 17; unter Verweis auf die Analyse von Kemp et al. (2022, Endgame). Zu Begriff und Hintergrund von „*Hothouse Scenarios*“ vgl.: unten, nachfolgendes Kap. 6.4.

⁶²⁰ Kemp et al. (2022, Endgame).

⁶²¹ Vgl. dazu wegweisend: *IFoA* (2024, Scorpion), *IFoA* (2025, Solvency); sowie: University of Exeter, Global Tipping Points (2025, Report).

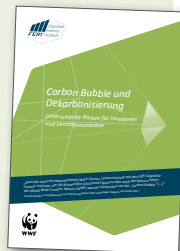
⁶²² *McCarthy/Odier* (2025, Finanzrisiken); (Hervorhebung im Original).

⁶²³ *IFoA* (2024, Scorpion), S. 27. Ausführlich dazu auch: *IFoA* (2025, Solvency).

CO₂-Budgets an den Kapitalmärkten deutlich unterschätzt und allenfalls **rudimentär eingepreist** wurden, scheinen die Kapitalmärkte auch bei den **physischen Klimarisiken** das drohende (und deutlich näher rückende) Problem derzeit noch nicht zu erkennen.⁶²⁴

- Folglich sind auch hier im Zeitablauf noch **signifikante Neubewertungen** zu erwarten: Diese betreffen wohl zunächst primär **Immobilienmärkte** in besonders exponierten Regionen, werden aber dann (mit einer gewissen Verzögerung) sehr dynamisch auch auf das **Kreditsystem** und betroffene **Bankensegmente** „durchschlagen“.⁶²⁵

Zum Problem der „Carbon Bubble“ hat das FERI Cognitive Finance Institute bereits 2017, gemeinsam mit dem Kooperationspartner WWF, eine wegweisende Studie veröffentlicht. Hier geht's direkt zur Kurzversion der Studie „Carbon Bubble und Dekarbonisierung – Unterschätzte Risiken für Investoren und Vermögensinhaber“:



„Physische Klimarisiken“ beunruhigen Aufsichtsbehörden und Kapitalmarkt-Regulierer

Der Grad an Aufmerksamkeit, den viele Aufsichtsbehörden für Banken und Finanzmärkte inzwischen dem (keinesfalls neuen) Thema der „Klimarisiken“ widmen, ist bezeichnend. Offensichtlich haben an vielen entscheidenden Schaltstellen der Finanzsysteme lange Zeit „progressivere“ Themen wie

„ESG-Konformität“ und „Diversität“ den Blick für andere, wesentlich ausgeprägtere und – im wahrsten Sinne – „**materielle**“ Risiken verstellt. Doch dieses Bild ändert sich rapide:

So hat erst vor kurzem das deutsche *Bundesamt für Finanzmarktaufsicht (BaFin)* die von ihm beaufsichtigten **Finanzinstitute** angewiesen, zukünftig die „**materiellen Risiken**“ des Klimawandels verstärkt in den Blick zu nehmen. *BaFin*-Präsident *Branson* (2025) warnt explizit:

- „**Physische Risiken des Klimawandels nehmen zu.**“⁶²⁶



As global temperatures continue to rise, so will the rate and severity of extreme weather events.

WEF (2024, Inaction)



Mit dieser Aussage adressiert *Branson* (2025) die konkrete Erwartung, dass in vielen Sektoren von Wirtschaft und Finanzsystem „**physische Klimarisiken**“ immer stärker durchschlagen werden:

- „Der fortschreitende Klimawandel und die langfristige Schädigung wichtiger Ökosysteme bergen **erhebliche physische Risiken** für die Unternehmen der Finanzbranche. Vieles spricht dafür, dass wir in den kommenden Jahren deutlich stärker spüren werden, wie sich die Natur und das Klima verändern. **Konkret heißt das unter anderem: mehr Sturzfluten, Hochwasser und Dürren.**“⁶²⁷

⁶²⁴ Genau zu diesem Problemkomplex hat das *FERI Cognitive Finance Institute* bereits 2017 eine grundlegende Studie verfasst; vgl. dazu: Kopp et al. (2017, Bubble).

⁶²⁵ Diese Sorge veranlasst derzeit bereits einige Aufsichts- und Regulierungsbehörden zu verschärften Risikovorgaben speziell im Banken- und Kreditsystem; vgl. dazu ausführlich: unten, nachfolgender Abschnitt.

⁶²⁶ *BaFin*-Präsident *Mark Branson*; zitiert nach: *BaFin* (2025, Verbesserungspotenzial).

⁶²⁷ *BaFin*-Präsident *Mark Branson*; zitiert nach: *BaFin* (2025, Verbesserungspotenzial); (Hervorhebungen durch Verfasser). Diese Einschätzung wird durch zukunftsorientierte Klimamodelle für Mitteleuropa eindeutig gestützt; vgl. dazu etwa: *ntv* (2025, Superzellen): „Mit der Erderwärmung wird (...) die Zahl der besonders schweren Gewitter [Superzellen-Gewitter] drastisch zunehmen.“

Aus der Entwicklung und den aktuellen Trends des globalen Klimageschehens resultiert zwingend eine **verstärkte Risikokumulation in Kernbereichen des Finanzsystems**. Dazu erklärt Branson (2025):

- „Wenn sich physische Risiken des Klimawandels materialisieren, kann sich das unmittelbar im Finanzsektor niederschlagen, etwa in den **Kreditportfolien der Banken** oder in den **Schadenssummen der Versicherer**.“⁶²⁸

Analog äußert sich auch die *Europäische Zentralbank (EZB)*, die nicht nur das europäische Bankensystem beaufsichtigt, sondern darüber hinaus auch für die Stabilität des gesamten Euro-Währungsraums und des zugehörigen Finanzsystems verantwortlich ist:

- „**Global warming increases the likelihood of extreme weather events. The resulting damage can have a significant impact on the financial system.**“⁶²⁹

Aus diesen Positionen wird klar, dass sich an wichtigen Schaltstellen moderner Finanzsysteme sehr schnell, mit großer Dynamik und hoher Intensität **hohe Finanzrisiken** ansammeln könnten – ausgelöst durch den **nichtlinearen Anstieg globaler sowie verstärkt auch lokaler Klimarisiken**!

Gleichzeitig rücken damit erstmals **unmittelbare Klimarisiken auch auf der Mikroebene** in den Fokus. Das betrifft etwa die Frage, ob ein Unternehmen in einer potentiellen Hochwasserregion angesiedelt ist, in großem Umfang Wasser benötigt oder von einer laufenden Versorgung per Schiff abhängig ist. Zwangsläufig muss eine solche Risikoüberprüfung auch essenzielle Zulieferer, Versorger oder Distributoren inkludieren. In diesem Sinne fordert EZB (2025):

- „Die Unternehmen müssen einschätzen können, welche wirtschaftlichen Schäden beispielsweise Extremwetterereignisse in ihrem Geschäft anrichten können.“⁶³⁰

Zu diesem Zweck hat die **EZB** 2025 ein konkretes Gerüst entwickelt („*analytical indicators on physical risks*“), auf dessen Grundlage die beaufsichtigten Finanzinstitute spezifische **Risikoeinschätzungen** („*risk scores*“) und individuelle **Risikoexponierungen** („*potential exposure at risk*“) ableiten sollen.⁶³¹

In ähnlicher Weise hat bereits 2024 die **EU-Kommission** ein ausführliches Konzept zur besseren „**Überwachung klimabezogener Risiken für die Finanzstabilität**“ verabschiedet.⁶³²

Auch branchenübergreifende Institutionen – darunter etwa das **Financial Stability Board (FSB)** – haben in jüngerer Zeit konkrete Vorgaben und Handlungsempfehlungen zum Umgang mit den „*physischen Risiken des Klimawandels*“ im Finanzsystem erarbeitet.⁶³³

- Letztlich folgen alle diese Ansätze dem bereits dargestellten Konzept der „**Planetary Solvency**“.⁶³⁴

Hier geht's direkt zur Risikoanalytik der EZB zu (klimawandelbedingten) „*physischen Risiken*“:



Klimarisiken sind Finanzrisiken.

McCarthy/Odier (2025, Finanzrisiken)



⁶²⁸ BaFin-Präsident Mark Branson; zitiert nach: BaFin (2025, Verbesserungspotenzial); (Hervorhebungen durch Verfasser). Dieses Argument folgt im Kern der Logik des „*Insurability Imperative*“ und „*Protection Gap*“; vgl. dazu ausführlich bereits: oben, vorhergehender Abschnitt.

⁶²⁹ EZB (2024, Indicators); (Hervorhebungen durch Verfasser).

⁶³⁰ EZB (2025, Crises). Analog auch: EZB (2024, Indicators).

⁶³¹ Vgl. dazu ausführlich: EZB (2024, Indicators).

⁶³² Vgl. dazu ausführlich: EU-Kommission (2024, Finanzstabilität); (Hervorhebungen im Original).

⁶³³ Vgl. dazu ausführlich: FSB (2025, Vulnerabilities).

⁶³⁴ Vgl. dazu bereits ausführlich: oben, Kap. 6.1 und 6.2.

Gesamthaft resultiert daraus ein **völlig neues Konzept zur Erfassung möglicher Klimarisiken**, das starke Rückwirkungen auf zentrale Elemente von Volkswirtschaften und Finanzsystemen hat. Supranationale Institutionen wie *Weltbank* oder *UN* geben diesen Ansätzen bereits zunehmend Gewicht, ebenso wie Zentralbanken (*EZB*) oder nationale Aufsichtsbehörden (*BaFin*).⁶³⁵

Dies alles befindet sich aber derzeit erst in einem sehr frühen Stadium.

- Erforderlich sind vor allem noch mehr **Daten**, eine systematischere **Risikoerfassung** sowie eine intelligente Verknüpfung mit quantitativen Modellen zur „Umrechnung“ dynamischer **Klimarisiken** in potentielle **Finanzrisiken**.⁶³⁶

Diese Schritte sind essentiell, erfordern aber noch deutlich weitergehende Anstrengungen – insbesondere hinsichtlich einer expliziten Integration **nicht-linearer Risikorealisationen** und potentieller „**High Impact-Risikokaskaden**“, die infolge von *Climate Tipping Points*-Dynamiken immer wahrscheinlicher – und zunehmend virulenter – werden.⁶³⁷

Mögliche Wege dorthin zeigen Initiativen und Ansätze wie das *University of Oxford's Resilient Planet Finance Lab*, das *Global Tipping Points Planetary Solvency Dashboard* von *University of Exeter* und *IFoA*, oder das multinational angelegte *Encore*-Netzwerk.⁶³⁸

Hier geht's direkt zu den entsprechenden Webseiten:



Dass die genannten Punkte zukünftig – wesentlich stärker als bislang noch üblich – auch in die **strategische Entscheidungslogik** von sogenannten „*Asset Owners*“ und anderen institutionellen Investoren integriert werden müssen, ist unumstritten. Zentrale Anforderungen und mögliche Wege dorthin verdeutlicht nachfolgend *Antje Biber*, Nachhaltigkeitsexpertin und Aufsichtsratsmitglied der *European Energy Exchange AG*:

Paradigmenwechsel im Finanzsystem: Klimarisiken als Preisfaktor

Aktuell gewinnen die Auswirkungen des Klimawandels zunehmend an Bedeutung für die Real- und die Finanzwirtschaft. Sowohl die *Europäische Zentralbank (EZB)* als auch die *Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin)* nehmen das Thema der „*Physischen Risiken*“ nun in den Fokus.

Die *EZB* hat im Juli 2025 einen weitreichenden Beschluss gefasst, der ab Mitte 2026 in Kraft tritt:

- **Klimarisiken werden künftig zu einem eigenständigen Preisfaktor in den Refinanzierungsgeschäften der Notenbank.**⁶³⁹

Konkret bedeutet dies, dass Unternehmensanleihen, die Banken als Sicherheiten bei der *EZB* hinterlegen, anhand ihrer Klimarisiken bewertet werden. Je höher das Risiko – sei es durch Übergangsrisiken energieintensiver Branchen oder durch mangelnde Anpassungsstrategien einzelner Unternehmen – desto geringer ist ihr Beleihungswert. Umgekehrt erhalten Anleihen mit einem robusten Klimaprofil einen höheren Wert. Bewertet wird in drei Schritten: branchenspezifisches Transitionsrisiko, unternehmensspezifischer *Klima-Score* sowie asset-bezogene Merkmale wie Restlaufzeit.

⁶³⁵ Vgl. dazu etwa: *Weltbank* (2022, Assessment); *UNEP* (2024, Assessment); *EZB* (2025, Indicators); *BaFin* (2025, Verbesserungspotenzial).

⁶³⁶ Vgl. in diesem Sinne ebenfalls sehr dezidiert: *McCarthy/Odier* (2025, Finanzrisiken).

⁶³⁷ Vgl. zu den genannten Grundeigenschaften bereits sehr ausführlich: oben, Kap. 4.

⁶³⁸ Vgl. dazu überblickartig: *McCarthy/Odier* (2025, Finanzrisiken); sowie weiterführend: *Encore* (2025, Risks); *University of Exeter, Global Tipping Points* (2025, Dashboard); *University of Oxford* (2025, Lab).

⁶³⁹ *EZB* (2025, Transitionsrisiken).

Parallel dazu intensiviert auch die *BaFin* ihre Aufsicht über Banken und Versicherungen hinsichtlich der Integration physischer Klimarisiken in die Risikomanagementsysteme.⁶⁴⁰

Die Finanzinstitute werden angehalten, ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber klimabedingten Schocks zu erhöhen, was durch höhere Kapital- und Liquiditätspolster unterstützt werden soll.

Auswirkungen auf Unternehmensfinanzierung

Für Unternehmen bedeutet diese Entwicklung eine strukturelle Veränderung ihrer Finanzierungskosten. Firmen mit hohen Emissionen oder unsicheren Transformationsstrategien werden es künftig schwerer haben, ihre Anleihen als attraktive Sicherheiten einzusetzen. Dies könnte die Refinanzierung über Banken verteuern und Investoren veranlassen, stärker auf die Umsetzung von Nachhaltigkeitsstrategien zu achten. Unternehmen mit klaren Dekarbonisierungspfaden und belastbaren Klimarisiken werden auch aus Risikoaspekten künftig bevorzugt.

- Damit verschärft sich gleichzeitig der Druck auf emissionsintensive Branchen, ihre Geschäftsmodelle schneller umzustellen, um den Zugang zu günstigeren Finanzierungen nicht zu verlieren.

Auswirkungen auf die Finanzwirtschaft und Investoren

Für den Finanzsektor insgesamt markiert die Maßnahme einen **signifikanten Paradigmenwechsel**:

Banken müssen ihre Portfolios detaillierter nach Klimarisiken durchforsten, um geeignete Sicherheiten für die Refinanzierung bei der EZB vorzuhalten. Dies fördert eine strukturierte Integration von Nachhaltig-

keitskriterien in das Risikomanagement der Institute. Zugleich wird die Finanzwirtschaft stärker in die Verantwortung genommen, Transformationsprozesse der Realwirtschaft aktiv mitzugestalten. Kapitalflüsse könnten langfristig gezielt in nachhaltigere Technologien und Geschäftsmodelle umgeleitet werden.

Für institutionelle Investoren ermöglichen diese erweiterte Risikobetrachtung und die damit verbundene Transparenz der Transformationsstrategien eine neue Opportunität, die eigenen Klimaziele gezielter umzusetzen.

Schlussfolgerung

Die Einbindung von Klima- und Naturrisiken in die Geldpolitik und Bankenaufsicht ist kein Nebenaspekt, sondern **notwendige Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit der Finanzwirtschaft**.

Für Unternehmen eröffnet sich eine neue Form der Marktlogik:

- **Nachhaltigkeit ist nicht länger ein Reputationsfaktor, sondern eine handfeste Bedingung für das Erreichen günstiger Kredit- und Refinanzierungsbedingungen.**

Investoren wiederum müssen Klimarisiken nicht nur aus einer ethisch-nachhaltigen Perspektive bewerten, sondern erkennen zunehmend den direkten finanziellen Einfluss auf Rendite und Risiko. Langfristig gilt: Nur wer Klimarisiken systematisch einbezieht, kann stabile Finanzierungsstrukturen sichern – und damit auch die Attraktivität für Investoren bewahren, die immer stärker nach zukunftsfähigen, klimaresilienten Geschäftsmodellen suchen.

⁶⁴⁰ BaFin (2025, Risikomanagement).

7 FAZIT UND AUSBLICK

Wie die vorliegende Analyse klar gezeigt hat, befindet sich das *Erdsystem* – und damit auch das globale Klima – auf direktem Weg in eine sehr ungewisse Zukunft. Auslöser dieser Dynamik ist das vom Menschen verursachte Phänomen **progressiver Erderwärmung**, das wiederum aus dem massiven Ausstoß sogenannter Treibhausgase resultiert. Beides ist unmittelbare Folge der seit rund 150 Jahren rapide fortschreitenden Industrialisierung – weitgehend basierend auf der Verbrennung **kohlenstoffbasierter Energieträger** wie Erdöl und Erdgas. Soweit die hinlänglich bekannten Fakten.⁷³⁰



*Der Klimawandel ist menschengemacht,
daran gibt es keinerlei Zweifel mehr.*

World Ocean Review (2024, Klimakrise)



Weniger bekannt – oder bereits hinreichend verstanden – ist dagegen bislang das **Prinzip der kritischen Kipppunkte** im globalen Klimasystem und im gesamten Erdsystem, also der **Climate Tipping Points**.

Derartige Kipppunkte sind sowohl Auslöser als auch Ergebnis komplexer Dynamiken und verschiedenartiger **nichtlinearer Prozesse** in wichtigen Teilsystemen des globalen Klimas – den sogenannten **Klima-Kippelementen**:

- Zu diesen zählen insbesondere die **Eisschilde** in Grönland und der Antarktis, die **Atlantische Umwälzzirkulation (AMOC)**, der **Amazonas-Regenwald** sowie andere – teilweise nachgelagerte oder nur regional wirksame – Kippdynamiken.⁷³¹

Als Folge inhärenter **Selbstverstärkungs- und Rückkopplungsprozesse** können diese Kippelemente bei Annäherung an kritische Schwellenwerte – die wiederum direkt von spezifischen Niveaus der Erderwärmung abhängig sind – relativ abrupt ihren jeweiligen **Kipppunkt** erreichen. Sobald dieser ausgelöst und überschritten wurde, verändert das jeweilige Kippelement eigendynamisch – und **grundsätzlich irreversibel!** – seinen vorherigen Systemzustand.⁷³²

- Wenn ein solches Klimaelement „umkippt“, tritt ein selbstverstärkender Prozess ein, der sich durch **positive Rückkopplungen** selbständig weiter fortsetzt und beschleunigt.
- Ein vorher relativ stabiles System verwandelt sich so nach Überschreiten seines Kipppunkts in ein **instabiles System** und entwickelt eine **Dynamik stetig negativer Progression und/oder Eskalation**.⁷³³ (Vgl. dazu die schematische Darstellung in Abb. 81).



This means that, at the tipping point, a small shift in the background climate can trigger a large-scale qualitative system change.

Wunderling et al. (2024, Interactions and Cascades)



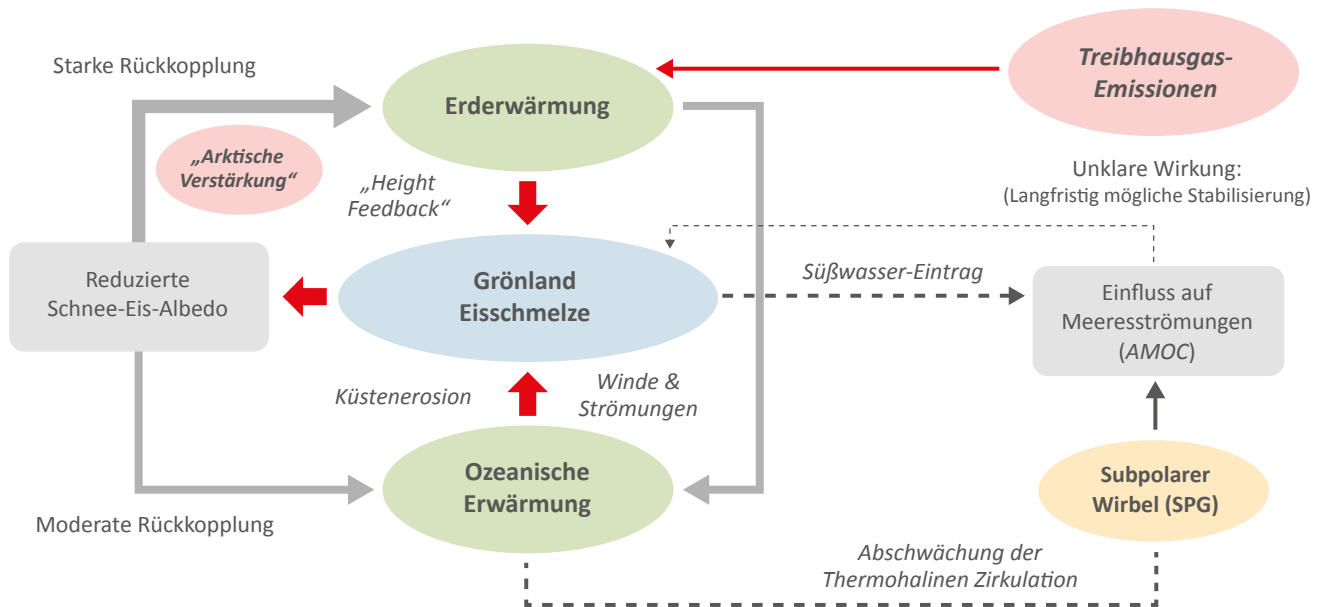
⁷³⁰ Vgl. dazu einführend und ausführlich bereits: oben, Kap. 2-3.

⁷³¹ Vgl. dazu grundlegend bereits: oben, Kap. 3.2; sowie ausführlich Kap. 4-5.

⁷³² Vgl. dazu ausführlich und mit weiteren Nachweisen bereits: oben, Kap. 3-4.

⁷³³ Vgl. dazu ausführlich und mit weiteren Nachweisen bereits: oben, Kap. 4.

Abb. 81: Kipodynamik und Rückkopplungen am Beispiel des Grönland-Eisschildes



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2025, eigene Darstellung

Für „umgekippte“ Klimaelemente beginnt damit ein Prozess der **anhaltenden Selbstschädigung** (oder Selbstzerstörung) – ganz im Sinne einer **„Abwärtsspirale“** oder eines **„Teufelskreises“**. Bisherige stabilisierende Wirkungen des jeweiligen Kippelements innerhalb des globalen Klimasystems werden dadurch weitgehend geschwächt, aufgehoben oder sogar ins Gegenteil verkehrt:

- Ein Gletscher in Grönland oder ein Eispanzer in der Antarktis, der erst einmal abgeschmolzen ist, kann für den globalen Wasserkreislauf oder die Reflektion von Sonneneinstrahlung zukünftig keine positive Rolle mehr spielen – aber das Gesamtsystem weiter belasten!

Hinzu kommt jedoch noch ein weiterer **überaus wichtiger Punkt**: Auch völlig unterschiedliche und weit entfernte Klimakippelemente zeigen ein hohes Maß an **systemischer Interaktion** und können sich gegenseitig stark beeinflussen. So kann das „Umkippen“ eines Kippelements am Nordpol unmittelbar auf die Kipodynamik des Amazonas-Regenwaldes in den Subtropen oder anderer wichtiger Elemente des

Erdsystems – wie etwa der *Atlantischen Umlaufzirkulation (AMOC)* – **einwirken** und diese dadurch erst in Gang setzen, **verstärken oder progressiv beschleunigen**.⁷³⁴

Diesen Zusammenhang einer **wechselseitigen Interdependenz unterschiedlicher Klimakippelemente** – und möglicher *Climate Tipping Points* – verdeutlicht die grundlegende Darstellung in Abb. 82, S. 176.

Mit anderen Worten:

Aus der Dynamik der Klimakippunkte können – durch Kombination und Interaktion verschiedenartiger Klimakippelemente – regelrechte **„Dominoeffekte“** entstehen, also eine Überlagerung, Verstärkung und nichtlineare Kumulation sowie ein „Aufschaukeln“ bis hin zu sogenannten **„Kippkaskaden“**:

- **„Some climate tipping systems closely interact, and most interactions tend towards destabilising, making tipping ‚cascades‘ possible.“**⁷³⁵

⁷³⁴ Vgl. dazu ausführlich und mit weiteren Nachweisen bereits: oben, Kap. 4 (insbesondere Kap. 4.4-4.5).

⁷³⁵ University of Exeter, Global Tipping Points (2023, Report), S. 51; (Hervorhebungen durch Verfasser). Vgl. dazu ausführlich und mit weiteren Nachweisen bereits: oben, Kap. 4 (insbesondere Kap. 4.3-4.5).

Abb. 82: Multiple Interdependenzen von Climate Tipping Points



Verbindungslinien kennzeichnen mögliche Rückkopplungsprozesse

Quelle: RAOnline (2025, Report); Anlehnung an Darstellung von PIK (2018); (Temperaturdaten teilweise überholt)

... es können Dominoeffekte
geschehen, die von der Menschheit
nicht beherrschbar sind.

Nico Wunderling, Klimaforscher, 2025

Der Klimawissenschaftler Nico Wunderling (2025), Professor am Center for Critical Computational Studies (C³S) an der Goethe-Universität Frankfurt, erklärt das entsprechende Grundproblem:

- „Wenn der Eisschild Grönlands schmilzt, und dann die Atlantische Meridionale Umwälzströmung (AMOC), von dem der Golfstrom ein Teil ist, sich abschwächt und anschließend der Hotspot der Artenvielfalt, der Amazonas-Regenwald, versteppt, dann ist unser Planet nicht mehr stabil“
- „All das steht miteinander in Verbindung und es können Dominoeffekte geschehen, die von der Menschheit nicht beherrschbar sind.“⁷³⁶

Der entscheidende Aspekt dabei:

- Das **Auslösen global verknüpfter und sich gegenseitig verstärkender Kippkaskaden** würde aus Sicht der modernen Klimaforschung **weitaus größere und akutere Klimarisiken** hervorrufen, als bislang in vielen (eher linear aufgebauten) Klimamodellen und Prognosen unterstellt!

Insbesondere dieser Punkt ist von **größter Bedeutung** für den weiteren Verlauf der gesamten Klimawandel-Diskussion – aber auch für das richtige und konsequente Handeln in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft: Dies gilt sowohl im Sinne größtmöglicher **Reduktion von Treibhausgasemissionen** als auch beim Aufbau resilienter Strukturen und Prozesse – also bei der gezielten **Erhöhung der gesamtgesellschaftlichen Klimaresilienz**.⁷³⁷

⁷³⁶ Wunderling (2025, Kippelementen); (Hervorhebungen und kleine redaktionelle Korrekturen durch Verfasser).

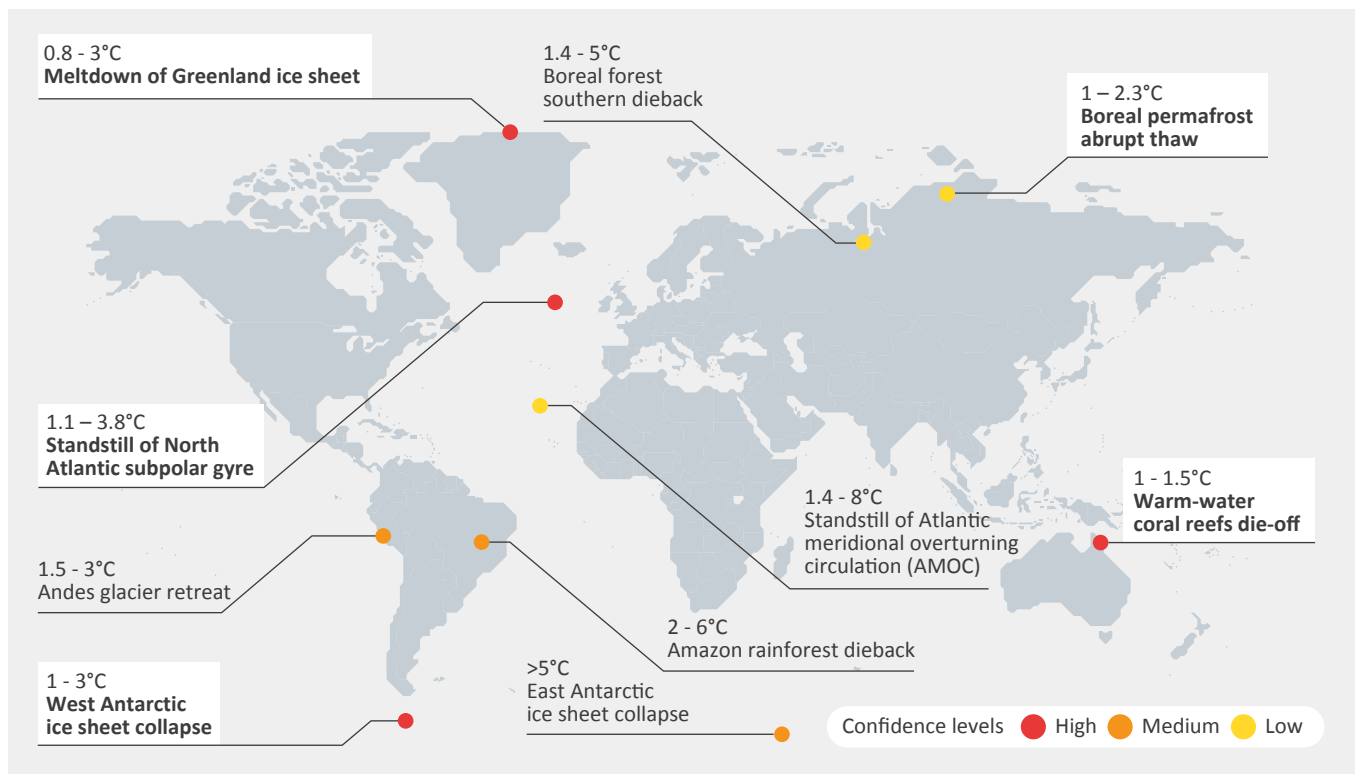
⁷³⁷ Vgl. dazu ausführlich bereits: oben, Kap. 6.

Wie sich heute zeigt, sind aus Perspektive einiger *Climate Tipping Points* bereits Niveaus der Erderwärmung von **1,5-2°C** als kritisch einzuschätzen – gefährlich nahe an den *Pariser Klimazielen*. Im Einzelfall – wie bei den *Südsee-Korallenriffen*, bei den *Eisschilden in Grönland* und der *Westantarktis* sowie beim *Subpolaren Wirbel* im Nordatlantik – könnten die kritischen Kippunkte aber auch bereits **deutlich unterhalb dieser Werte** liegen (bei rund **0,8-1,5°C**).⁷³⁸ (Vgl. dazu Abb. 83).

“
Der Mensch allein verantwortet
den Klimawandel und seine Folgen.

World Ocean Review (2024, Klimakrise)

Abb. 83: Die wichtigsten Climate Tipping Points und ihre kritischen Temperaturgrenzen



Quelle: WEF (2024, Inaction); Daten von Global Tipping Points Report (2023) sowie Boston Consulting Group

“
The core tipping elements with the lowest thresholds are
the large ice sheets on Greenland and West Antarctica.

Wunderling et al. (2024, Interactions and Cascades)

⁷³⁸ Vgl. dazu ausführlich bereits: oben, Kap. 5; insbesondere die Darstellung in Tab. 2 (in Kap. 6.1).

Folglich sind mit einiger Wahrscheinlichkeit wichtige Kippdynamiken des Erdsystems **bereits aktiviert** und werden sich (bei weiter fortschreitender Erderwärmung) nicht nur weiter fortsetzen, sondern auch auf andere Kippelemente und deren Kippdynamiken verstärkend und beschleunigend einwirken – ganz im Sinne der **systemisch vernetzten Interaktion** wichtiger *Climate Tipping Points*.⁷³⁹ Der *Global Tipping Points Report* (2023) bestätigt diese Einschätzung explizit:

- „*Some Earth system tipping points could be very close already.*“⁷⁴⁰

Die enorme Bedeutung der Kippdynamiken im Erdklima wurde erst vor wenigen Jahren von der Klimaforschung gezielt adressiert und erforscht. Das entsprechende Wissen ist deshalb noch relativ neu und hat noch nicht überall Eingang in klimapolitische Diskurse und Abstimmungsprozesse gefunden. Dieses **Erkenntnisdefizit** ändert sich derzeit jedoch relativ schnell – sowohl durch zunehmende Konzentration der Klimaforschung auf die grundlegende Physik und „*Thermodynamik*“ der *Climate Tipping Points*, aber auch durch laufende Aktualisierung und verstärkte Kommunikation entsprechender Forschungsergebnisse.⁷⁴¹

Dennoch besteht aktuell noch ein sehr wichtiges **Grundproblem**, denn: Viele der bislang üblichen Modelle, Prognosen und Simulationsrechnungen zum Klimawandel leiden unter einem **entscheidenden Defizit**:

- Die Mehrzahl dieser Verfahren basiert nicht auf einem umfassenden und **systemdynamischen Ansatz**, der explizit auch **kumulative und progressive Effekte** aus der Überlagerung und gegenseitigen Verstärkung **mehrerer Kippdynamiken** berücksichtigt!

Dieser Punkt dürfte verantwortlich sein für ein regelmäßig wiederkehrendes Problem vieler Klimamodelle und entsprechender Prognosen: Immer wieder zeigt sich darin das Bild einer **deutlichen Unterschätzung**, denn Ausmaß, Tempo und Dynamik wichtiger Klimaveränderungen werden dort oftmals deutlich – und offenbar „*systematisch*“ – von der späteren Realität überholt.

- Dieses Phänomen einer **systematischen Unterschätzung** des Klimawandels ist gefährlich, denn es führt zu **falschen klimapolitischen Schlussfolgerungen** sowie einer deutlich **verzögerten Reaktionsfunktion**.⁷⁴²

Wie im Rahmen der vorliegenden Analyse gezeigt wurde, liegt dieses Versäumnis – zumindest teilweise – auch an der mangelnden Verfügbarkeit hinreichend komplexer Modelle des Erdsystems, die jedoch nur von extrem performanten Hochleistungscomputern überhaupt durchgerechnet werden können. Diesen Punkt konzediert auch der Klimaforscher *Nico Wunderling* (2025):

- „*Die komplexesten Modelle in der Forschung, die wir derzeit haben, werden gerade erst entwickelt, um Klimakippunkte simulieren zu können.*“⁷⁴³

Grundsätzlich gibt es auch hier zumindest tendenzielle Fortschritte, die wohl künftig zu deutlich **präziseren Einschätzungen der planetaren Kippdynamiken** führen werden.⁷⁴⁴

⁷³⁹ Vgl. dazu grundlegend bereits: oben, Kap. 4; sowie die ausführlichen Detailanalysen in Kap. 5.

⁷⁴⁰ University of Exeter, *Global Tipping Points* (2023, Report), S. 51; (Hervorhebung durch Verfasser).

⁷⁴¹ Hierunter fallen insbesondere die Anstrengungen der Klimawissenschaftler rund um die *University of Exeter* (und darüber hinaus), die für die Erstellung der regelmäßigen *Global Tipping Points Reports* verantwortlich sind; vgl. dazu die zahlreichen Referenzen und Verweise im Rahmen der vorliegenden Publikation.

⁷⁴² Vgl. dazu die zahlreichen Nachweise im Rahmen der vorliegenden Analyse, die eine (oftmals sehr deutliche) „*Unterschätzung*“ wichtiger klimatischer Veränderungen konzedieren. Oftmals dürfte dieses Problem auf eine unzureichende Berücksichtigung komplexer Interaktionen und selbstverstärkender Rückkopplungseffekte zwischen zentralen Klima-Kippelementen zurückzuführen sein.

⁷⁴³ Wunderling (2025, Kippelementen).

⁷⁴⁴ Diesen Punkt bestätigt der Klimaforscher *Nico Wunderling* vom *Center for Critical Computational Studies (C³S)* an der *Goethe-Universität Frankfurt*: „*Dann sind wir in der Lage, einzelne Interaktionen so zu quantifizieren, dass wir wissen, ob sie stabilisierend oder destabilisierend sind. Wenn es gut läuft, wissen wir zudem, wie stark die Interaktionen sind und können das Expertenwissen durch echte Erdbeobachtungsdaten erweitern und teilweise auch ersetzen.*“; vgl. Wunderling (2025, Kippelementen).

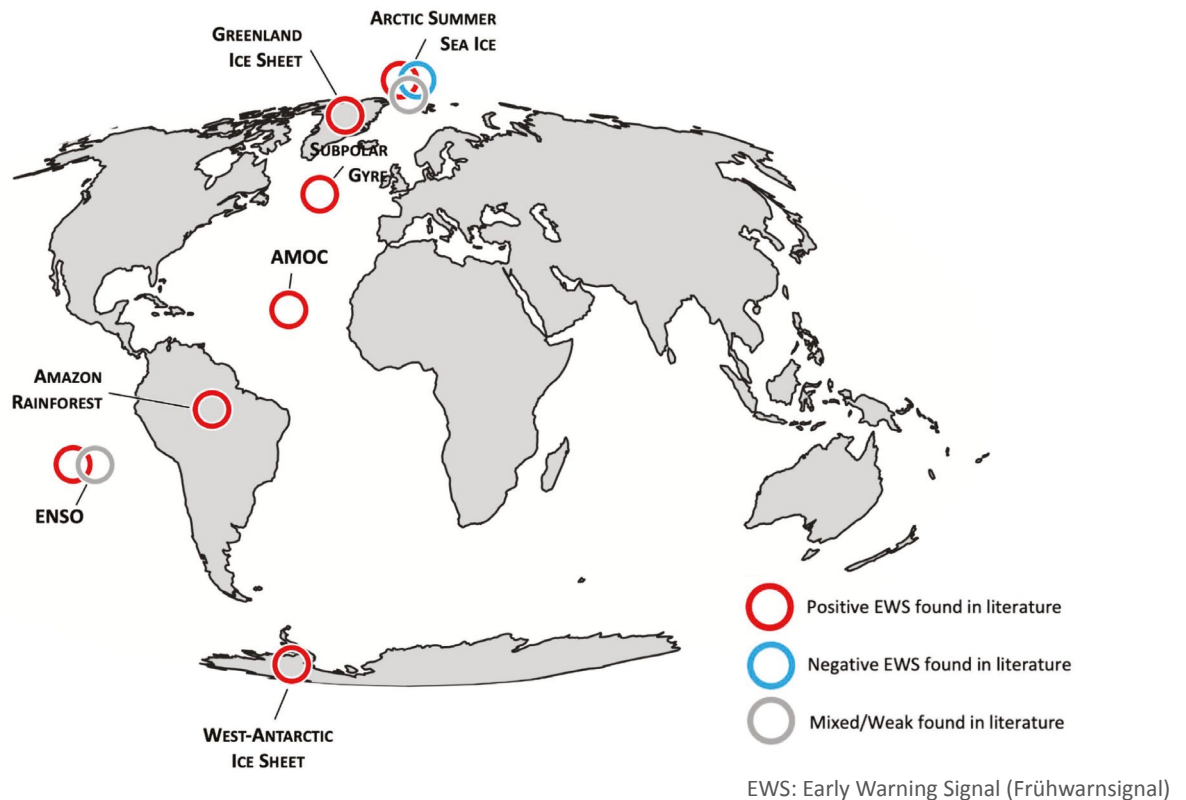
Komplexere Klimamodelle bieten somit die Möglichkeit, Grundeigenschaften und Interdependenzen einzelner Kippelemente, Kippunkte und Kippdynamiken wesentlich besser zu erforschen als bislang. Gleichzeitig muss sich die Klimaforschung verstärkt auf eine gezielte Überwachung („Monitoring“) **charakteristischer Frühwarnsignale** („Fingerprints“) konzentrieren, die ein mögliches Auslösen kritischer Kippunkte des Erdsystems mit hinreichendem Vorlauf ankündigen (vgl. dazu Abb. 84).

- Beide Ansätze erlauben letztlich eine präzisere Einschätzung von *Climate Tipping Points*, möglichen Kippkaskaden sowie deren jeweiliger systemischer Kritikalität.⁷⁴⁵

Allerdings dürften sich als Ergebnis dieser Forschungen bisherige Annahmen und Szenarien sowie gängige (politische) Arbeitshypothesen zum Ablauf und den möglichen Folgen des Klimawandels nochmals **spürbar verschärfen**. Mit anderen Worten:

- Der **Handlungsdruck** auf Politik, Wirtschaft und Gesellschaft für ein besseres „Management“ der (offenkundig) näher rückenden Klimakrise wird zeitnah **weiter ansteigen**.⁷⁴⁶

Abb. 84: Die wichtigsten Frühwarnsignale bei Climate Tipping Points



Quelle: University of Exeter, Global Tipping Points (2023, Report); Wunderling et al. (2024, Interactions and Cascades)

⁷⁴⁵ Vgl. zu diesem Begriff und seiner grundsätzlichen Bedeutung bereits ausführlich: oben, Kap. 3.2.1; 4.2; sowie 5.1 (dort insbesondere auch Abb. 19).

⁷⁴⁶ Vgl. dazu ausführlich: oben, Kap. 6 (insbesondere 6.5).



*Some Earth system tipping points
could be very close already.*

Global Tipping Points (2023, Report)



Obwohl dieser Handlungsdruck in vielen Bereichen des planetaren Klimas zunehmend erkennbar und „greifbar“ ist, fehlt es noch immer an wirksamen, konsequenten und global koordinierten Maßnahmenpaketen. Die zunehmend ritualisierten **Weltklimakonferenzen (COP)** verlieren zuletzt deutlich an Entschlusskraft – und werden immer stärker von den Partikularinteressen großer Wirtschaftsmächte (USA und China) und wichtiger Erdölproduzenten (Golfstaaten) bestimmt.⁷⁴⁷

- Dadurch gehen der Menschheit wichtige Zeit und Handlungsfähigkeit verloren, um eine absehbare Klimakrise noch abmildern und vor allem den latent drohenden Übergang in ein „**Hothouse-Szenario**“, also eine Welt nach Erwärmung um mindestens **3-4°C** mit hinreichender Verlässlichkeit verhindern zu können.⁷⁴⁸

Um eine derartige **Eskalation des Klimawandels** – die aus Sicht der *Climate Tipping Points*-Forschung deutlich wahrscheinlicher ist als bislang oft unterstellt! – noch „in letzter Sekunde“ verhindern zu können, muss der weitere Ausstoß von Treibhausgasen massiv und dauerhaft reduziert werden. Dennoch ist aus heutiger Sicht ein **temporäres Überschießen** der Erderwärmung über die kritischen Schwellenwerte von 1,5-2°C hinaus bereits so gut wie sicher – und dürfte schon in Kürze eintreten.⁷⁴⁹

- Dieses Szenario – auch als „**Overshooting**“ bekannt – würde parallel eine enorme **Netto-Entnahme von CO₂** aus der Atmosphäre erforderlich machen, um die planetarische Wärmebilanz in einer noch vertretbaren Balance zu halten.

Sowohl die gesellschaftlich-politischen als auch die technischen Anforderungen an eine solche „**Netto-Negativ-Emission**“ von Treibhausgasen sind aus heutiger Sicht extrem hoch und bieten bislang – trotz einzelner interessanter Ansätze – in keiner Weise den erforderlichen Wirkungsgrad.

Ob sich dieser Befund noch durch bahnbrechende **technologische Innovationen** ändern lässt, oder ob künftig spezielle „**Geoengineering**“-Verfahren zum Einsatz kommen werden (mit einer Vielzahl bedenklicher Nebenwirkungen und Langfristfolgen), ist derzeit noch völlig unklar.⁷⁵⁰

- Für eine Abwehr möglicherweise katastrophaler Klimaszenarien führt folglich an einer **massiven Reduktion von Treibhausgasemissionen** kein Weg vorbei!

Gleichzeitig sollten in Wirtschaft, Gesellschaft und (vor allem) Energiepolitik auch gezielt **positive Kippdynamiken** mit starken Trends initiiert werden, um möglichst schnell, wirksam und sozialverträglich eine Zukunft mit „moderaten“ Emissions- und Erwärmungspfaden zu realisieren.

- Das exponentielle Wachstum **erneuerbarer Energien** sowie (in Teilen) auch der **Elektromobilität** sind dafür bereits wichtige Ansatzpunkte.⁷⁵¹

Diese Erkenntnis ist derzeit jedoch noch nicht überall in gleicher Weise im gesellschaftlichen, politischen oder wirtschaftlichen „**Mindset**“ verankert. Ganz im Gegenteil: Viele politische Strömungen, nicht zuletzt in den USA, propagieren derzeit eine **Abkehr von gesichertem Faktenwissen** zur fortschreitenden Dynamik der Erderwärmung.⁷⁵²

Dieses grundlegende **Wahrnehmungs- und Erkenntnisdefizit** überträgt sich auch in die Sphäre der Wirtschafts- und Kapitalmarktmodelle: Dort wird das **Problem der Climate Tipping Points** – als Quelle massiver wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Disruption sowie daraus resultierender systemischer Risiken – bislang noch weitgehend ausgeblendet oder nahezu vollständig ignoriert.

⁷⁴⁷ Vgl. dazu bereits: oben, Kap. 6 (insbesondere 6.2; sowie 6.4-6.6).

⁷⁴⁸ Zum Begriff sowie den möglichen Eigenschaften und Risiken eines *Hothouse-Szenarios* vgl. ausführlich bereits: oben, Kap. 6.3-6.4; sowie 6.6.

⁷⁴⁹ Vgl. dazu die entsprechenden Bewertungen von: IPCC (2023, Report); University of Exeter, Global Tipping Points (2023, Report) & (2025, Report); sowie: WMO (2025, Climate).

⁷⁵⁰ Vgl. dazu ausführlich bereits: oben, Kap. 6.6 – mit den Stichworten *CDR*, *CCS*, *DAC* und *SRM*.

⁷⁵¹ Vgl. dazu bereits: oben, Kap. 6.5-6.6.

⁷⁵² Vgl. dazu ausführlich bereits: oben, Kap. 2; 3.2.1; 6.2; sowie 6.4.

Dieses Versäumnis beklagt auch OECD (2022):

- „... existing [economic] estimates **still overlook some tipping point impacts and possible interactions** and are thus **likely still too optimistic**.“⁷⁵³

Dieser Befund ist aus Sicht des *FERI Cognitive Finance Institute* ein weiteres **plakatives Beispiel** für die verbreitete Tendenz von Wirtschaftsakteuren und Kapitalmarktteilnehmern, wichtige Ereignisse (oder Risiken) in der Zukunft zu ignorieren oder auszublenden, sofern das zugrundeliegende Thema als „zu komplex“ oder „noch nicht relevant“ empfunden wird (▷ „**Blind Spot**“-Phänomen).

Diese **kognitive Anomalie** ist ein wichtiger Teil dessen, was durch den speziellen Forschungsansatz des *FERI Cognitive Finance Institute* gezielt überwunden werden soll.⁷⁵⁴ Erfahren Sie hier mehr über den Cognitive Finance Ansatz:



Im Gegensatz zur Mehrzahl der Akteure in Wirtschaft und Kapitalmärkten haben zuletzt jedoch wichtige Exponenten der Finanzaufsicht die Problematik der *Climate Tipping Points* erstmals deutlich wahrgenommen und zugleich höher priorisiert: Im Ergebnis führt dies zu einer spürbaren Ausweitung aufsichtsrechtlicher **Anforderungen und Regulierungen**, wodurch das Gefahrenpotential von „*physischen Risiken des Klimawandels*“ für Finanzsysteme verstärkt überwacht werden soll:

- Unter dem Stichwort „**Planetary Solvency**“ werden künftig **neue Metriken zur Risikoerfassung und -bewertung** entwickelt und angewendet. Ziel ist dabei, ein unkontrolliertes „*Durchschlagen*“ klimabedingter Risikokumulationen (explizit auch im Sinne der *Climate Tipping Points* sowie daraus resultierender **Risikokaskaden**!) auf Wirtschaftsprozesse, Finanzsysteme und Kapitalmärkte zu verhindern.⁷⁵⁵

Damit wird unmittelbar deutlich, worin die eigentliche Bedeutung der *Climate Tipping Points* speziell aus Sicht von Unternehmern, Vermögensinhabern, Investoren und Finanzmarktteilnehmern liegt. Neben einer direkten und individuellen Betroffenheit durch die Folgen der Erderwärmung geht es dabei **primär um folgende Aspekte**:

- Die stärkere (und explizite) Berücksichtigung von „**physischen Risiken des Klimawandels**“ auf Ebene der Finanzaufsicht und Kapitalmarktregulierung verändert das Umfeld für Finanzinvestoren in sehr zentralen Punkten.
- Künftig werden **materielle („physische“) Klimarisiken** sehr viel stärker bei der Beurteilung von Lieferketten, Bonitäten, Versicherungsschutz und anderen Aspekten herangezogen. Stichworte wie *Uninsurability* und *Protection Gap* rücken damit verstärkt ins Blickfeld – aber auch grundsätzliche Prüfkriterien zur „*physischen*“ **Klimaresilienz** von Unternehmen, Geschäftsmodellen und kapitalmarktrelevanten Körperschaften.⁷⁵⁶
- Vielen Unternehmen – selbstredend auch börsennotiert – dürfte diese Sichtweise noch **wenig vertraut** sein; mutmaßlich gilt dies auch für die Mehrzahl der Ökonomen, Finanzanalysten, Investoren und Kapitalmarktteilnehmer.
- Genau hier liegt künftig das Risiko einer **signifikanten Neubewertung (Repricing)** von Unternehmen, Unternehmensanteilen oder anderen Vermögenswerten – ausgelöst durch Anwendung neuer **Risikometriken** und **Risikomodelle**, die explizit am Prinzip der „*Planetary Solvency*“ ausgerichtet sind und konkrete Risiken des Klimawandels einbeziehen.⁷⁵⁷
- Zwangsläufig rücken damit auch die komplexen **Risikodynamiken** und **Risikodimensionen** der *Climate Tipping Points* verstärkt in den Fokus, die bislang in der Öffentlichkeit und an den Kapitalmärkten offenbar noch **stark unterschätzt** werden.⁷⁵⁸

⁷⁵³ OECD (2023, *Climate Tipping Points*), S. 43; (Hervorhebungen durch Verfasser).

⁷⁵⁴ Vgl. dazu ausführlich: FERI Cognitive Finance Institute (2025, *Cognitive*).

⁷⁵⁵ Vgl. dazu bereits ausführlich: oben, Kap. 6 (speziell 6.3.)

⁷⁵⁶ Vgl. dazu bereits ausführlich: oben, Kap. 6.3.

⁷⁵⁷ Vgl. dazu bereits ausführlich: oben, Kap. 6.1-6.3.

⁷⁵⁸ Diese Schlussfolgerung basiert auf den Gesamtergebnissen der vorliegenden Analyse.

Letztlich könnten dadurch künftig **spürbare Anpassungsreaktionen** ausgelöst werden, die sowohl an den Kapitalmärkten aber auch in Banken-, Versicherungs- und übergeordneten Finanzsystemen, deutliche Spuren hinterlassen würden. Ein vergleichbares „Repricing“ zuvor massiv unterschätzter (oder ignoriertes) Risiken des Klimawandels fand bereits vor rund zehn Jahren statt:

- Damals wurde an den Kapitalmärkten bei vielen Unternehmen die sogenannte „**Carbon Bubble**“ – hohe Zukunftswerte für nicht mehr kapitalisierbare CO₂-Budgets – sehr deutlich und oftmals vehement „ausgepreist“.⁷⁵⁹

Das FERI Cognitive Finance Institute hat die damalige Entwicklung frühzeitig erkannt und bereits 2017, zusammen mit dem Kooperationspartner WWF, im Rahmen einer umfassenden Studie analysiert sowie auf die entsprechenden Risiken hingewiesen.

Hier geht's zur Kurzversion der Studie „Carbon Bubble und Dekarbonisierung – Unterschätzte Risiken für Investoren und Vermögensinhaber“:



Abschließend ist festzustellen, dass die Menschheit durch den fortschreitenden Prozess der Erderwärmung schon in sehr naher Zukunft mit **bislang unbekannten globalen Risiken** konfrontiert sein wird. Noch wäre Zeit, die schlimmsten Risikorealisationen (wie etwa echte „Klima-Kippkaskaden“ und „Hothouse-Szenarien“) abzuwenden.

- Sowohl die **Bereitschaft** als auch die **Lösungskompetenz** zur Bewältigung dieser Menschheitsaufgabe scheinen derzeit jedoch der Größe des Problems noch nicht annähernd gerecht zu werden.

Damit geht die Menschheit in eine **ungewisse Klimazukunft**, deren einziger Trost darin zu liegen scheint, dass ihre zentralen Merkmale und Risiken bereits seit Jahrzehnten bekannt waren!

- Hilfreich wäre vielleicht ein radikaler Perspektivenwechsel, wie von *Albert Einstein* bereits vor rund 100 Jahren angeregt:



We cannot solve our problems with the same thinking we used when we created them.

Albert Einstein, zitiert nach: IFoA (2024, Scorpion)



„The concept of tipping points fundamentally alters our understanding of climate change ...“

University of Exeter, Global Tipping Points (2025, Report)

⁷⁵⁹ Vgl. dazu ausführlich: Kopp et al. (2017, Bubble).

Bisherige Analysen und Publikationen im FERI Cognitive Finance Institute:

Studien:



1. Carbon Bubble und Dekarbonisierung (2017)
2. Overt Monetary Finance (OMF) (2017)
3. Die Rückkehr des Populismus (2017)
4. KI-Revolution in der Asset & Wealth Management Branche (2017)
5. Zukunftsrisiko „Euro Break Up“ (2018)
6. Die Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft, (2018)
7. Wird China zur Hightech-Supermacht? (2018)
8. Zukunftsrisiko „Euro Break Up“, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage (2018)
9. Risikofaktor USA (2018)
10. Impact Investing: Konzept, Spannungsfelder und Zukunftsperspektiven (2019)
11. „Modern Monetary Theory“ und „OMF“ (2019)
12. Alternative Mobilität (2019)
13. Digitalisierung – Demographie – Disparität (2020)
14. „The Great Divide“ (2020)
15. Zukunftstrend „Alternative Food“ (2020)
16. Digitalisierung – Demographie – Disparität, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage (2020)
17. „The Great Progression“ (2021)
18. „Blockchain und Tokenisierung“ (2021)
19. „The Monetary Supercycle“ (2021)
20. Wasserstoff als Energiequelle der Zukunft (2022)
21. Sustainable Blue Economy (2022)
22. Chinas globales Powerplay (2022)
23. Quo vadis, Europa? (2023)
24. Neue Weltordnung – „Made in China“ (2023)
25. Vorteil Biodiversität – Lösungsansätze und Investitionschancen im Einklang mit der Natur (2024)
26. Globale Rezession der Freiheit (2024)
27. Die BioTech-Revolution – Neue Dynamik durch innovative Technologien (2024)
28. Climate Tipping Points – Das Umkippen essentieller Klimasysteme als globales Risiko (2025)

Cognitive Comments:



1. Network Based Financial Markets Analysis (2017)
2. Zwischen Populismus und Geopolitik (2017)
3. „Neue Weltordnung 2.0“ (2017)
4. Kryptowährung, Cybermoney, Blockchain (2018)
5. Dekarbonisierungsstrategien für Investoren (2018)
6. Innovation in blockchain-based business models and applications in the enterprise environment (2018)
7. Künstliche Intelligenz, Quanten-Computer und Internet of Things - Die kommende Disruption der Digitalisierung (2019)
8. Quantencomputer, Internet of Things und superschnelle Kommunikationsnetze (2019)
9. Was bedeutet die CoViD19-Krise für die Zukunft? (2020)
10. Trouble Spot Taiwan – ein gefährlich unterschätztes Problem (2021)
11. Urban Air Mobility – Flugdrohnen als Transportmittel der Zukunft (2021)
12. „Longevity“: Megatrend Langlebigkeit – Die komplexen Auswirkungen und Konsequenzen steigender Lebenserwartung (2022)
13. Hightech-Metalle und Seltene Erden – Akute Rohstoff-Risiken für Europas Zukunft (2022)
14. Amerika auf dem Weg zur Autokratie – Anatomie und Perspektiven einer gespaltenen Großmacht (2022)
15. Vertical Farming – Technologische Innovation zur Umgestaltung des globalen Ernährungssystems (2023)
16. Generation Z – Potentiale der jungen Generation für globale Disruption (2023)
17. KI: The Next Level – Die transformative Wucht des Megatrends „Künstliche Intelligenz“ (2023)
18. Chinas Angriff auf den US-Dollar – Maßnahmen, Motive und mögliche Risiken für das westliche Finanzsystem (2023)
19. „Trump reloaded“ – Drohender Umbau der USA in eine Präsidialdiktatur (2024)
20. 3D-Druck und Additive Fertigung: Unterschätztes Potential zur Transformation wichtiger Zukunftstrends (2024)
21. Takeoff der Tokenisierung – 2024 als Katalysatorjahr der Token-Ökonomie (2024)
22. „Space Cold War“: Massive Militarisierung des Weltraums als globales Risiko (2024)
23. Quantenzeitalter – Quantencomputing als Gamechanger für Finanz- und Realwirtschaft (2024)
24. Digitale Machtkonzentration: Zunehmende Dominanz und drohende Risiken einer neuen Tech-Oligarchie (2025)

Cognitive Briefings:



1. Ressourcenverbrauch der Digital-Ökonomie (2020)
2. Globale Bifurkation oder „New Cold War“? (2020)
3. Digitaler Euro: Das Wettrennen zwischen Europäischer Zentralbank und Libra* Association (2020)
4. Herausforderung „Deep Fake“ – Wie digitale Fälschungen die Realität zerstören (2021)
5. Geoökonomische Zeitenwende – Wie Großmachtkonflikte die Weltwirtschaft zerlegen (2022)
6. Brennpunkt Taiwan – Zunehmende Eskalationsrisiken um Taiwan (2023)
7. CRISPR/Cas – Molekulare Genschere revolutioniert Biotechnologie und Medizin (2023)
8. „New Space“ – Das Weltall als Wirtschaftsraum der Zukunft (2024)
9. Carbon Capture – Dekarbonisierung durch CO₂-Entnahme (2025)
10. Global Choke Points – Maritime Engpässe als unterschätzter Risikofaktor für Weltwirtschaft und Geopolitik (2025)

„Klimarisiken sind Finanzrisiken.“

McCarthy/Odier (2025, Finanzrisiken)

„Global risk management is currently failing and blind to systemic risk.“

Timothy Lenton, Klimaexperte, 2025

„Entire regions are becoming uninsurable. This is a systemic risk that threatens the very foundation of the financial sector.“

Günther Thallinger, Versicherungsexperte, 2025

„Overshooting 1.5°C puts the world in a danger zone where further tipping points pose catastrophic risks.“

University of Exeter, Global Tipping Points (2025, Report)

„This means that, at the tipping point, a small shift in the background climate can trigger a large-scale qualitative system change.“

Wunderling et al. (2024, Interactions and Cascades)

„We are in the midst of a climate emergency, and the window to act is closing fast.“

UNEP (2024, Gap)



Erkenntnisse der Cognitive Finance
ISSN 2567-4927

FERI AG | FERI Cognitive Finance Institute
Das strategische Forschungszentrum der FERI Gruppe
Haus am Park
Rathausplatz 8 – 10
61348 Bad Homburg v.d.H.
T +49 (0)6172 916-3631
umwelt@feri-institut.de
www.feri-institut.de

