

Scientists for Future

Kipp-Elemente im Klimasystem der Erde

Was sind Kipppunkte?

Werden Systeme, wie z.B. das Klimasystem, in geringem Maße beeinflusst, kehren sie meist in ihren Ausgangszustand zurück (Abb. 1a)). Bei zu starker Störung stellt sich allerdings ein neues Gleichgewicht ein und es gibt kein zurück mehr. Dies ist zum Beispiel bei Seen der Fall, wenn zu viel Düngemittel eingetragen wird. Ab einer gewissen Menge explodiert das Algenwachstum und die Organismen, die normalerweise die Algen durch Fraß in Schach halten, nehmen durch die Verringerung der Sauerstoffkonzentration ab, was wiederum die Gesamtsituation verschlimmert. Selbst bei einem abrupten Stop des Nährstoffeintrags kehrt der See nicht mehr zu seinem Ausgangszustand zurück (Abb. 1b)).

Kipp-Elemente des Klimasystems?

Das Klimasystem beinhaltet diverse Elemente, an denen Kippunkte auftreten können (Abb. 2). D.h. wenn eine bestimmte Temperaturerhöhung erreicht ist, ändern diese Elemente unumkehrbar (zumindest im Zeitraum von Jahrhunderten) ihren Zustand und tragen zur Verstärkung der Erwärmung bei.

Zum Beispiel stecken rund 1500 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in gefrorenen Permafrostböden. Das ist fast doppelt so viel wie aktuell an Kohlenstoff in der Atmosphäre ist. Durch den Klimawandel tauen diese Böden auf und Pflanzenmaterial wird zersetzt und dabei entstehende Treibhausgase werden in die Atmosphäre freigesetzt. Dies ein Prozess, der sich nicht umkehren lässt (Abb. 3). Auch für den Amazonas-Regenwald besteht ein hohes Risiko, dass dieser in Hitzestress gerät, wodurch vermehrt Kohlenstoff in die Atmosphäre abgegeben würde, woraufhin es noch wärmer würde.

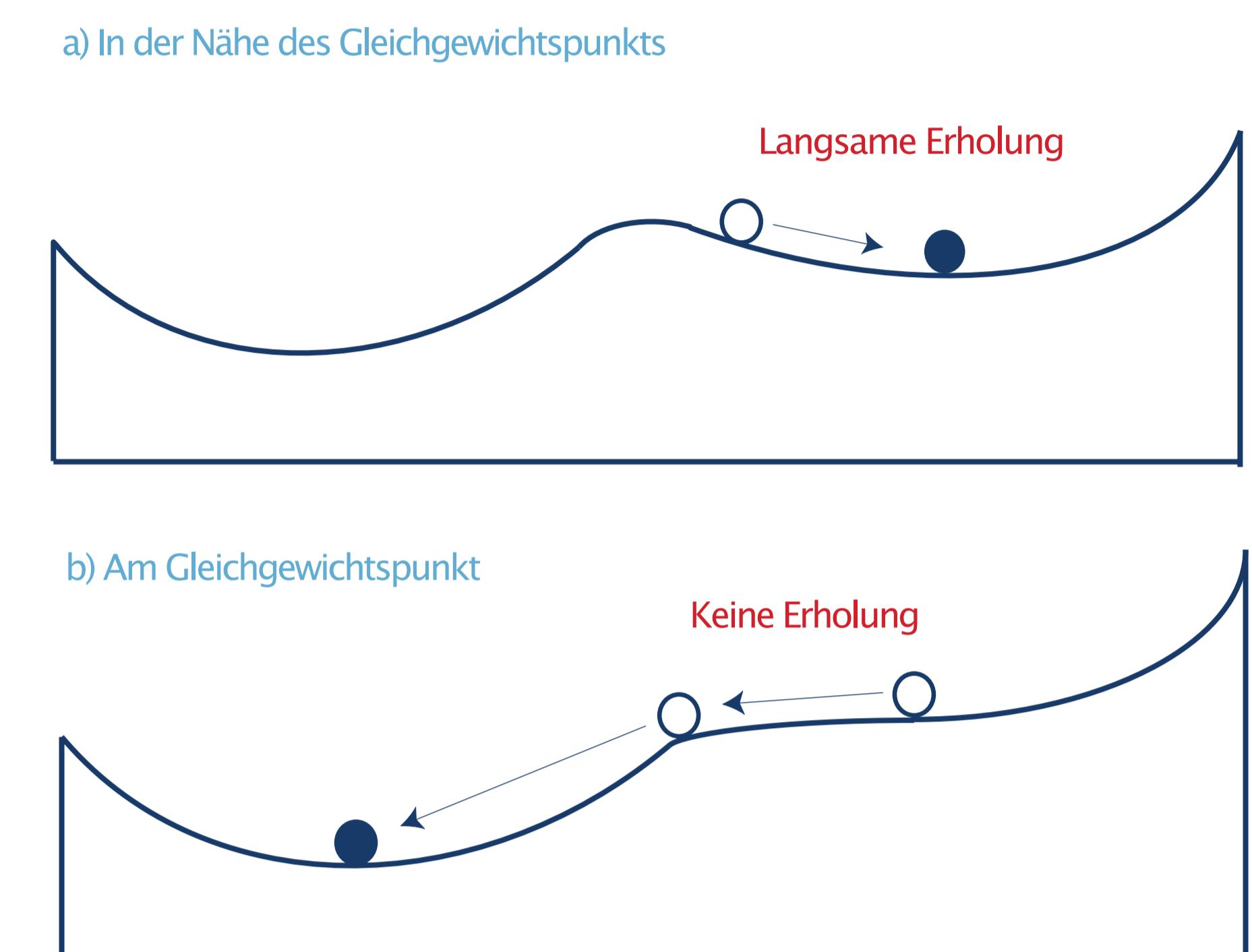


Abb. 1: a) Eine Störung des Systems (hier als Kugel dargestellt) hat keine dauerhafte Auswirkung. b) Eine Schwelle (z.B. Kipp-Punkt) wird überschritten, die Kugel kann nicht mehr zum ursprünglichen Zustand zurückkehren. [2]



Abb. 2: Die Kipp-Elemente im Klimasystem der Erde. [1]

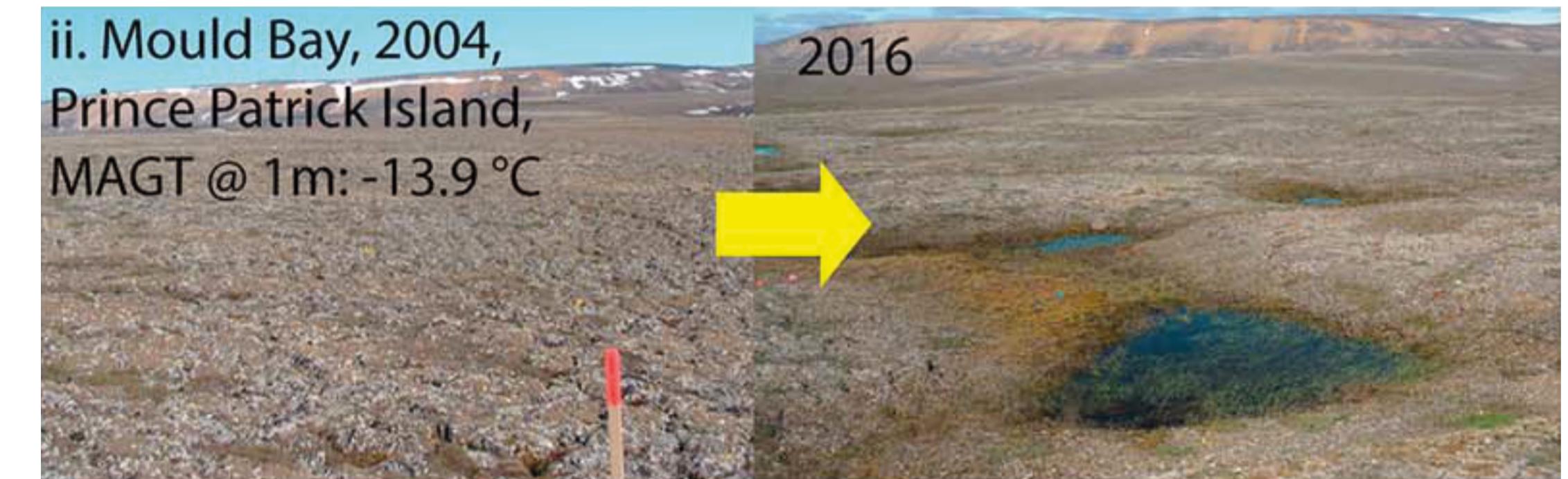


Abb. 3: Beispiel einer Landschaft zum Start der Überwachung (links) und eine Dekade später (rechts). In diesem und allen anderen Beispielen der durchgeführten Studie konnten Thermokarst-Prozesse (Auftauen von Permafrostböden) nachgewiesen werden. [3]

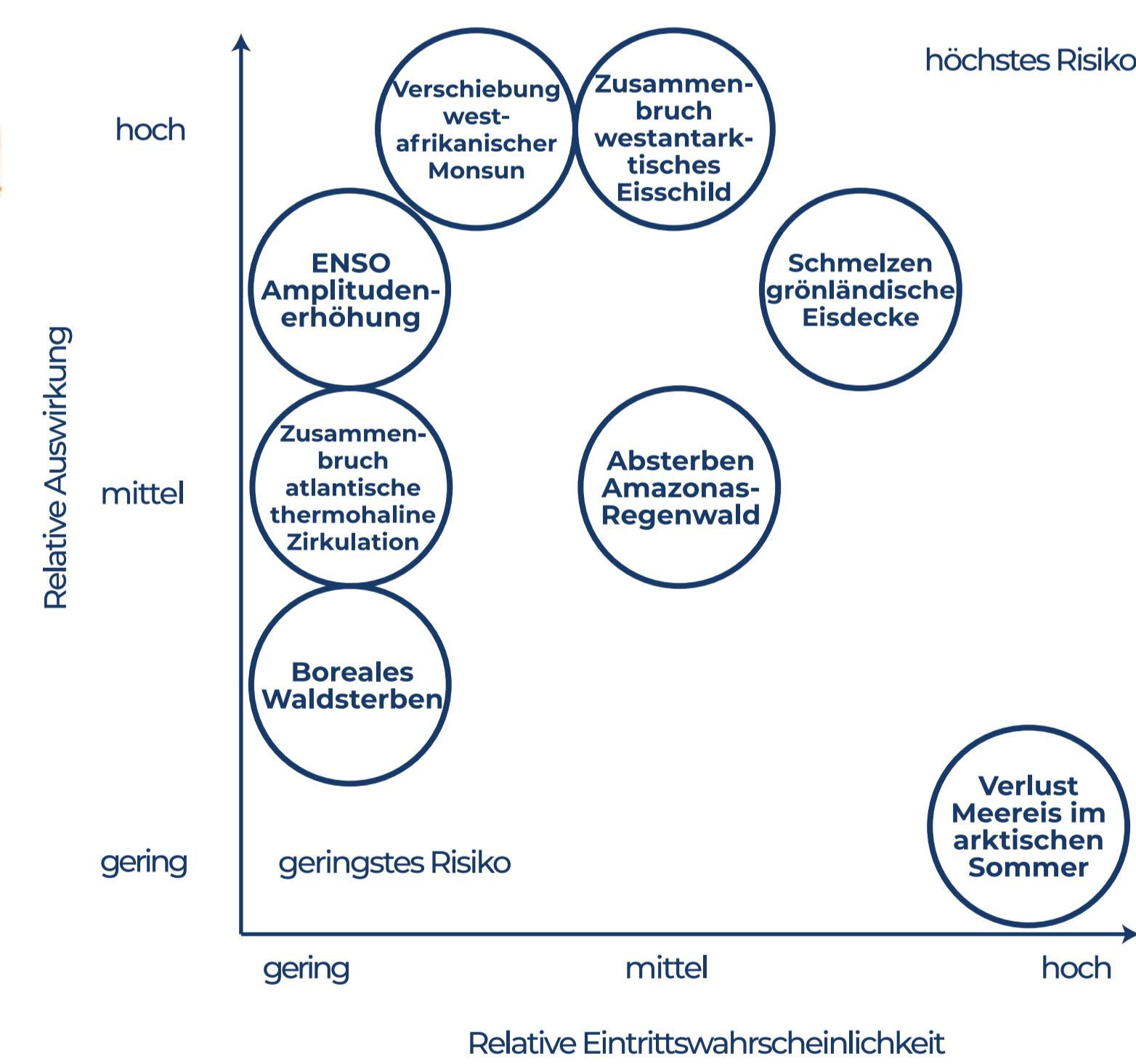


Abb. 4: Risikomatrix für einige der Kipp-Elemente im Klimasystem der Erde. Die Auswirkungen wurden über einen Zeitraum von 1.000 Jahren betrachtet. [2]

Wie wahrscheinlich ist es, dass die Kipppunkte überschritten werden und was sind die Folgen?

Prinzipiell steigt das Risiko der Überschreitung der Kipppunkte mit jeder Temperaturerhöhung. Das heißt es gibt keine sichere Schwelle, aber es wird angenommen, dass unterhalb von 1,5°C das Risiko sehr gering ist. Die Abb. 4 zeigt Schätzungen von Experten bezüglich unterschiedlicher Kipp-Elemente was die Risiken für die Überschreitung der Schwelle und die Auswirkungen sind. Demnach besteht ein besonders großes Risiko für das dauerhafte Abschmelzen des grönländischen Eisschildes, was eine drastische Meeresspiegel erhöhung zur Folge hätte [2,4]. Eine detaillierte Übersicht über die Unterschiede in den Risiken zwischen einer durchschnittlichen Erwärmung von 1,5°C und 2°C wird in [5] gegeben.

Besorgniserregend sind Befunde der letzten Jahre, nach denen Permafrostböden viel schneller tauen, als von Klimatologen angenommen wurde und auch das Abschmelzen von Eisschilden schneller voranschreitet als vermutet wurde [2,3,6]. D.h. die Situation könnte insgesamt wesentlich risikanter sein als angenommen. Da das Wissen über das Klimasystem bisher noch nicht ausreicht, um genaue Schwellen für die Kipp-Elemente anzugeben, sollte nach dem Vorsorgeprinzip die Erwärmung auf möglichst niedrigem Niveau begrenzt werden. Ansonsten könnten Prozesse in Gang gesetzt werden, auf die der Mensch keinen Einfluss mehr hätte und mit den katastrophalen Folgen leben müsste.

Referenzen

- [1] Kipp-Elemente im Klimasystem der Erde, Sketchnote von Katharina Theis-Bröhl, lizenziert unter einer CC-BY-SA Lizenz [2] Lenton, T. (2011), Early warning of climate tipping points, *Nature Climate Change* 1, 201–209 [3] Farquharson, L. M., Romanovsky, V. E., Cable, W. L., Walker, D. A., Kokelj, S. V., & Nicolsky, D. (2019). Climate change drives widespread and rapid thermokarst development in very cold permafrost in the Canadian High Arctic, *Geophysical Research Letters*, 46, 6681–6689 [4] Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., Schellnhuber, H. J. (2008), Tipping elements in the Earth's climate system, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6) 1786–1793 [5] Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindoff, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou (2018), Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)] [6] Turcetsky, M. R., Abbott, B. W., Jones, M. C., Anthony, K. W., Olefeldt, D., Schuur, E. A. G., Koven, C., McGuire, A. D., Grosse, G., Kuhry, P., Hugelius, G., Lawrence, D. M., Gibson, C., Sannel, A. B. K. (2019), Permafrost collapse is accelerating carbon release, *Nature* 569, 32–34