

...Klimawandel:

**Steigende Temperatur**  
Etwa 1,09°C globale Erwärmung der Erdoberfläche.<sup>[1] \*</sup>  
Folge: Flora und Fauna wandern in höhere Lagen und polwärts, wo die Sonneneinstrahlung geringer ist.<sup>[11]</sup>

**Veränderte Luftzirkulationen**  
Vor allem die Nordatlantische Zirkulation (NAO) beeinflusst das Wetter in Westeuropa; Besonders im Winter. Tiefdruckgebiete scheinen sich in nord-östliche Richtung zu verschieben. (Anthropogene) Einflussfaktoren auf die NAO wird diskutiert.<sup>[16]</sup>

**Extreme Niederschlagsereignisse**  
Pro 1°C Erwärmung kann die Luft ca. 7% mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Das erhöht die mögliche Niederschlagsmenge.<sup>[1]</sup>

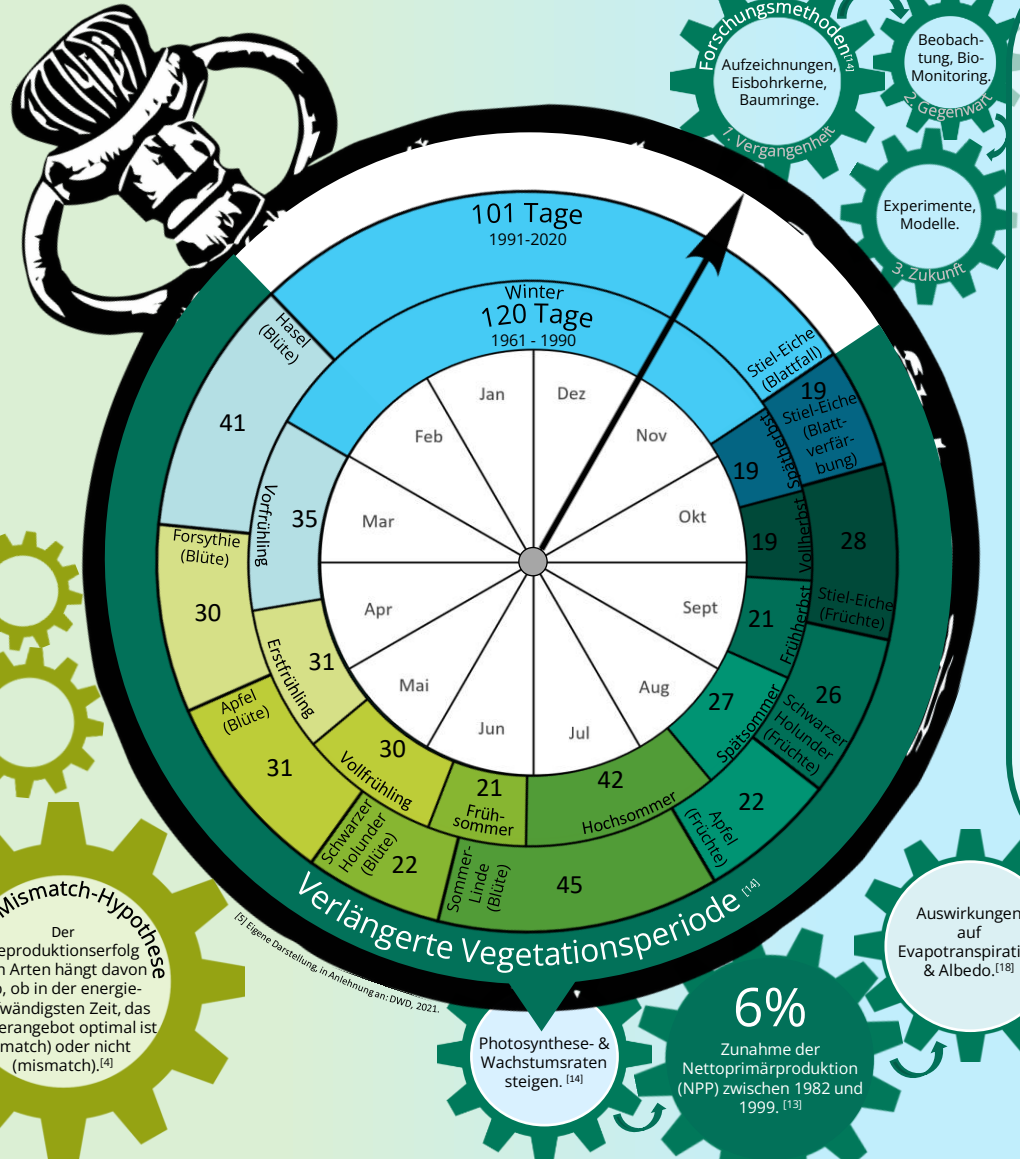
**Tageslänge**  
Die Tageslänge bleibt unverändert. Dadurch kann es zu asynchronen Anpassungsreaktion kommen zwischen Arten, die sich an klimatischen Faktoren orientieren, im Vergleich zu Arten, die sich an Tageslänge orientieren.

**Beispiel Zugvögel:** Langstreckenzieher orientieren sich bei ihrer Rückkehr aus dem Winterquartier v.a. an der Tageslänge. Kurzstreckenzieher dagegen orientieren sich v.a. an der Temperatur, wodurch sie klimatischen Veränderungen besser folgen können.<sup>[14]</sup>

\*Vergleich 1850-1900 mit 2011-2020, Unsicherheit 0,95 – 1,20 °C.

- **Trophische Ebene:** Primärkonsumenten folgen Temperaturveränderungen genauer als Sekundärkonsumenten.<sup>[3]</sup>
- **Thermoregulation:** Ektotherme Arten reagieren stärker auf Temperaturänderungen als Endotherme.<sup>[3]</sup>
- **Körpergröße:** Kleine Arten haben eine schnellere phänologische Entwicklung als große Arten.<sup>[3]</sup>
- **Grad der Spezialisierung:** Spezialisten sind stärker von Klimaänderungen betroffen, als Generalisten.<sup>[1,2]</sup>
- **Komplexität der Jahreszyklen:** Arten mit komplexen Jahreszyklen sind stärker von Klimaänderungen betroffen, als Arten mit einfachen Jahreszyklen.<sup>[1,9]</sup>
- **Beginn der Aktivität im Frühjahr:** Arten, die früh im Jahr aktiv werden, sind stärker von Klimaänderungen betroffen, als Arten, die später aktiv werden.<sup>[10]</sup>
- **Indikatoren für Jahresphasen:** Orientierung an Temperatur, Niederschlag, Bodenfeuchte, Tageslänge oder Schneeschmelze beeinflussen die Reaktion auf Klimaänderungen.<sup>[7]</sup>
- **Dauer der Interaktion zwischen Arten:** Kurzzeitige interspezifische Interaktionen sind anfälliger für Klimaänderungen als langzeitige.<sup>[10]</sup>
- **Lebensdauer (Pflanzen):** Ausdauernde Pflanzen zeigen eine stärkere phänologische Reaktion als annuelle Kulturpflanzen.“<sup>[6]</sup>

# Phänologische Veränderungen in Mitteleuropa



...interspezifische Beziehungen:

## Beispiele

Die Zooplanktonpopulation geht zurück, was negative Auswirkungen auf die Fischbestände von z.B. Kabeljau und Dorsch hat. Dies wiederum beeinflusst Seevögelbestände negativ.<sup>[15]</sup>

Die Kohlmeise beginnt früher im Jahr zu nisten, was zu einer Konkurrenz um Nahrung und Nistplätze mit dem Trauerschnäpper führt. Dieser richtet seine Rückkehr aus dem Winterquartier in Westafrika nicht nach der Temperatur, sondern nach der Tageslänge und muss zudem Umwege fliegen, wegen voranschreitender Desertifikation.<sup>[14]</sup>

Insekten, deren Larven sich von jungen Blättern und Knospen ernähren, sind darauf angewiesen, dass die diese zum Zeitpunkt ihres Schlüpfens bereits ausgetrieben haben. Allerdings dürfen die Blätter noch nicht zu weit entwickelt sein, da sie sonst zu holzig sind. Die Raupen der Wintermotte reagieren stärker auf die klimatischen Veränderungen als ihre Futterkolle, die Eiche, wodurch eine zeitliche Entkopplung von mehr als drei Wochen entsteht.<sup>[14]</sup>

Kuckucke betreiben Brutparasitismus. Sie überwintern in den afrikanischen Tropen. Verschiedene Kuckuckslinien haben sich auf bestimmte Vogelarten spezialisiert. Bei einer Spezialisierung auf z.B. Bachstelze, Hausrotschwanz oder Rotkehlchen, entsteht eine zeitliche Entkopplung, da die Wirtsvögel bereits mit der Brut begonnen haben, wenn der Kuckuck in Mitteleuropa eintrifft.<sup>[9]</sup>

78% der Pflanzen haben in den letzten 30 Jahren ihren Blühbeginn vorverlegt. Insektenbestäubte Pflanzen sind stärker von globaler Erwärmung betroffen, als Windbestäubte Pflanzen und Frühblüher. Bisher wurden eher zeitliche als örtliche Unangepasstheiten identifiziert.<sup>[11]</sup>

Das Murmeltier verschiebt seinen Lebensraum in höhere Lagen. Dort ist allerdings die Humusaufgabe oft für den Höhlenbau oft nicht hoch genug.<sup>[2]</sup>

## Lebensphasen

Nicht nur die Interaktionen zwischen Arten werden beeinflusst, auch die Lebensphasen (z.B. beim Trauerschnäpper) oder Geschlechterverhältnisse (z.B. beim Wegerich-Schneckenfalter) innerhalb von Arten können sich ändern.<sup>[17]</sup>

...Rolle des

Klimawandels.  
...Komplexe Beziehungen  
zwischen Arten (v.a.  
mutualistische  
Beziehungen).  
...Auswirkungen auf  
Menschen.<sup>[8]</sup>