

Wechselwirkungen von Waldstruktur und Variabilität der Ökosystemfunktionen

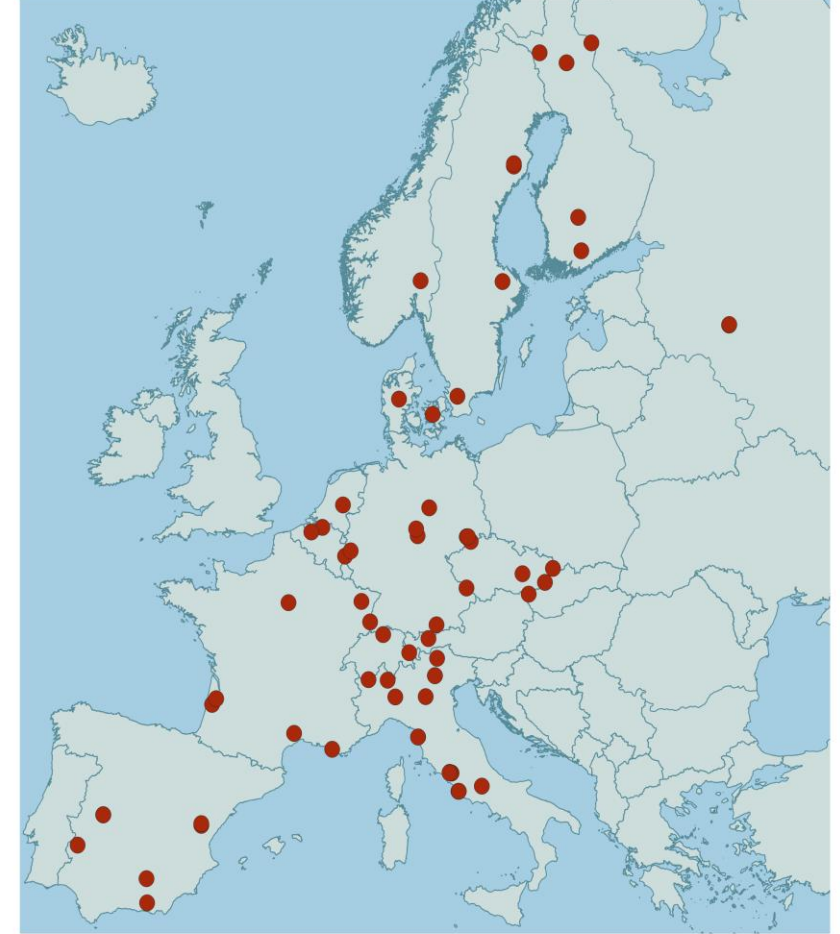
Tim Schacherl¹, Julia Kelly², Natascha Kljun², Alexander Knohl¹, Anne Klosterhalfen¹

¹Georg-August-Universität Göttingen, Büsingenweg 2, 37077 Göttingen, tim.schacherl@uni-goettingen.de; ²Lund University, Sölvegatan 37, 22362 Lund, Schweden

© 2025 by Tim Schacherl, Julia Kelly, Natascha Kljun, Alexander Knohl, Anne Klosterhalfen is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Motivation

Die Variabilität der Ökosystemfunktionen kann als Indikator für die Resistenz von Wäldern dienen. Als Teil des EU-Horizon Europe Projekts ‚CLIMB-FOREST‘ wurden 60 Wälder in Europa, deren Reaktion auf Trockenstress und der Einfluss von Forststruktur untersucht.

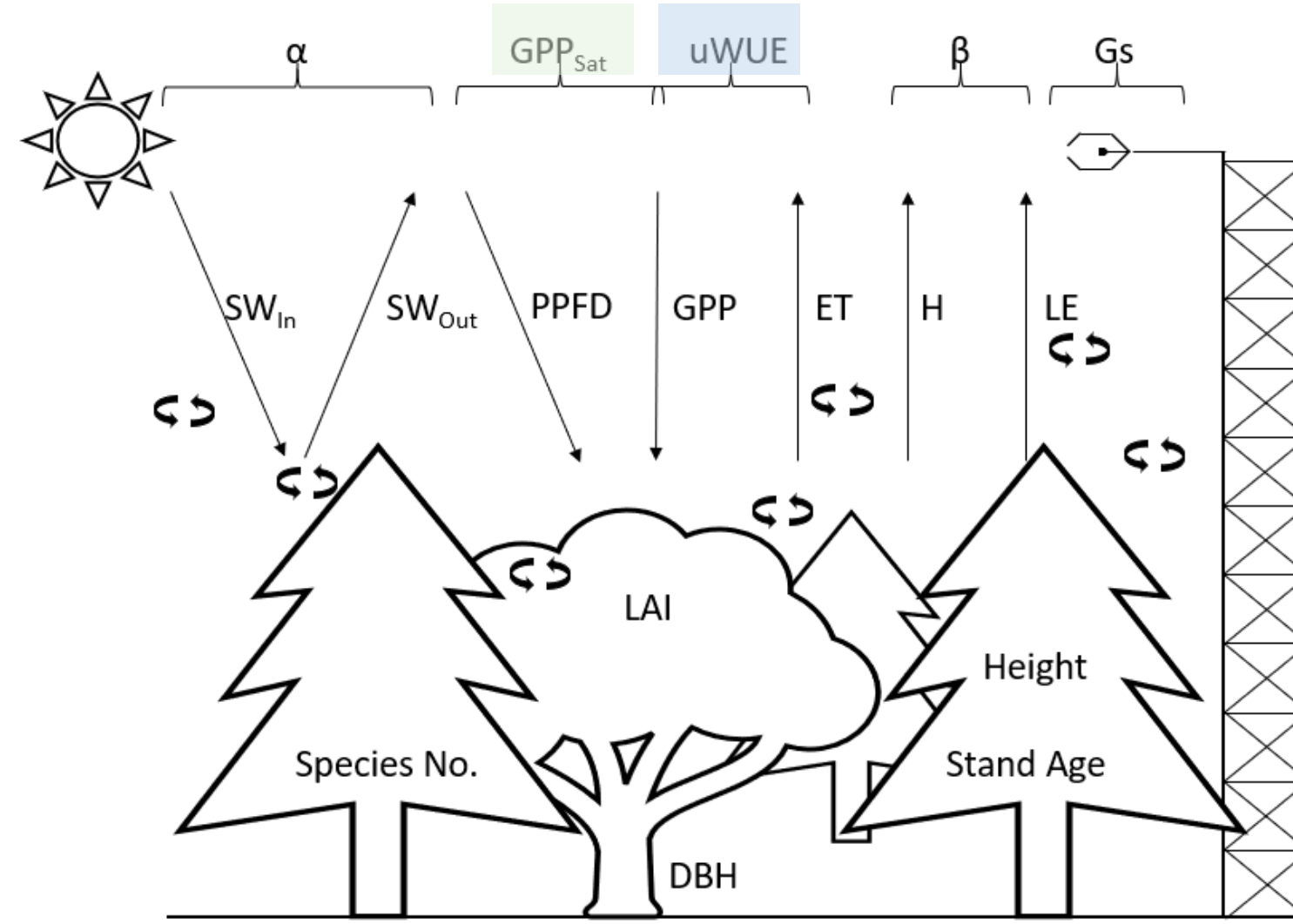


Standort der 60 Versuchswälder innerhalb Europas

Die Entschlüsselung der Rolle der Forststruktur im Bezug der Variabilität der Ökosystemfunktionen könnte Informationen für Waldbewirtschaftungsstrategien liefern, um die künftige Widerstandsfähigkeit zu verbessern.

Ökosystemfunktionstypen

Die CO₂-, Wasserdampf- und Energieflüsse wurden mit der Eddy-Kovarianz Methode auf Ökosystemebene gemessen und auf Tageswerte aggregiert. Auf deren Basis wurden die Ökosystemfunktionen (siehe Graphik unten) auf Monats- bzw. Jahreswerten berechnet, deren Verteilung und Variabilität analysiert, und mit Waldstrukturparametern korreliert.

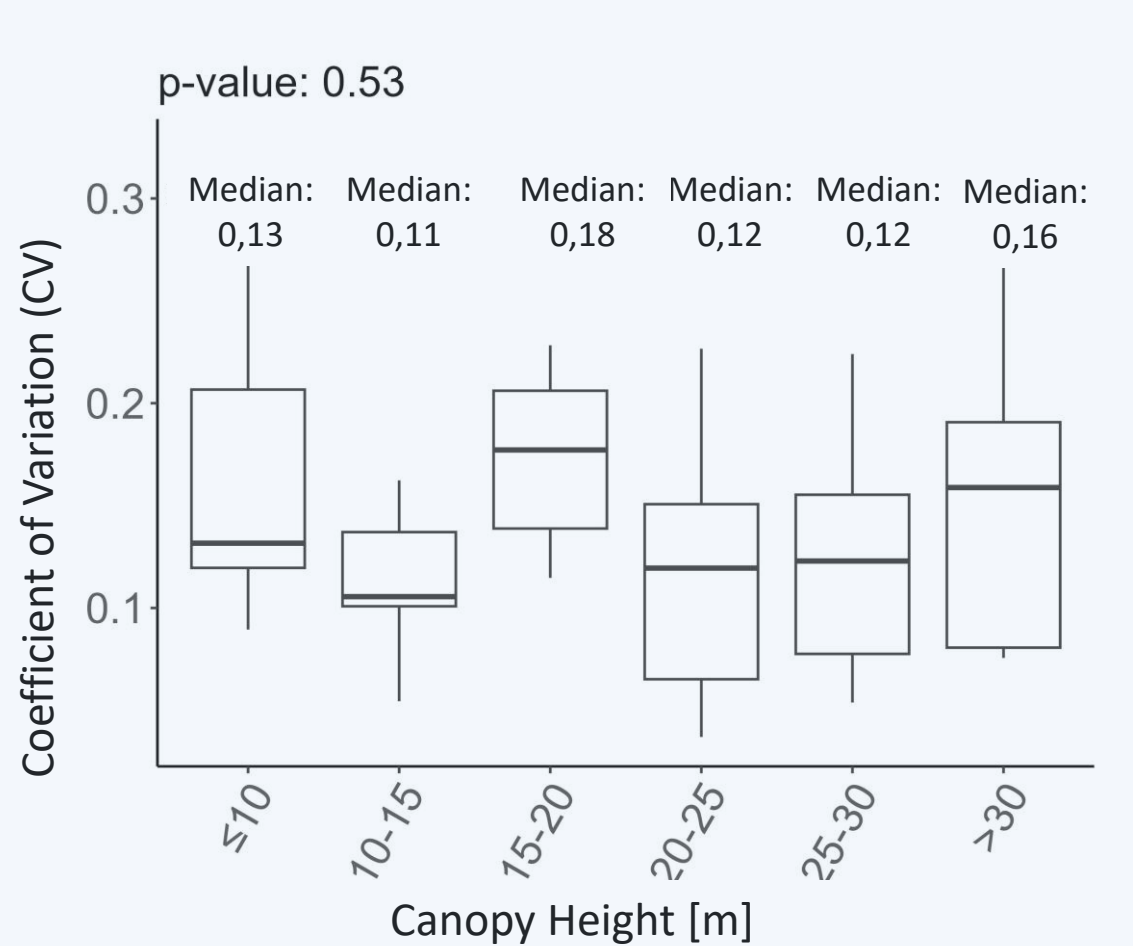
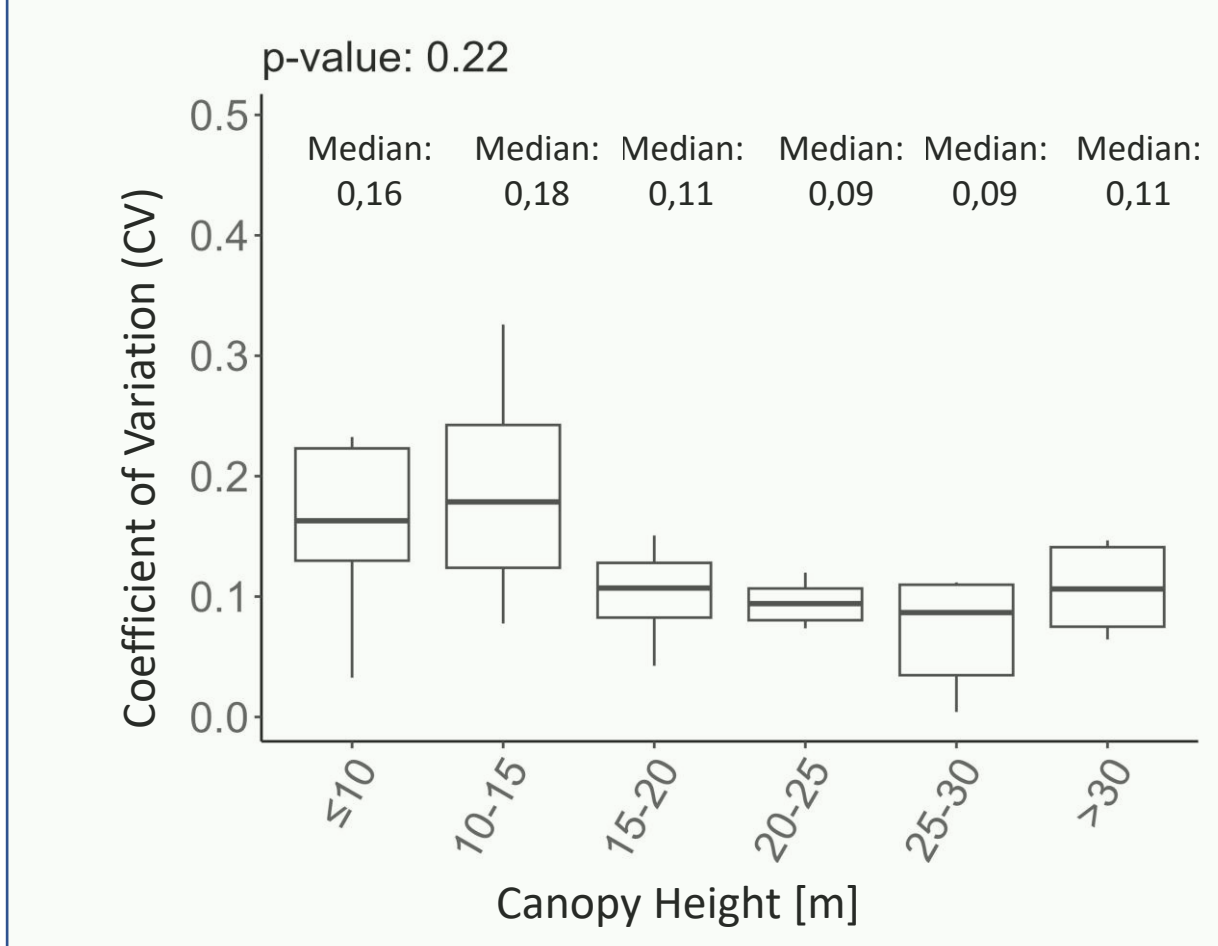
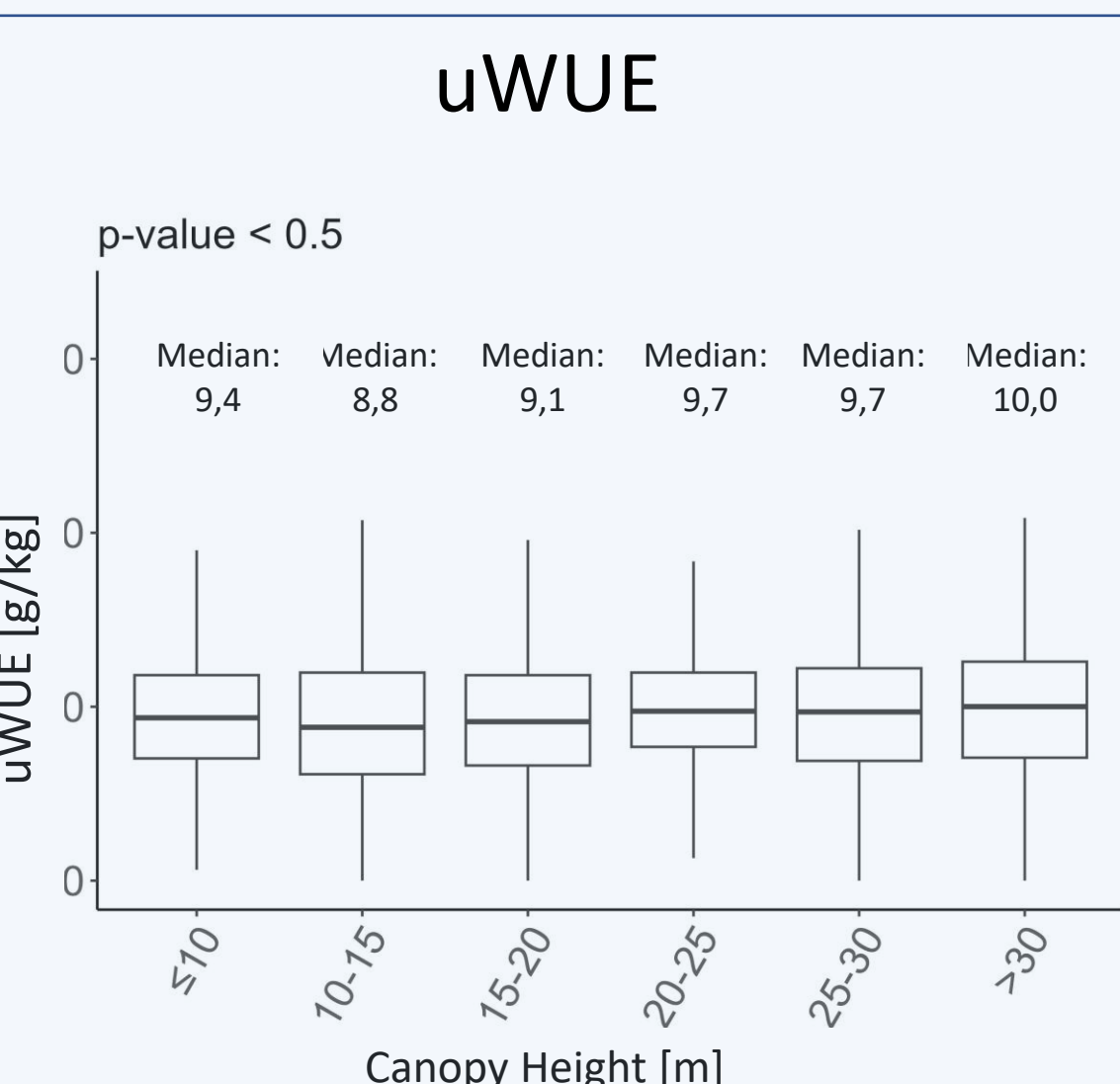
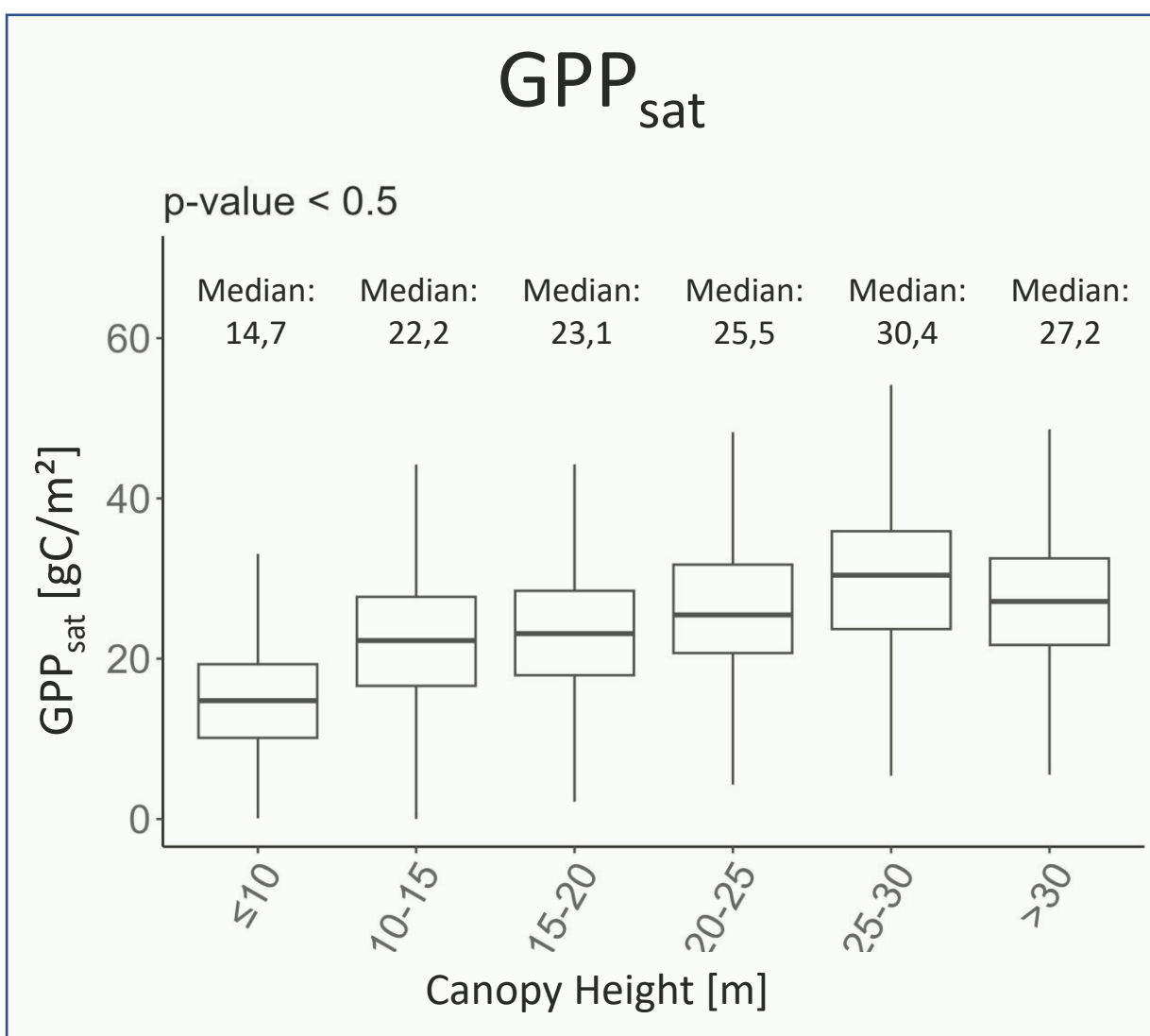


Austausch von CO₂-, Wasserdampf- und Energie zwischen Wäldern und der Atmosphäre:

Ökosystemfunktionen: Albedo (α), photosynthetische Kapazität (GPP_{sat}), Wassernutzungseffizienz ($uWUE$), Bowen Verhältnis (β), Kronenleitfähigkeit (G_s)

Flüsse: ein- und austretende kurzwellige Strahlung (SW_{in} und SW_{out}), Photonendichte der photosynthetisch aktiven Strahlung (PPFD), Bruttoprimärproduktion (GPP), Evapotranspiration (ET), fühlbarer und latenter Wärmestrom (H und LE)

Forststrukturparameter: Anzahl dominanter Baumarten (Species No.), Blattflächenindex (LAI), Brusthöhendurchmesser (DBH), Bestandeshöhe (Height), Bestandesalter (Stand Age)

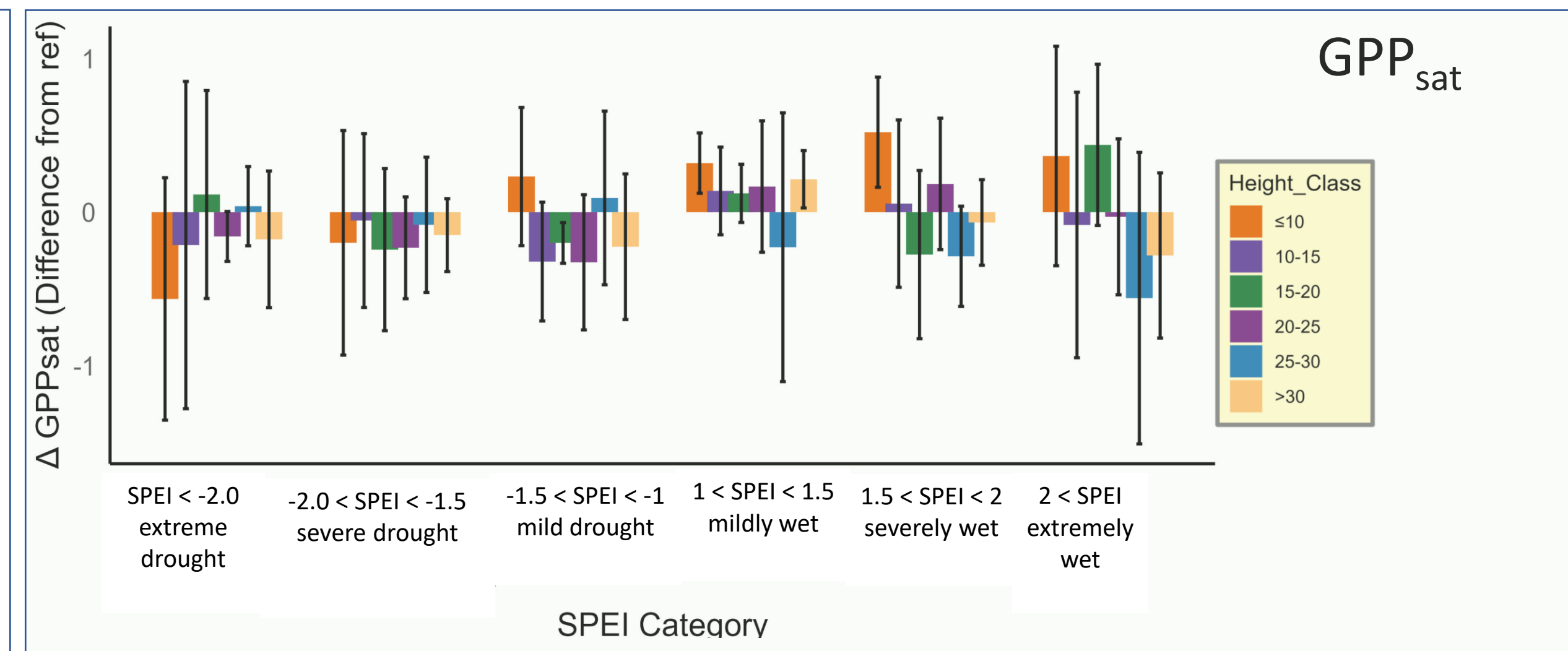


Verteilungen von $uWUE$ und GPP_{sat} in Abhängigkeit von Bestandeshöhe. $uWUE$ unterscheidet sich wenig zwischen den Höhenklassen, während GPP_{sat} einen leichten Anstieg zeigt.

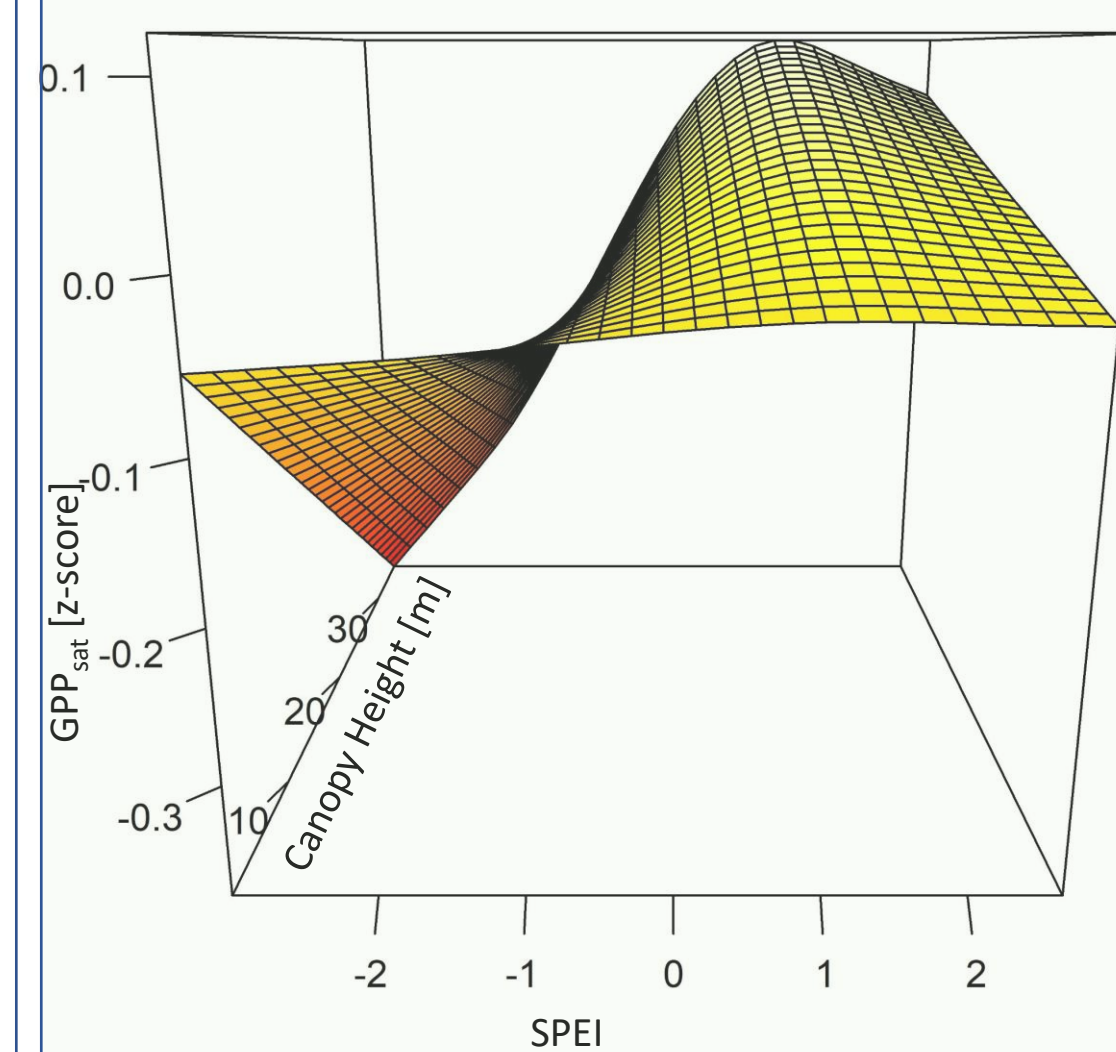
Verteilung der Variation (CV) von $uWUE$ und GPP_{sat} nach Bestandeshöhe. $uWUE$ zeigt keinen klaren Trend, die Variation von GPP_{sat} ist in den niedrigen Höhenklassen am größten.

Veränderung der z-Wert normalisierten $uWUE$ und GPP_{sat} in Abhängigkeit von Temperatur. Alle Höhenklasse zeigen einen Anstieg von $uWUE$ mit steigenden Temperaturen. Anstieg von GPP_{sat} bis 25°C, danach Abstieg für alle Höhenklassen.

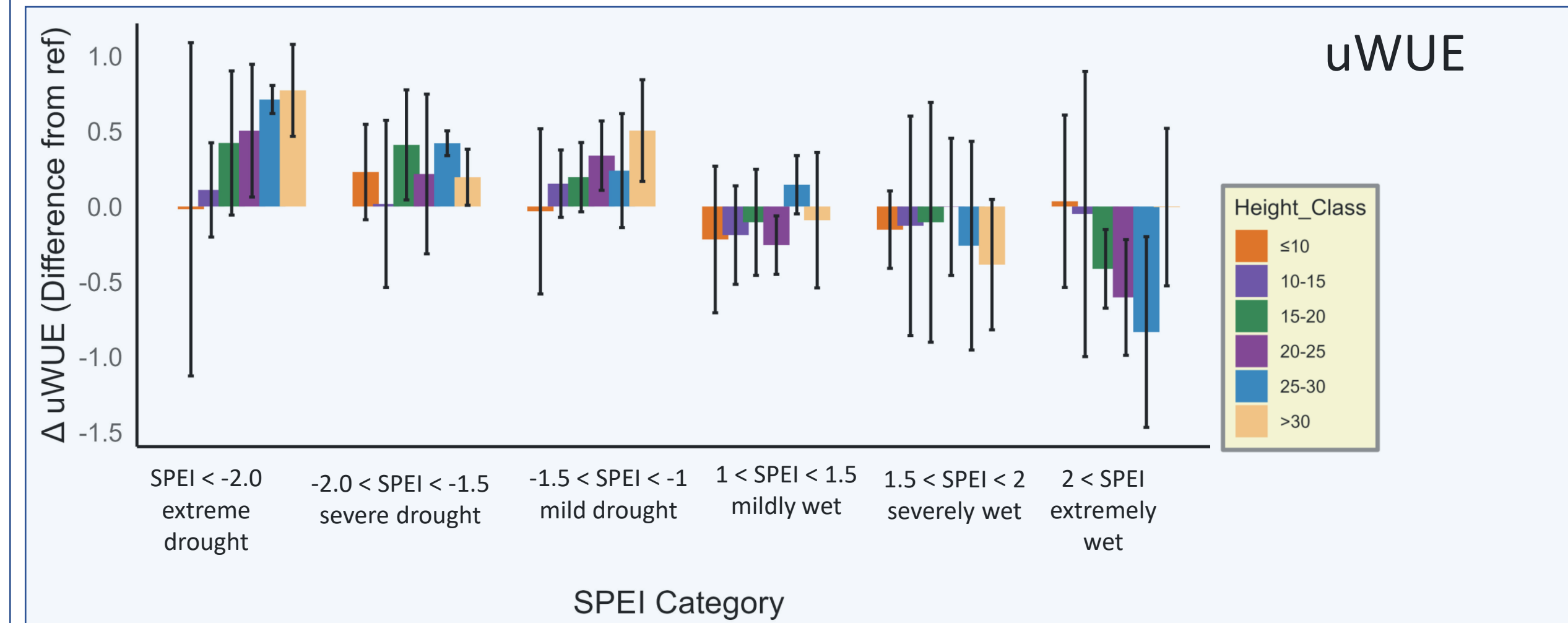
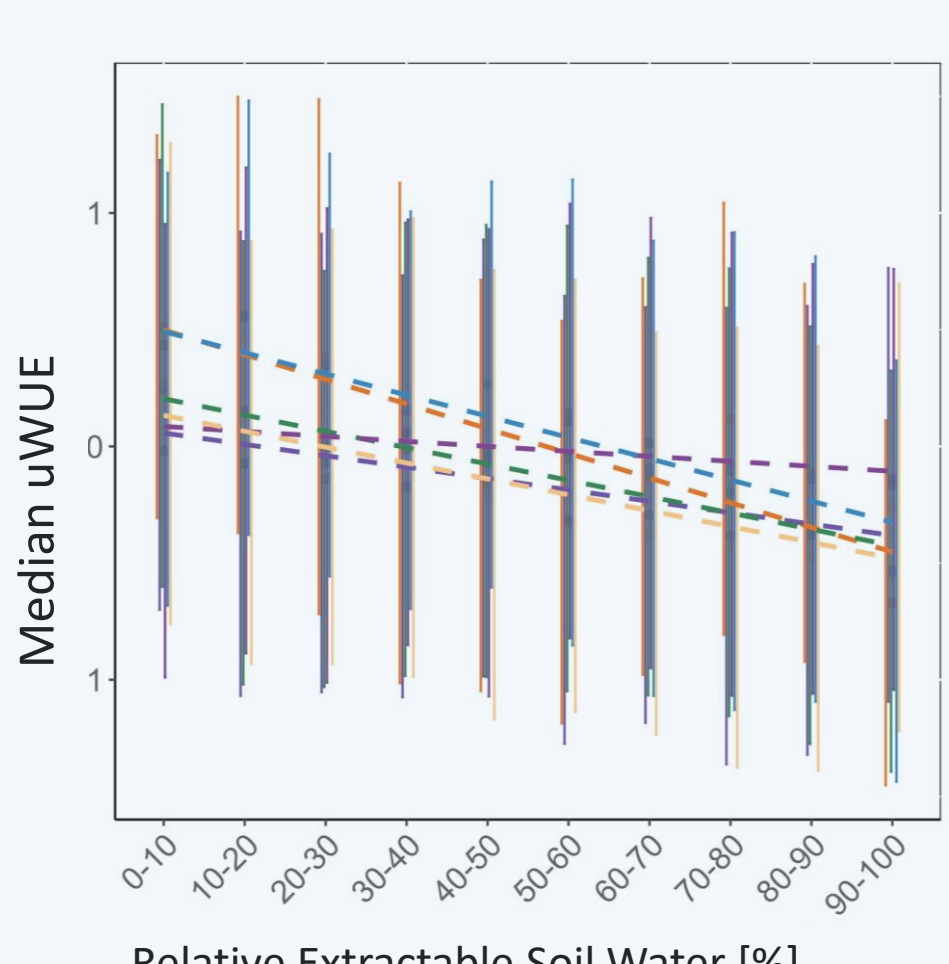
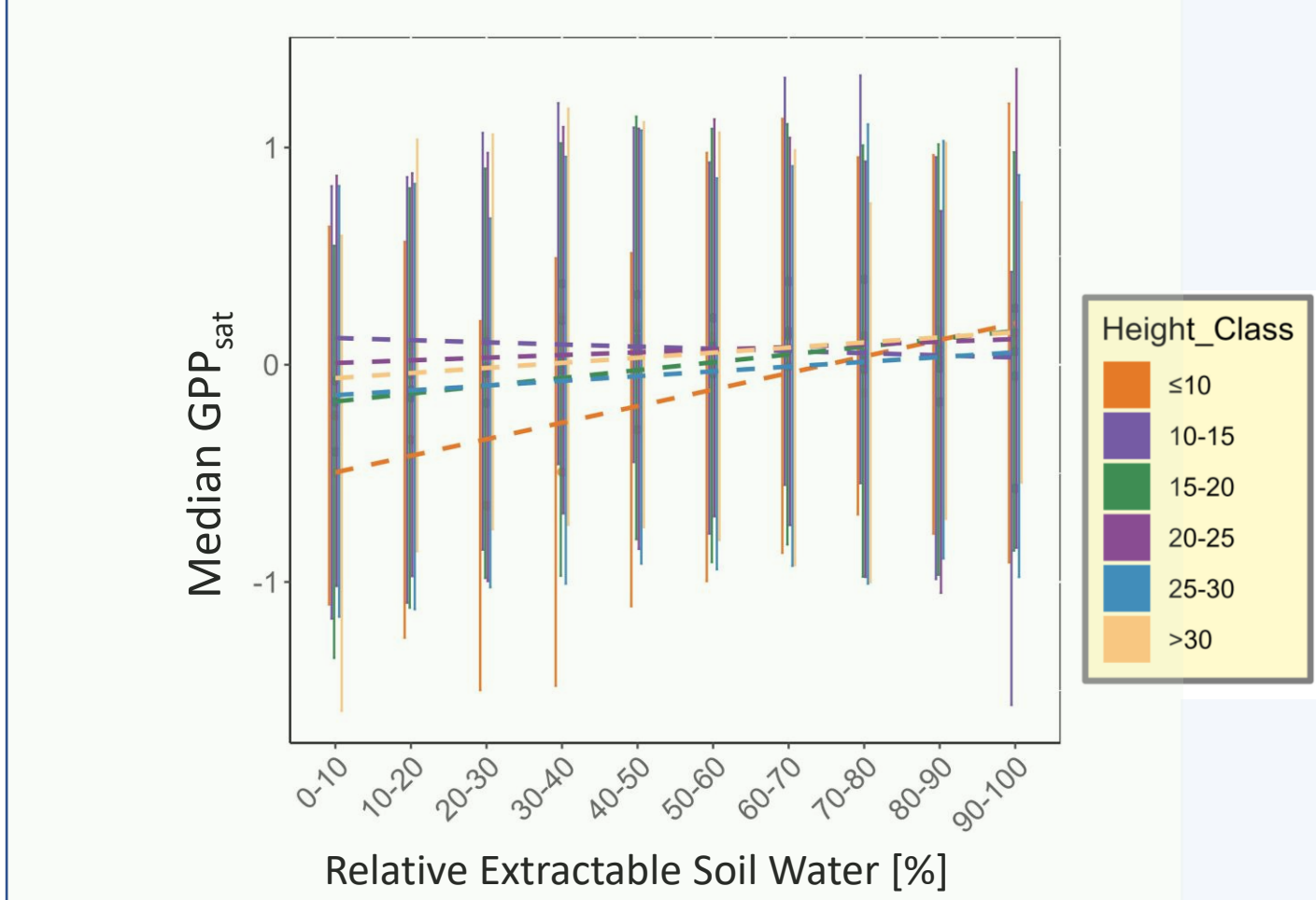
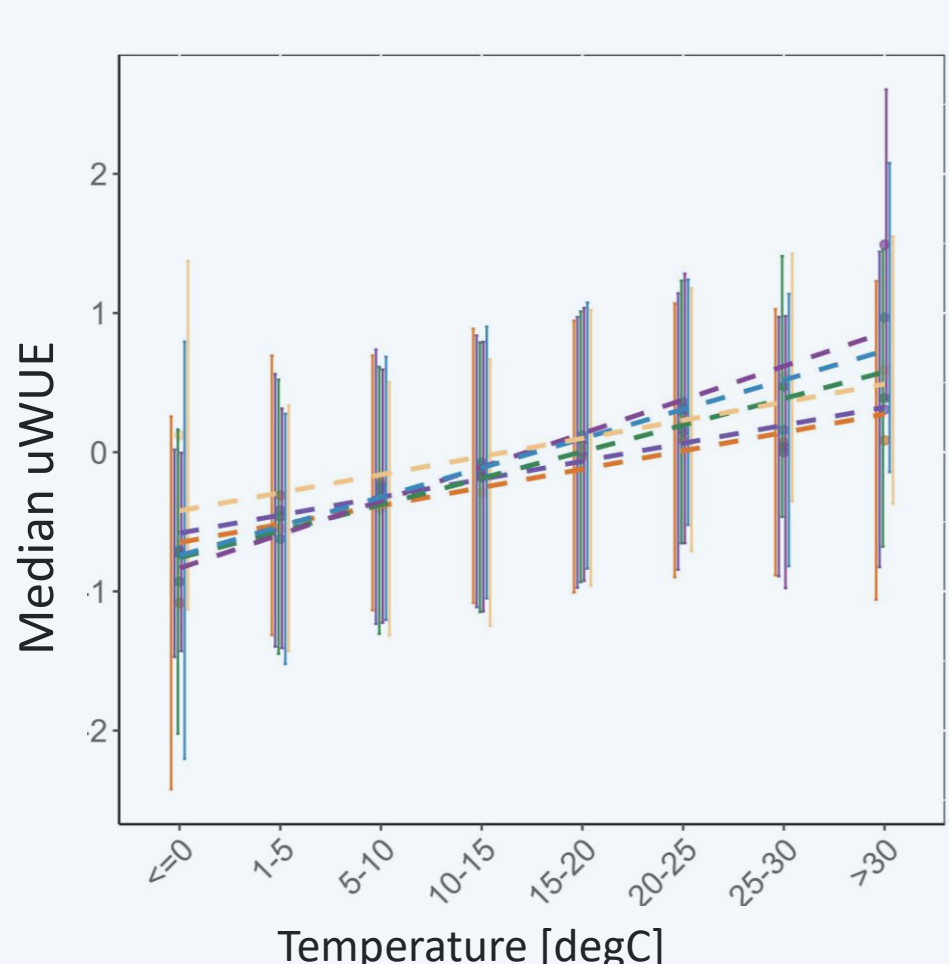
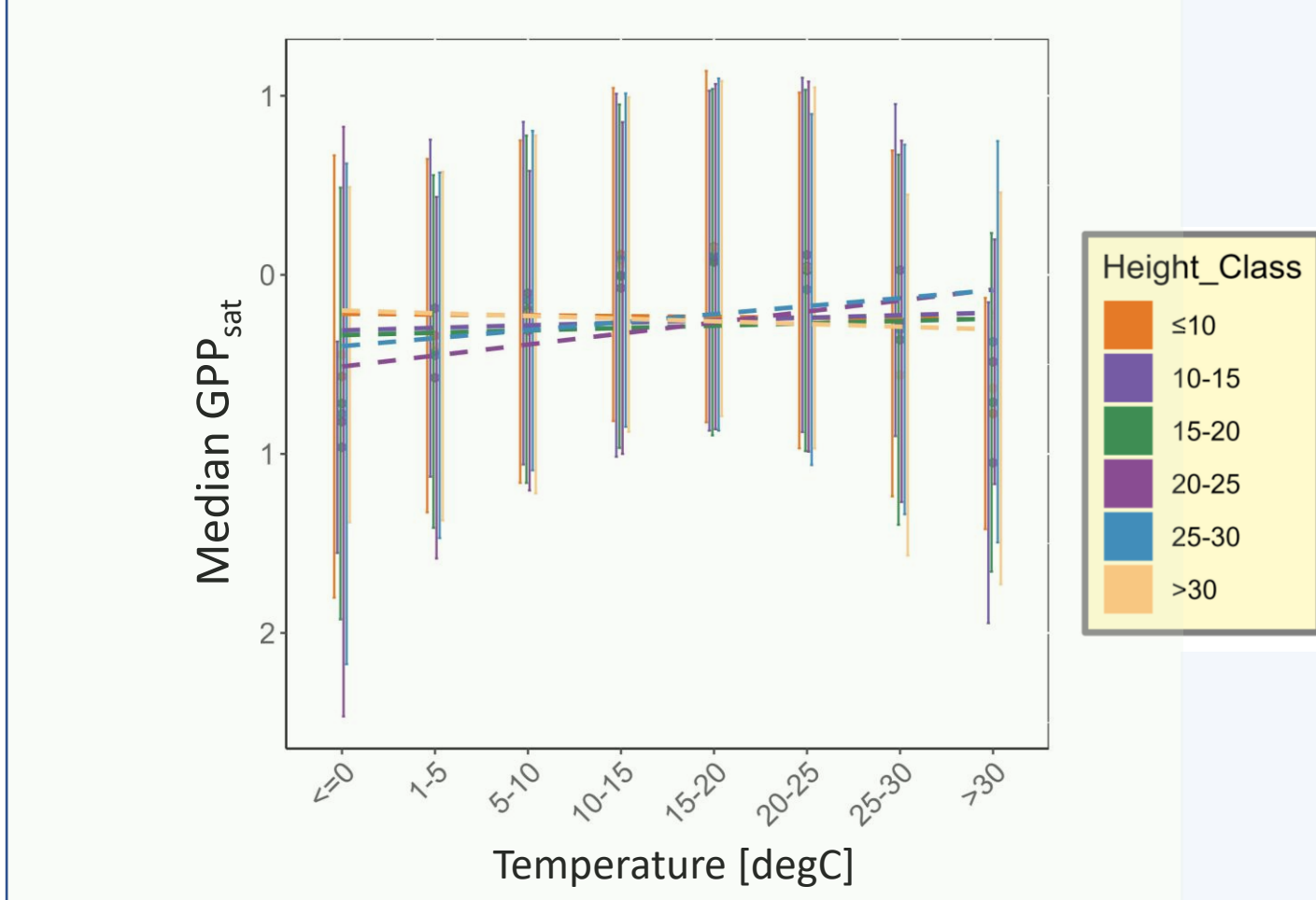
Veränderung der z-Wert normalisierten $uWUE$ und GPP_{sat} in Abhängigkeit von Bodenfeuchte. Alle Höhenklassen zeigen einen Anstieg von $uWUE$ mit sinkender Bodenfeuchte. Vor allem niedrige Wälder zeigen einen Rückgang in GPP_{sat} mit sinkender Bodenfeuchte.



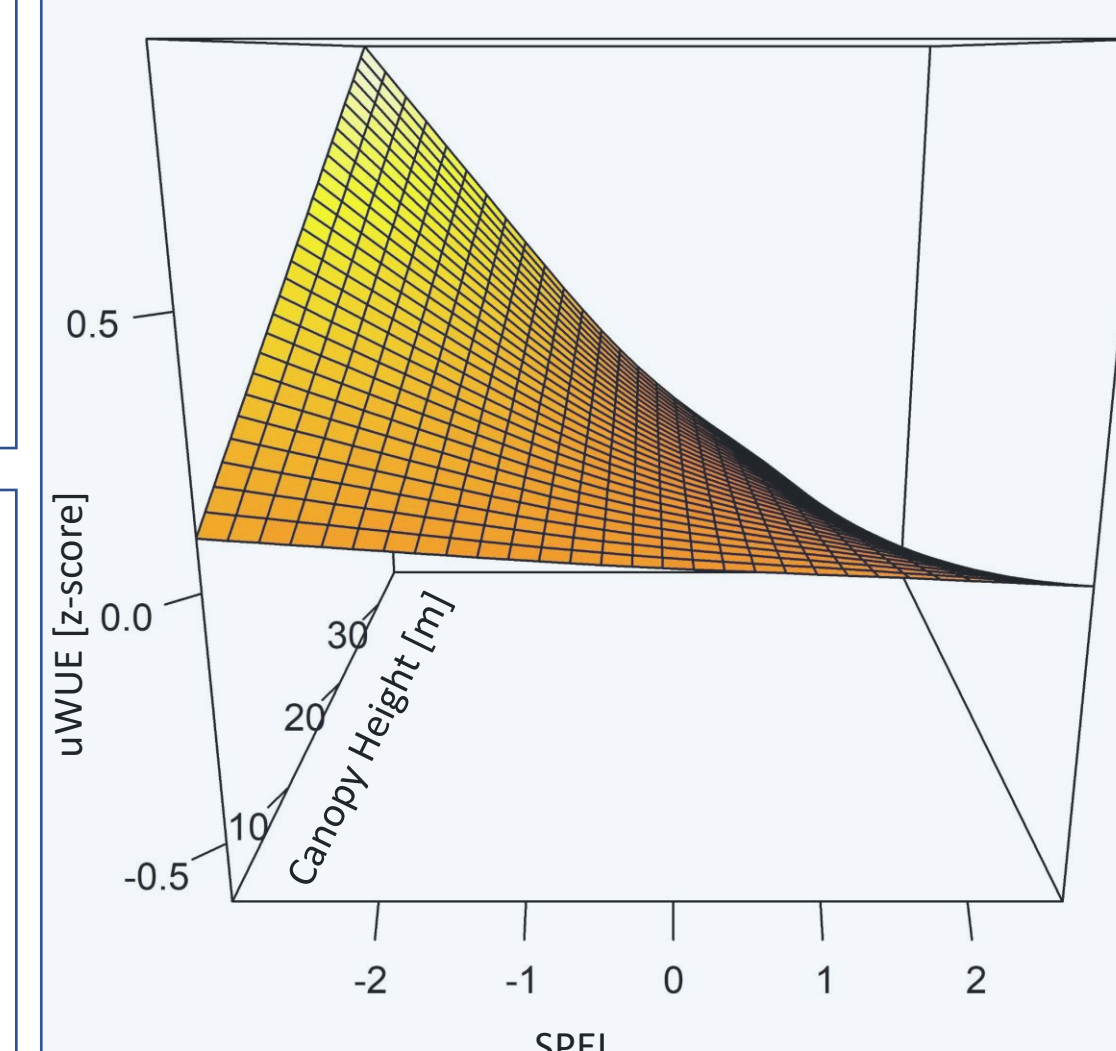
Veränderung der z-normalisierten GPP_{sat} in Trocken- bzw. Nassperioden im Vergleich zur Referenzperiode. Positive Werte bedeuten höhere, negative Werte niedrigere GPP_{sat} . Höhere Bestände verringern GPP_{sat} unter Trockenstress weniger.



Einfluss von Bestandeshöhe und Trockenstress (SPEI) auf GPP_{sat} anhand eines Generalized Additive Models (GAM). Niedrige Bestände reagieren schwächer auf Trockenstress.



Veränderung der z-normalisierten $uWUE$ in Trocken- bzw. Nassperioden im Vergleich zur Referenzperiode. Positive Werte bedeuten höhere, negative Werte niedrigere $uWUE$. Höhere Bestände performen unter starkem Trockenstress besser, als niedrige.



Einfluss von Bestandeshöhe und Trockenstress (SPEI) auf $uWUE$ anhand eines Generalized Additive Models (GAM). Bestandeshöhe hat einen positiven Einfluss der Trockenresistenz von $uWUE$.

Spei_1: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (1 Monat); Negative Werte benennen Trockenstress

Fazit

Generell zeigen die Zeitserien der verschiedenen Ökosystemfunktionen eine hohe Varianz innerhalb eines Waldstandortes und zwischen aller Standorte.

Die Bestandeshöhe hat kaum Einfluss auf die Verteilung und Variabilität von $uWUE$ und GPP_{sat} .

Temperatur und Bodenfeuchte hingegen sind deutlich mit beiden Ökosystemfunktionen korreliert.

Zusätzlich zu dem Einfluss von Meteorologie, beeinflusst die Bestandeshöhe jedoch deren Reaktion auf Trockenstress. Hohe Bestände reagieren stärker auf Trockenstress mit ansteigender $uWUE$. Bei GPP_{sat} sind die Ergebnisse indifferent. Während im Vergleich mit einer Referenzperiode höhere Bestände besser abschneiden, zeigt das GAM, dass GPP_{sat} in niedrigeren Beständen stabiler ist.

Danksagung

Dieses Projekt wird von der Europäischen Union im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon Europe unter der Fördervereinbarung Nr. 101059888 gefördert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind die der Autoren und spiegeln nicht notwendigerweise die der Europäischen Union oder der Exekutivagentur für Forschung wider. Weder die Europäische Union noch die Exekutivagentur für die Forschung können für diese für sie verantwortlich gemacht werden. Weiterer Dank geht an alle Mitarbeitenden der Versuchsfelder, an ICOS und FLUXNET.