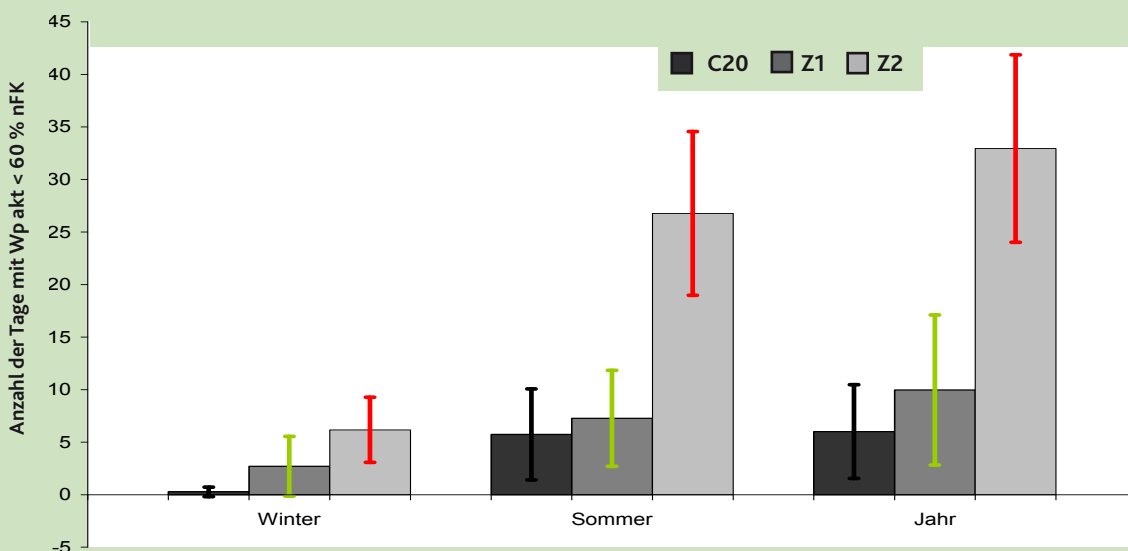
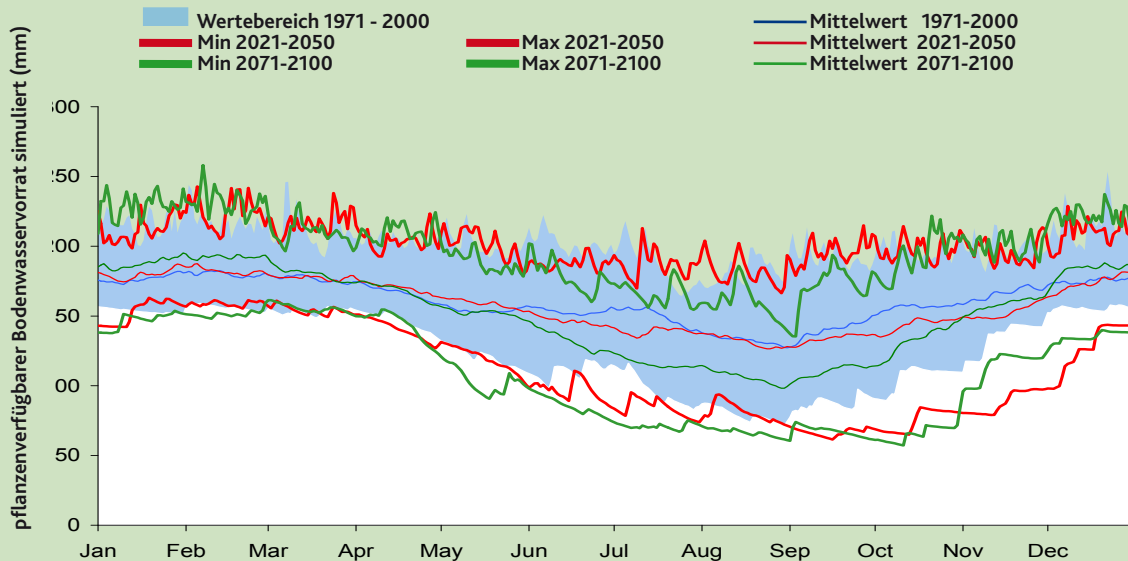




UNTERSUCHUNGEN ZU WASSERHAUSHALT UND KLIMAWANDEL AN AUSGEWÄHLTEN FORSTLICHEN MONITORINGFLÄCHEN IN RHEINLAND-PFALZ

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 72/12



Impressum

Herausgeber:

Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF)
Hauptstr. 16
D-67705 Trippstadt
Telefon 06306 911-0, Telefax 06306 911 200
zdf.fawf@wald-rlp.de
www.fawf.wald-rlp.de

Verantwortlich:

Der Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Dokumentation:

Mitteilung FAWF, Trippstadt
Nr. 72/12, 44 Seiten + 143 Seiten Anlage

Gestaltung, Grafik und Satz

FAWF Rheinland-Pfalz

ISSN 1610-7705 Mitteilungen aus der
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 72/12

nur als download (Langfassung)
<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601>

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

UNTERSUCHUNGEN ZU WASSER- HAUSHALT UND KLIMAWANDEL AN AUSGEWÄHLTEN FORSTLICHEN MONITORINGFLÄCHEN IN RHEINLAND-PFALZ

S. Karl¹⁾, J. Block²⁾, B. Schultze¹⁾, J. Scherzer¹⁾

¹⁾ UDATA, Neustadt/Weinstr.

²⁾ FAWF Rheinland-Pfalz, Trippstadt

Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Rheinland-Pfalz,
Trippstadt 2012

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung und Zielsetzung	3
2 Monitoring-Flächen	4
3 Klimawandel und Wasserhaushalt	5
3.1 Spanne der Unsicherheit, verwendete Klimaszenarien	5
3.2 Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien.....	6
3.3 Zukünftige Veränderung des Wasserhaushalts	7
3.4 Anpassung des Wasserhaushaltsmodells.....	7
3.5 Auswertegrößen: Definition und Vorgehen	9
4 Ergebnisse	12
4.1 Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien	12
4.1.1 Klimadaten	12
4.1.2 Wasserhaushalt	15
4.1.3 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat.....	18
4.1.4 Trockenstress und Sauerstoffmangel	18
4.2 Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt	21
4.2.1 Klimadaten	21
4.2.2 Wasserhaushalt	24
4.2.3 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat.....	27
4.2.4 Trockenstress und Sauerstoffmangel	28
5 Diskussion	32
6 Zusammenfassung	34
7 Summary	35
8 Abkürzungsverzeichnis und Glossar	36
9 Literaturverzeichnis	38
10 Abbildungsverzeichnis	42
Anlage	1-143



1 Einleitung und Zielsetzung

Die langfristige Bewirtschaftungsplanung ist eine der zentralen Herausforderungen für die Forstwirtschaft. Die Berücksichtigung möglicher Folgen des bereits eingetretenen und weiter zu erwartenden Klimawandels ist dabei unabdinglich (z.B. KELLOMÄKI et al. 2000, LÜPKE 2004, ROBLEDO und FORNER 2005, ALCAMO et al. 2007, CZAJKOWSKI et al. 2009, SEPPÄLÄ et al. 2009, KÖLLING et al. 2010a).

Räumlich und zeitlich hochaufgelöste modellgestützte Untersuchungen können einen wesentlichen Beitrag zur Untersuchung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt, auf das Störungsregime (z.B. Schädlingsbefall, Wind- und Schneewurf) und auf das Wachstum der Wälder sowie damit zusammenhängende ökonomische Aspekte leisten.

Als erster Schritt wurde hierzu der Aspekt Wasserhaushalt aus dem komplexen Wirkungsgeflecht des Klimawandels thematisiert und am Beispiel von vier Intensiv-Monitoringflächen der Forschungsanstalt für Waldökologie- und Forstwirtschaft in Rheinland-Pfalz (FAWF) analysiert. Als Grundlage diente das sogenannte A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) / InterMet - Klimaszenario. Die Wasserhaushaltssimulationen wurden mit dem Modell COUPMODEL (JANSSON und HALLDIN 1979, JANSSON 1996, JANSSON und KARLBERG 2010) durchgeführt.

Konkrete Zielsetzung war die Bewertung der im 21. Jahrhundert bei den vorgegebenen Annahmen zu erwartenden Veränderungen des Wasserhaushalts. Diese umfassen sowohl Klimafaktoren wie Temperatur und Niederschlag als auch Bilanzkomponenten des Wasserhaushalts (z.B. Transpiration und Versickerung) und Trockenstressindikatoren. Die für die vier Monitoring-Flächen bereits vorliegenden kalibrierten und validierten Wasserhaushaltsmodelle (zusammenfassend: KARL et al. 2012) mussten zunächst für die Simulation von Klimaszenarien und die damit verbundenen Fragestellungen angepasst werden. Anschließend erfolgte eine Plausibilitätsprüfung des Kontrolllaufes der Klimaszenarien und der entsprechenden Simulationsergebnisse des Wasserhaushaltsmodells. Schließlich waren die Ergebnisse für die nahe (2021 - 2050) und ferne Zukunft (2071 - 2100) mit dem Referenzzustand (1971 - 2000) zu vergleichen.

2 Monitoring-Flächen

Für die exemplarische Untersuchung möglicher Änderungen des Wasserhaushalts von Waldstandorten im Klimawandel wurden vier Level II-Flächen des rheinland-pfälzischen forstlichen Umweltmonitorings ausgewählt, die hinsichtlich der Standorts-, Klima- und Bestockungsverhältnisse eine große Spanne abdecken:

Die Fläche Hermeskeil liegt in ca. 650m über NN auf dem Kamm des Schwarzwälder Hochwaldes im Hunsrück. Hier stockt ein weitgehend geschlossenes, 88-jähriges (2012) Fichtenbaumholz mit zum Teil beträchtlicher Kronenverlichtung. Der Boden ist eine Podsol-Braunerde mit einer Hauptlage aus lösslehmführendem, grusführendem Lehm über einer Mittellage aus lösslehmführendem, grusführendem Lehm und einer Basislage aus Gruslehm über tiefem, grusführendem Lehm aus devonischem Sandstein (Bodeninformationen aller Flächen aus DEHNER et al. 2011). Die nutzbare Feldkapazität (nFk) im effektiven Wurzelraum liegt mit 157 mm im „hohen“ Bereich (AK STANDORTSKARTIERUNG 2003).

Die Fläche Kirchheimbolanden befindet sich in einer Höhenlage von ca. 590 m über NN auf dem Donnersberg. Hier stockt ein geschlossenes, ca. 91-jähriges (2012) Buchenbaumholz mit einzelnen Lärchen. Der Boden ist eine Lockerbraunerde mit einer Hauptlage aus Gruslehm über einer Basislage aus Schuttgrus über tiefem pleistozänen Grusschutt aus Rhyolith. Der bis in den Ah-Horizont hinein sehr skelettreiche Boden verfügt über eine „mittlere“ nFk von 103 mm.

Die Fläche Neuhäusel-Bims liegt 390 m über NN im Niederwesterwald. Der Waldbestand ist ein geschlossenes, ca. 119-jähriges (2012) Buchenaltholz. Der Boden ist eine Lockerbraunerde mit einer Hauptlage aus bimsaschereichem Lehm über einer Mittellage aus bimsaschereichem Sand aus Bimslapilli über sehr tiefem lösslehmreichem devonischem Tonschluff. Der sehr tiefgründige Boden verfügt über eine „äußerst hohe“ Wasserspeicherkapazität (nFk 466 mm).

Die Fläche Schaidt befindet sich im Bienwald in einer Höhenlage von 130 m über NN. Hier stockt ein ca. 114-jähriges (2012), lückiges Eichenaltholz mit einem Unterstand aus Buchen und Hainbuchen. Der Boden ist ein Braunerde-Gley bis Gley aus flachem kiesführendem Kolluvialsand über kiesführendem Fluvisand und Fluvilehm. Die Wasserspeicherfähigkeit ist mit 83 mm im Wurzelraum nur „gering“. Allerdings haben die Bäume Anschluss an das oberflächennah anstehende Grundwasser.

Eingehende Beschreibungen der einzelnen Monitoringflächen finden sich unter <http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3013>. Differenziertere Beschreibungen der Bodenverhältnisse der vier Flächen enthalten DEHNER et al. 2011 und weitere Angaben zu Klima und Bodenhydrologie können KARL et al. 2012 entnommen werden.

3 Klimawandel und Wasserhaushalt

3.1 Spanne der Unsicherheit, verwendete Klimaszenarien

Die sogenannte „Spanne der Unsicherheit“ bei Klimaszenarien und Folgeauswertungen setzt sich aus den Unsicherheiten in der Modellkette und dem inhärenten Fortpflanzungsfehler zusammen. Ausgehend von IPCC (2007) basiert die Betrachtung des Klimawandels derzeit im Wesentlichen auf den drei Emissionsszenarien A2, A1B und B1, welche für unterschiedliche Intensitäten des zukünftigen Wirtschaftswachstums, der Globalisierung und des Umweltbewusstseins stehen. Aufbauend darauf werden von zahlreichen Instituten (z.B. Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Max-Planck-Institut für Meteorologie) globale (Auflösung z.B. 200 x 200 km) und regionale Klimaszenarien (Auflösung z.B. 7 x 7 km) mit einer Vielzahl von Modellen berechnet (Abbildung 1). Dies führt zu einer erheblichen Spannweite der Ergebnisse hinsichtlich Intensität und Ausprägung des zu erwartenden Klimawandels (z.B. LINDEN und MITCHELL 2009, KRAHE et al. 2009, SCHERZER et al. 2010).

Gemäß Aufgabenstellung war für die vorliegende Studie ausschließlich das A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) - Klimaszenario (Spekat et al. 2007) zu verwenden (Abbildung 1), welches über das sogenannte InterMet-Verfahren (DEMUTH 2003) auf die räumliche Lage der vier Monitoring-Flächen der FAWF interpoliert („gerastert“) worden war (WAGNER und GERLINGER 2009).

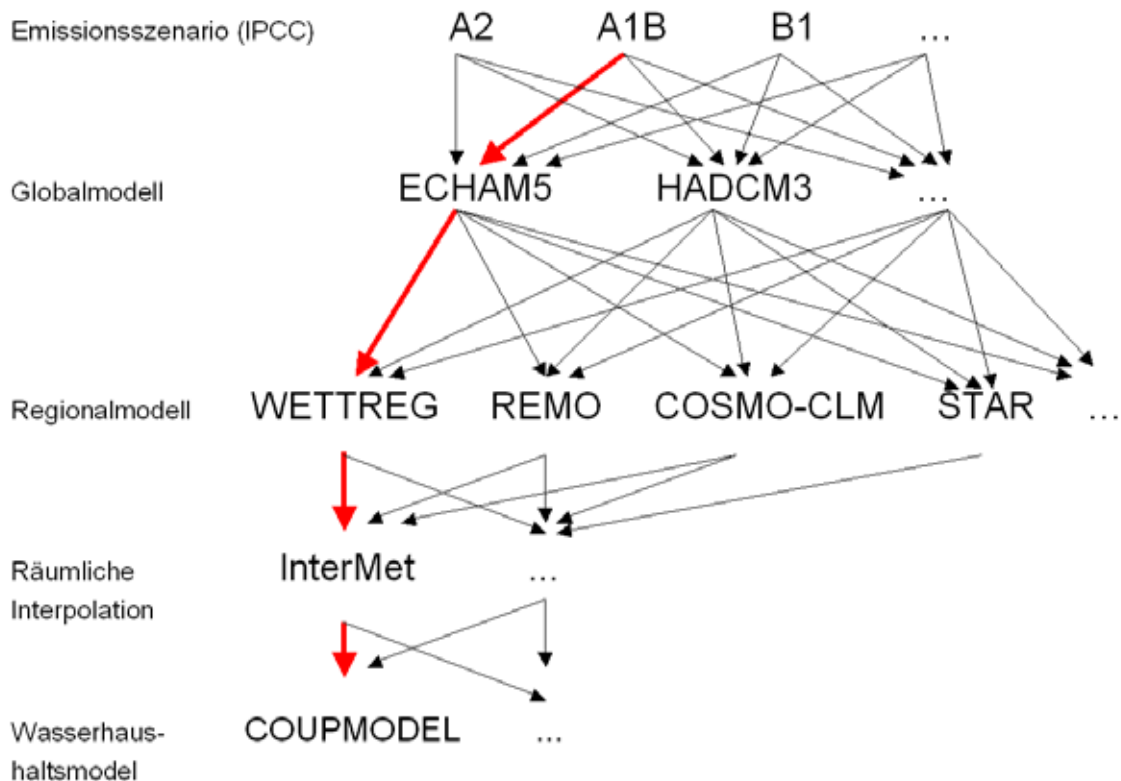


Abbildung 1: Modellkette Klimawandel - Wasserhaushalt, Spanne der Unsicherheit.
 Model chain climate change - water balance, range of uncertainty.

3.2 Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien

Zur Bewertung der Plausibilität der Klimaszenarien (vgl. Abschnitt 4.1) werden die relevanten Zielgrößen des sogenannten Kontrolllaufs des Klimaszenarios (C20) mit den Messwerten (Mess) (z.B. Messwerte von Temperatur, Niederschlag) bzw. mit den hiermit simulierten Wasserhaushaltsgrößen (z.B. Transpiration) verglichen. Je kleiner der Unterschied zwischen C20 und Mess ausfällt, desto eher ist die Plausibilität im Hinblick auf die Betrachtung des zukünftigen Klimas gegeben (z.B. Spekat et al. 2007). Zur Prüfung der Signifikanz der Unterschiede wurde ein t-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ auf Monats-, Halbjahres- (Oktober bis März, April bis September) und Jahresbasis durchgeführt. Die Fehlerbalken in den Abbildungen von Abschnitt 4 geben die Standardabweichung des Einzelwertes wieder. Ist der Fehlerbalken rot eingefärbt, ist die Abweichung signifikant (grün: nicht signifikant).

Da die Messwerte der Klimastationen erst ab 1992 vorliegen, kann Mess nur für den Zeitraum 1992 - 2000 berechnet werden. Demgegenüber bezieht sich C20 auf den Zeitraum 1971 - 2000, da bei statistischen Klimaszenarien wie WETTREG keine Ein-

zeljahre aus den 30jährigen Zeitscheiben herausgenommen werden dürfen. Diese unterschiedlichen Zeiträume schränken die Überprüfbarkeit der Szenarioplausibilität ein.

Umgehen ließe sich dies theoretisch durch das Hinzuziehen von längeren Zeitreihen möglichst nahe gelegener DWD-Stationen, die dann mit den C20-Werten verglichen würden. Dieses Vorgehen hat jedoch den entscheidenden Nachteil, dass COUPMODEL mit den Messwerten von benachbarten Wetterstationen der FAWF (*Mess*) kalibriert wurde und somit alle Klimagrößen der Waldmessstation (*Mess*) und die hiermit simulierten Wasserhaushaltsgrößen mit jenen unter Verwendung der hinzugezogenen DWD-Klimastation verglichen werden müssten. Wegen der Ungenauigkeit bzw. Unsicherheit, welche sich durch diesen „doppelten“ Abgleich ergeben würde, wurde auf das Hinzuziehen benachbarter DWD-Messwerte verzichtet.

3.3 Zukünftige Veränderung des Wasserhaushalts

Zur Bewertung der zukünftig möglichen Veränderungen wurden die Klimadaten sowie die modellierten Wasserhaushaltsgrößen des

- Kontrolllaufs (C20, 1971 - 2000) mit jenen der
- nahen Zukunft (Z1, 2021 - 2050) sowie der
- fernen Zukunft (Z2, 2071 - 2100)

verglichen (vgl. Abschnitt 4.2).

Wie bei der Überprüfung der Szenarioplausibilität (Abschnitt 3.2), wurde auch hier ein t-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ durchgeführt, um die zukünftigen Veränderungen auf Signifikanz zu prüfen. Der Fehlerbalken in den Abbildungen bezeichnet erneut die Standardabweichung, seine Einfärbung die Signifikanz (rot: signifikant, grün: nicht signifikant).

3.4 Anpassung des Wasserhaushaltsmodells

Die Wasserhaushaltssimulationen wurden mit dem Modell COUPMODEL (JANSSON und HALLDIN 1979, JANSSON 1996, JANSSON und KARLBERG 2010) durchgeführt. Die für die vier Monitoring-Flächen bereits vorliegenden kalibrierten und validierten Wasserhaushaltsmodelle (zusammenfassend: KARL et al. 2012) mussten zunächst für die Simulation von Klimaszenarien und die damit verbundenen Fragestellungen angepasst werden:

- (1) Der Wasserhaushalt der Monitoring-Flächen Neuhäusel-Bims wurde bislang mit der COUPMODEL-Vorgängerversion SOIL simuliert. Für eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den vier Flächen wurde hier auf COUPMODEL umgestellt.
- (2) Bei der Kalibrierung der Bestände in Kirchheimbolanden und Hermeskeil wurde die jährliche Amplitude des Blattflächenindex (*LAI*) an die Bestandesentwicklung im Messzeitraum angepasst. Um das Klimawandelsignal vom Wachstums- und/oder Durchforstungssignal zu separieren, wurde die Amplitude des *LAI* nun für den gesamten Zeitraum vereinheitlicht. In Kirchheimbolanden variiert der *LAI* im Jahresverlauf nun zwischen 1,5 und 9,0 m²/m² und in Hermeskeil zwischen 8,2 und 9,0 m²/m². In Schaidt wurde der maximale *LAI* auf den von der FAWF im Jahr 2009 gemessenen Wert von 7,5 angehoben. Die innerjährliche Amplitude beträgt hier somit nun 0,3 - 7,5 m²/m².
- (3) Als Modellantrieb diente bisher der gemessene Bestandsniederschlag. Für den Projektionszeitraum bis 2100 stehen jedoch nur Daten des Freilandniederschlages zur Verfügung. Der Niederschlagskorrekturfaktor in COUPMODEL (*PrecA0Corr*, vgl. JANSSON und KARLBERG 2010) wurde daher an allen vier Flächen auf 1,05 gesetzt und das Interzeptionsmodul aktiviert. Anschließend wurde die spezifische Interzeptionsspeicherkapazität (*WaterCapacPerLAI*) mit dem Ziel einer optimalen Übereinstimmung von simulierter und gemessener Interzeption kalibriert (Kirchheimbolanden (Buche): 0,279 mm/*LAI*; Hermeskeil (Fichte): 0,382 mm/*LAI*; Schaidt (Eiche): 0,405 mm/*LAI*; Neuhäusel-Bims (Buche): 0,267 mm/*LAI*).
- (4) Um in Hermeskeil die Voraussetzungen für Wasserstau und lateralen Abfluss zu schaffen, musste hier außerdem die untere Randbedingung des Modells von *unit gradient* auf *no flow* angepasst werden. Die Kalibrierung des simulierten Bodenwasserhaushalts und des Grundwasserspiegels erfolgte auf Grundlage der Profilbeschreibung und gemessener Tensionen des laut FAWF-Nomenklatur „geschädigten“ Bestandesbereiches. Hierfür wurden die Modellparameter, anhand derer COUPMODEL den lateralen Abfluss simuliert, folgendermaßen eingestellt: *EmpGFLevBase*: -4 m, *EmpGFLevPeak*: -0,75 m, *EmpGFLowBase*: 2 mm/d und *EmpGFLowPeak*: 70 mm/d (Abbildung 2). In den Wintermonaten kam es als Folge der angepassten unteren Randbedingung an der Untergrenze der organischen Auflage zunächst zu artefaktischem lateralem Abfluss. Dies konnte durch die Deaktivierung der Option *FrostInteract* behoben werden. Die Bodensaugspannung wird dann auf Grundlage des Wasseräquivalents aus flüssigem und gefrorenem Bodenwasser berechnet. Ergebnis der Anpassung ist eine simulierte Wechselfeuchte mit einem im Bereich von 0,5 - 3 m Tiefe fluktuierenden Grund- / Stauwasserspiegel.

- (5) Die mit den modifizierten Parametrisierungen erzielten Simulationsergebnisse wurden abschließend durch einen Vergleich mit gemessenen Bodensaugspannungen überprüft.

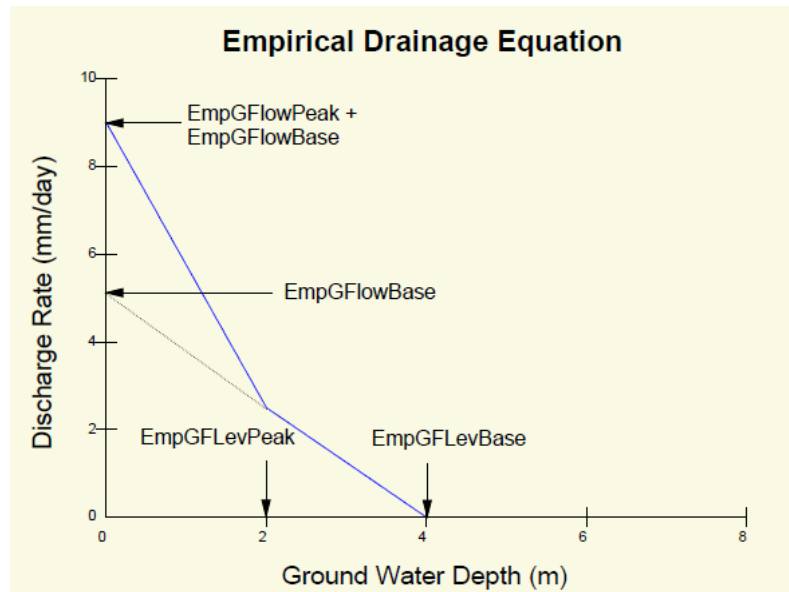


Abbildung 2: Simulation des lateralen Abfluss in COUPMODEL (Quelle: JANSSON und KARLBERG 2010, S. 87)

3.5 Auswertegrößen: Definition und Vorgehen

Alle Auswertegrößen werden auf Szenarioplausibilität (siehe Abschnitt 3.2 und 4.1) und zukünftige Veränderung (siehe Abschnitt 3.3 und 4.2) überprüft.

Klimadaten

Die Klimadaten Niederschlag, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchte und Globalstrahlung sind die treibenden Modellvariablen bei der Berechnung des Wasserhaushalts mit COUPMODEL.

Bilanzkomponenten des Wasserhaushalts

Die Bilanzkomponenten des Wasserhaushalts wurden durch Modellsimulation mit COUPMODEL ermittelt. Eine umfassende methodische Erläuterung der Modellparametrisierung, -kalibrierung und -validierung für die Monitoringstandorte der FAWF be-

findet sich zusammenfassend in KARL et al. (2012). Die Auswertung erfolgte für die Evapotranspiration (Interzeption, Evaporation, Transpiration) und den Abfluss (Oberflächenabfluss, Tiefensickerung, ggf. lateraler Abfluss).

Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat

Aus den Simulationsergebnissen wurde für jeden Tag des Jahres (julianische Tage) die Spannweite (Minimum und Maximum) und der Mittelwert des pflanzenverfügbaren Wasservorrats im Wurzelraum berechnet (Wasservorrat aktuell minus Wasservorrat am Permanenten Welkepunkt) und graphisch dargestellt.

Indikatoren für Trockenstress

Als Trockenstressindikatoren wurde zum Einen die sogenannte Transpirationsdifferenz (*Tdiff*) (z.B. HAMMEL und KENNEL 2001, SCHULTZE et al. 2005, FALK et al. 2008) und zum Anderen die relative Bodenwasserverfügbarkeit (*Wp akt*) (ANDERS et al. 2002) herangezogen. Eine Ermittlung des Trockenstresses z.B. nach CZAJKOWSKI et al. (2009) ist bei einer Simulation auf Tagesschrittweite hingegen nicht möglich, da für die Berechnung der Soil Water Availability (SWA) das Bodenwasserpotenzial zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs bekannt sein müsste.

Transpirationsdifferenz (*Tdiff*): Das Konzept der Transpirationsdifferenz als Trockenstressindikator für den Waldbereich basiert auf der täglichen Berechnung der Differenz von potenzieller und realer Transpiration und einer anschließenden Mittelwertbildung für die Vegetationsperiode. Dieser Wert kann dann direkt in mm/d (z.B. BECK et al. 2009) oder für einen Vergleichszeitraum von z.B. 100 Tagen (mm/100Tage, z.B. FALK et al. 2008) angegeben werden. Obwohl exakte Grenzwerte, ab denen das Wachstum bzw. die Vitalität der einzelnen Baumarten eingeschränkt ist, noch nicht umfassend vorliegen, ist eine generelle Aussage zum heutigen und zukünftigen Auftreten von Trockenstress möglich. So wurde das *Tdiff*-Konzept beispielsweise von FALK et al. (2008), BECK et al. (2009), KÖLLING et al. (2009b), KÖLLING und FALK (2010b) und PÖHLER et al. (2010) erfolgreich angewendet.

Relative Bodenwasserverfügbarkeit (*Wp akt*): Die Bodenwasserverfügbarkeit wurde in täglichen Zeitschritten als relative Bodenwasserverfügbarkeit, d.h. als aktueller Anteil an der nutzbaren Feldkapazität, differenziert nach Bodentiefen, berechnet. Eine Wasserverfügbarkeit von 0 mm bedeutet somit, dass das Integral des aktuellen Bodenwassergehalts über die Durchwurzelungstiefe dem über die selbe Tiefe gemittelten Wassergehalt am Permanenten Welkepunkt entspricht. Anschließend an die Berechnung der Bodenwasserverfügbarkeit wurde die Anzahl der Tage ermittelt, an denen die von ANDERS et al. (2002) angegebenen Schwel-

lenwerte für Trockenstress bei Kiefer auf Nordostdeutschen Sandstandorten von 60% der nFK („Verlangsamung der Durchmesserzunahme“) und 40% der nFK („Erliegen der Durchmesserzunahme“) unterschritten wurden. BREDA et al. (2006) und AHRENDTS et al. (2010) gehen ebenfalls vom Schwellenwert 40% der nFK aus. Fällt die Relative Bodenwasserverfügbarkeit unter 10% der nFK spricht BRÉDA et al. (2006) von starkem Wasserstress („severe water stress“).

Indikatoren für Sauerstoffmangel im Wurzelraum

Längere Phasen des Sauerstoffmangels im Wurzelraum beeinflussen das Wachstum der Bäume negativ. Zur relativen Abstufung der Standorte sowie zur Analyse möglicher Auswirkungen des Klimawandel wurde daher der von FALK und OSENSTETTER (2010) beschriebene Indikator *AIR30* berechnet:

AIR30: Mittelwert der aktuellen Luftkapazität, bezogen auf das Porenvolumen in den oberen 30 cm des Bodens. Je niedriger der Wert ist, desto weniger Poren sind mit Luft gefüllt.

4 Ergebnisse

4.1 Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien

4.1.1 Klimadaten

Für Untersuchungen zu Folgen des Klimawandels müssen die verwendeten Szenarien anhand von Messdaten auf Plausibilität überprüft werden. Dies ist im vorliegenden Fall durch den Messzeitraum der Klimastationen (ab 1992) jedoch nur unter Vorbehalten möglich (vgl. Abschnitt 3.2), da dieser Zeitraum (1992 - 2000) wärmer und feuchter als die Jahre davor (1971 - 1991) war. Für Deutschland liegt die Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlag im Zeitraum 1992 - 2000 bei 9,0 °C bzw. 825 mm und im Zeitraum 1971 - 2000 bei 8,6 °C bzw. 787 mm (Quelle: DWD 2011). Es ist somit zu erwarten, dass die Lufttemperatur und der Niederschlag des Kontrolllaufs (C20, 1971 - 2000) niedriger liegen als die Messwerte (Mess, 1992 - 2000).

Bei der Lufttemperatur ergeben sich in Kirchheimbolanden (Abbildung 3) und Schaidt keine signifikanten Unterschiede zwischen *Mess* und C20. In Hermeskeil tritt lediglich im Juni (-0,7 °C) bzw. im Sommerhalbjahr (-0,5 °C) eine signifikante Unterschätzung auf, welche jedoch innerhalb des durch die unterschiedlichen Datenzeiträume zu erwartenden Rahmens liegt. In Neuhäusel-Bims überschätzt der Kontrolllauf des Klimaszenarios die Lufttemperatur hingegen signifikant, so dass die Szenarioplausibilität hier nicht gegeben ist (Abbildung 4). Beim Niederschlag treten lediglich vereinzelt signifikante Abweichungen zwischen *Mess* und C20 auf (Kirchheimbolanden Juli und Winter, Schaidt August, Hermeskeil Winter; Abbildung 5). Der Jahresniederschlag wird in Kirchheimbolanden (-16 mm) und Hermeskeil (-109 mm) zwar unterschätzt, was jedoch auch hier innerhalb des durch die unterschiedlichen Datenzeiträume zu erwartenden Rahmens liegt. Die C20-Niederschläge in Schaidt scheinen unter diesem Gesichtspunkt hingegen zu hoch (Überschätzung von *Mess* um 94 mm, allerdings nicht signifikant; Abbildung 6). Die relative Luftfeuchte wird an allen vier Monitoring-Flächen signifikant um 5% bis 9% unterschätzt. Die Windgeschwindigkeit des Kontrolllaufs stimmt in Schaidt sehr gut mit den gemessenen Werten überein. In Neuhäusel-Bims wird sie durch den Kontrolllauf des Szenarios hingegen leicht unter- (-13%) und in Hermeskeil (46%) sowie Kircheim-Bolanden (126%) deutlich überschätzt (Abbildung 7). Die Globalstrahlung wird in der Vegetationsperiode um 3% bis 12% signifikant unterschätzt. Eine vollständige Übersicht der Szenarioplausibilität für alle Standorte und Variablen befindet sich in der Anlage 1.

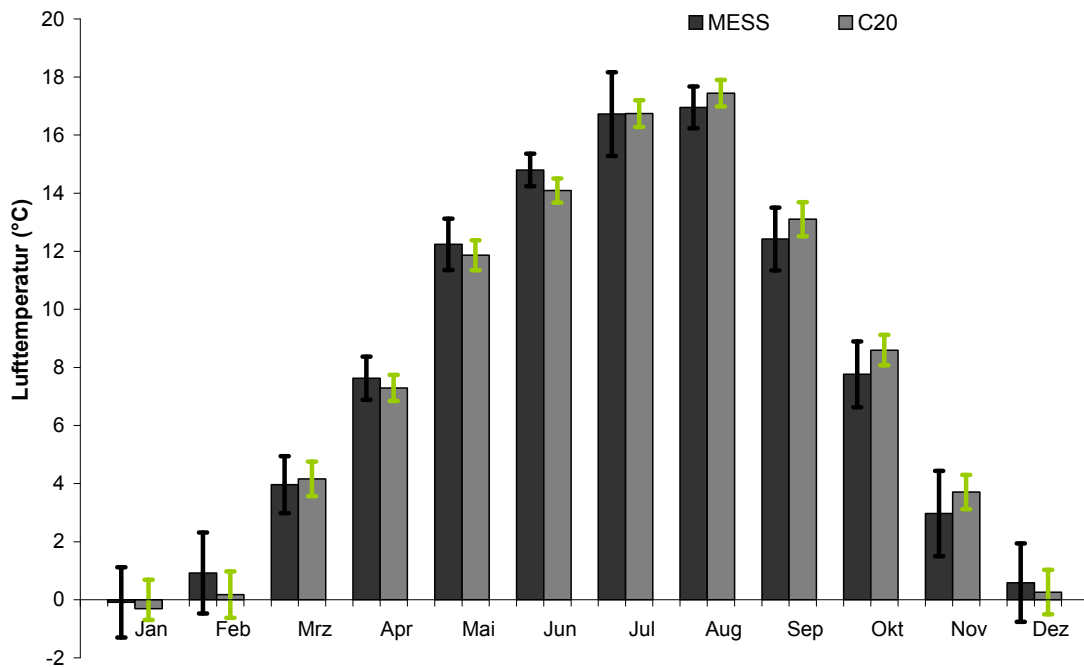


Abbildung 3: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, air temperature, monthly means (here: Kirchheimbolanden).

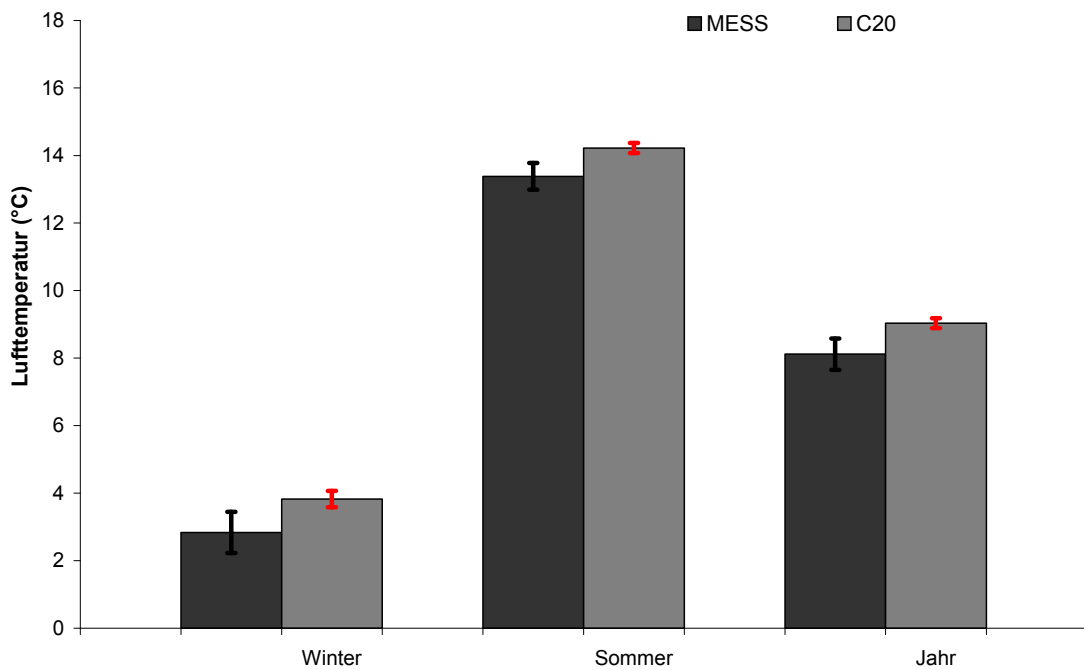


Abbildung 4: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur. Halbjahres- und Jahresmittel (hier: Neuhäusel-Bims).
Plausibility check of climate scenario, air temperature. summer, winter and annual means (here: Neuhäusel-Bims).

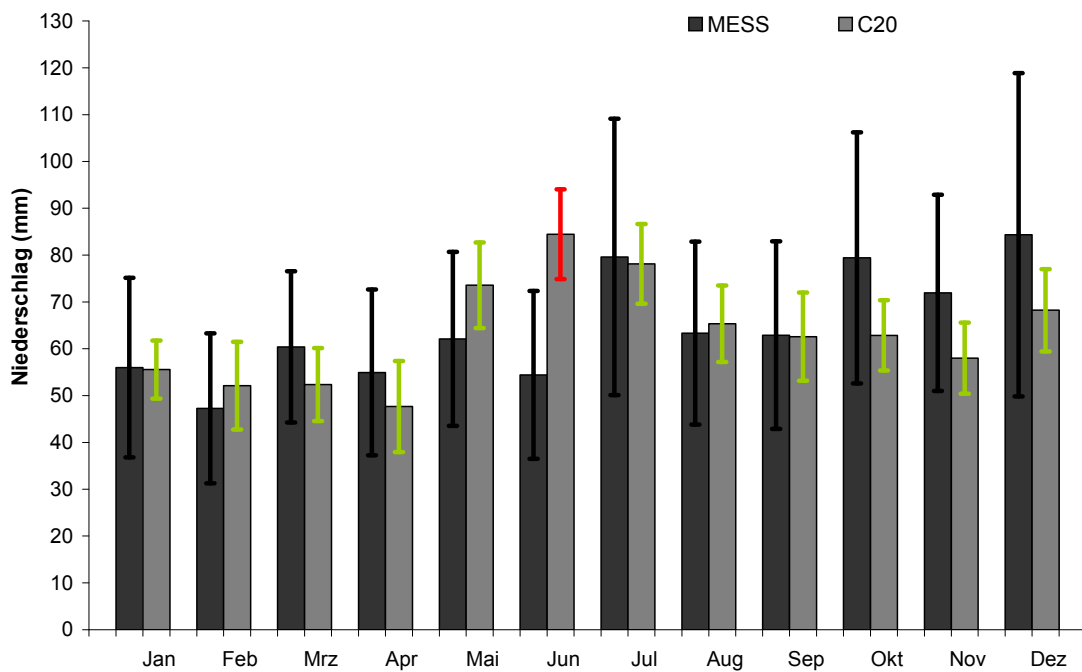


Abbildung 5: Szenarioplausibilität des Niederschlags, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, precipitation, monthly means (here Kirchheimbolanden).

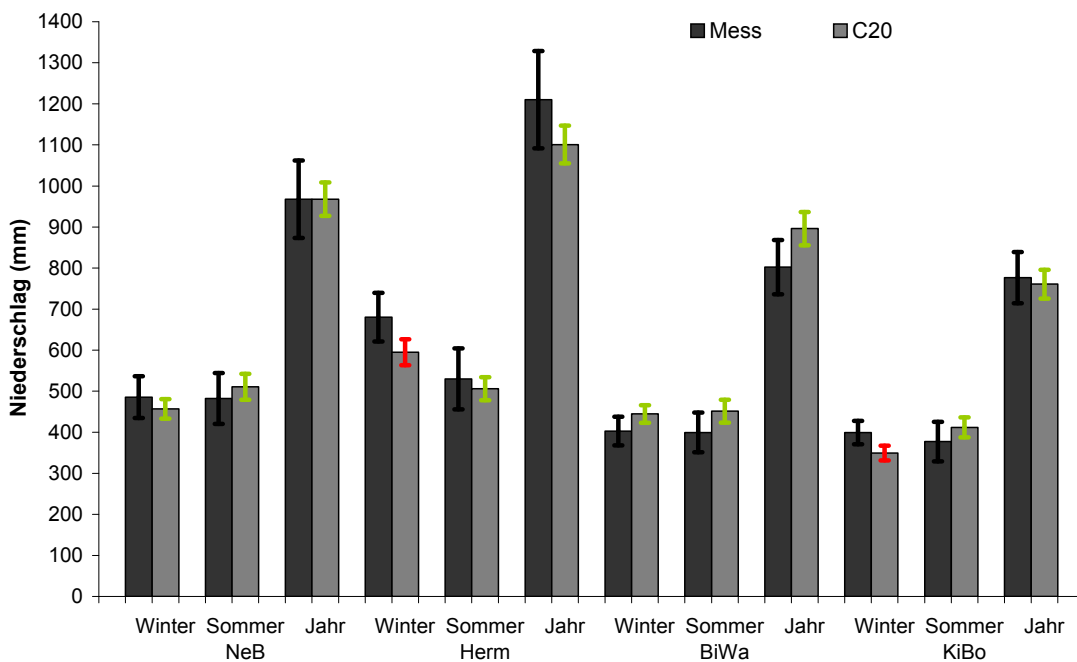


Abbildung 6: Szenarioplausibilität des Niederschlags, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).
Plausibility check of climate scenario, precipitation, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

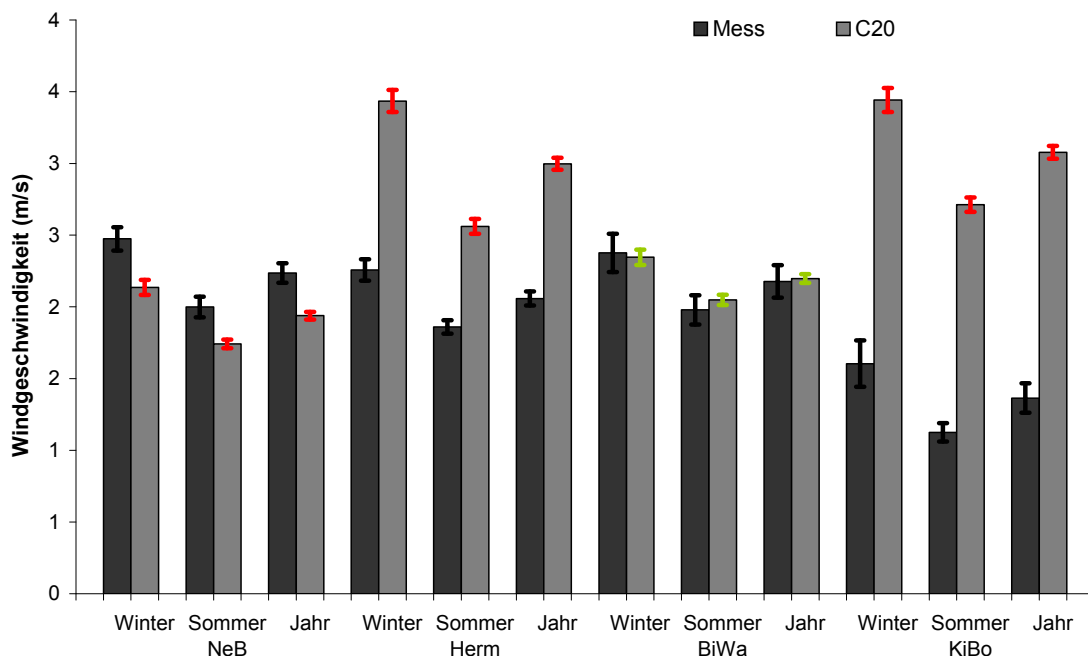


Abbildung 7: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Plausibility check of climate scenario, wind speed, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

4.1.2 Wasserhaushalt

Die mit COUPMODEL simulierte Evapotranspiration liegt an allen vier Flächen signifikant höher als im Messzeitraum (Mess, Abbildung 8). Aufgrund der unterschiedlich langen Vergleichszeiträume, 1992 - 2000 waren relativ warme und feuchte Jahre (vgl. Abschnitt 4.1.1), wäre das Gegenteil zu erwarten. Die Plausibilität für die Evapotranspiration ist somit an keiner Fläche gegeben, was bei genauerer Betrachtung der drei Evapotranspirations-Komponenten auf die Interzeptions- und Evaporationswerte zurückzuführen ist. Die Transpiration wird in Kirchheimbolanden (Abbildung 9), Hermeskeil und Neuhäusel-Bims im Sommerhalbjahr hingegen sehr gut wiedergegeben. Sowohl für den vertikalen als auch den lateralen Abfluss ist die Plausibilität am Standort Schaidt vollständig gewährleistet. Auch in Hermeskeil treten im Sommerhalbjahr keine signifikanten Abweichungen zwischen Mess und C20 auf. Im Winterhalbjahr wird die vertikale Sickerung durch das Klimaszenario jedoch um 37 mm (143%) signifikant über- und der laterale Abfluss um 200 mm (-45%) signifikant unterschätzt (Abbildung 10). Ursache hierfür ist die Unterschätzung des Niederschlags (-85 mm) in Kombination mit der Überschätzung der Evapotranspiration (131 mm). In Neuhäusel-Bims und Kirchheimbolanden ist die Plausibilität der vertikalen Sickerung im Sommerhalbjahr gegeben, im Winterhalbjahr hingegen nicht.

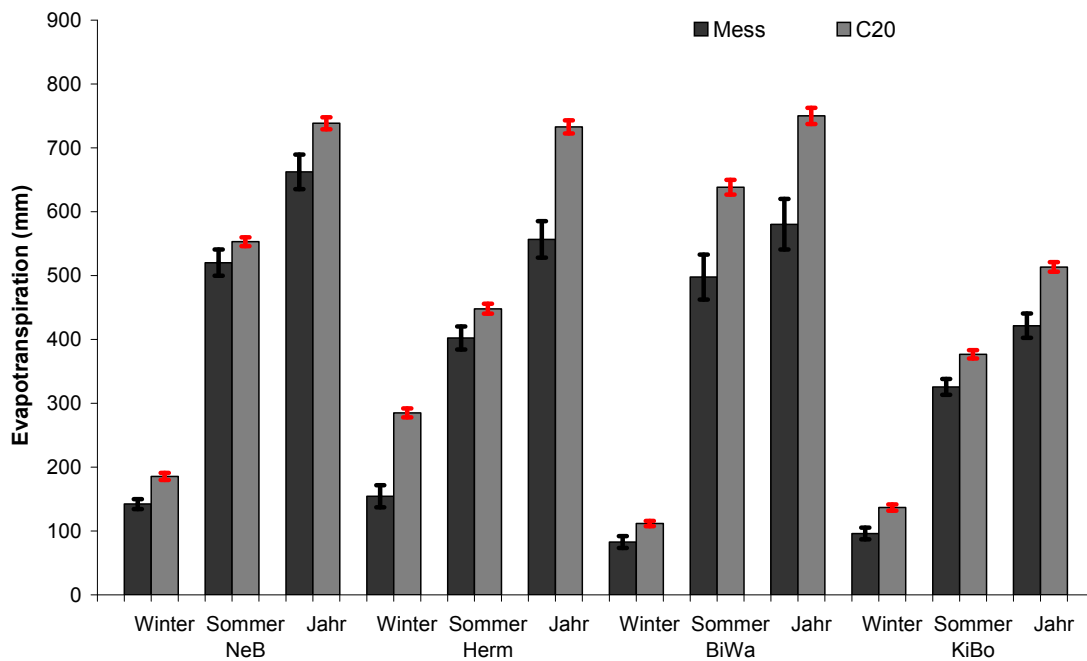


Abbildung 8: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

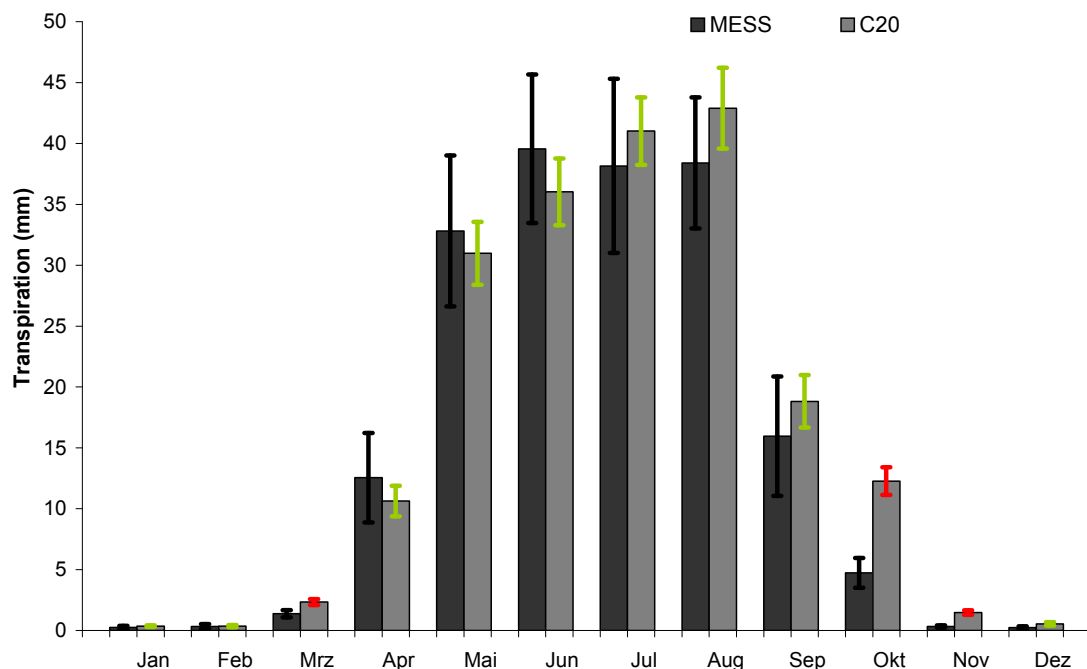


Abbildung 9. Szenarioplausibilität der Transpiration, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, transpiration, monthly means (here: Kirchheimbolanden).

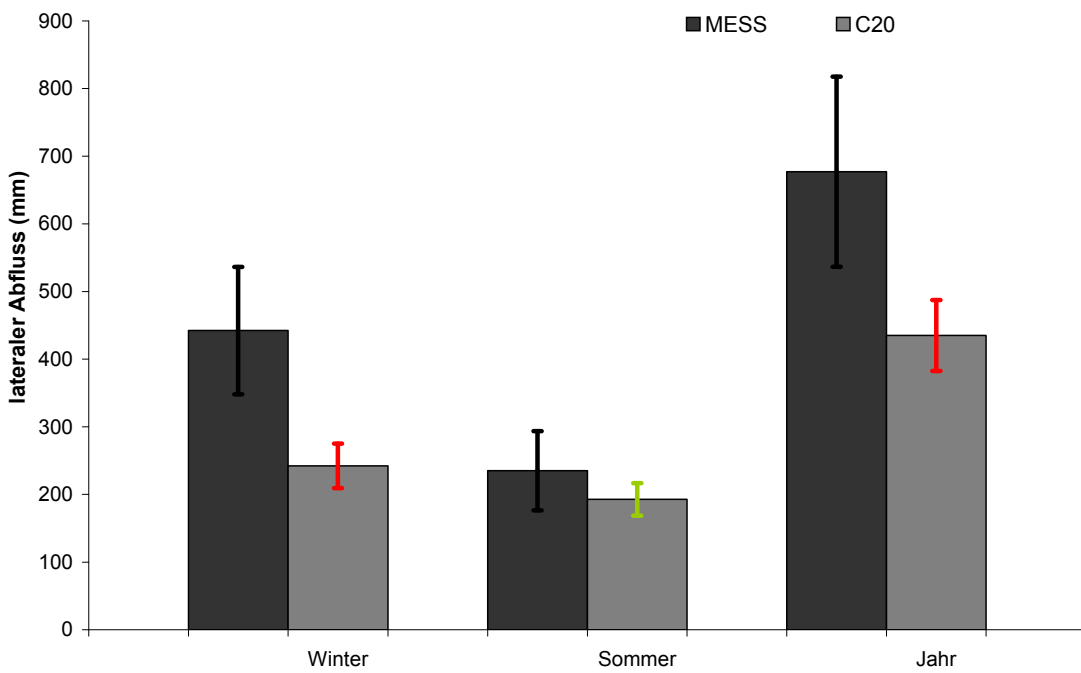
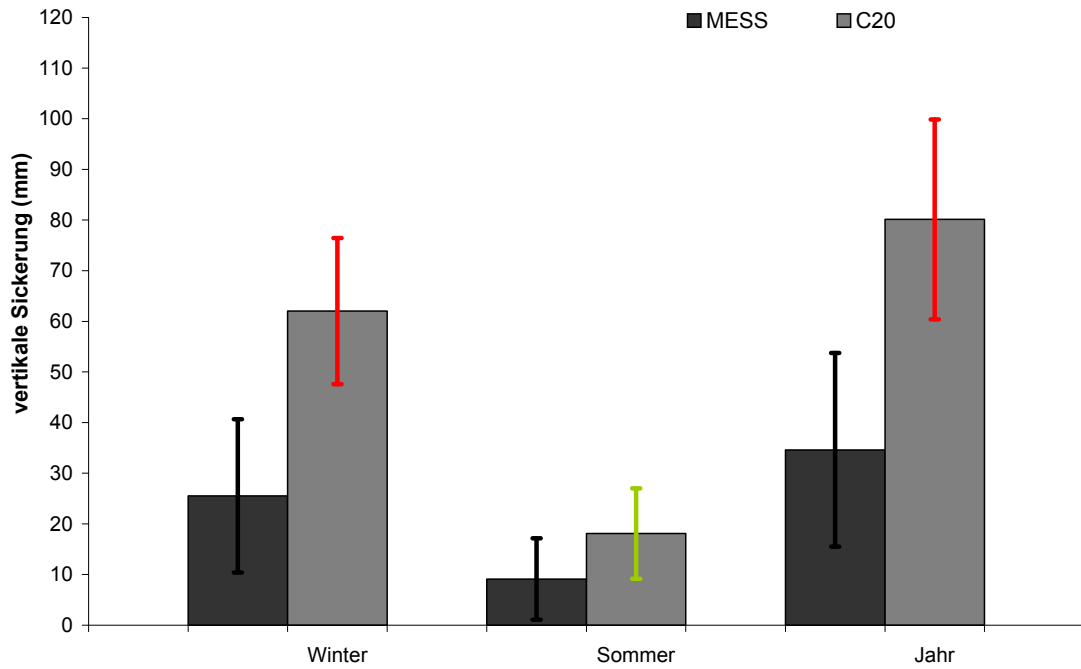


Abbildung 10: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung und des lateralen Abfluss, Halbjahres- und Jahresmittel (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, vertical percolation and lateral drain, summer, winter and annual means (here: Hermeskeil).

4.1.3 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat

In Kirchheimbolanden, Hermeskeil und Neuhäusel-Bims stimmt der mit *Mess* und *C20* simulierte mittlere pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat in den Monaten Februar bis Juli sehr gut überein, im Herbst und Winter wird der Bodenwasservorrat durch das Szenario hingegen etwas unterschätzt (semiquantitative Beurteilung, Abbildung 11). In Schaidt ist die Szenarioplausibilität des Bodenwasservorrats lediglich für die Monate Februar bis April gegeben.

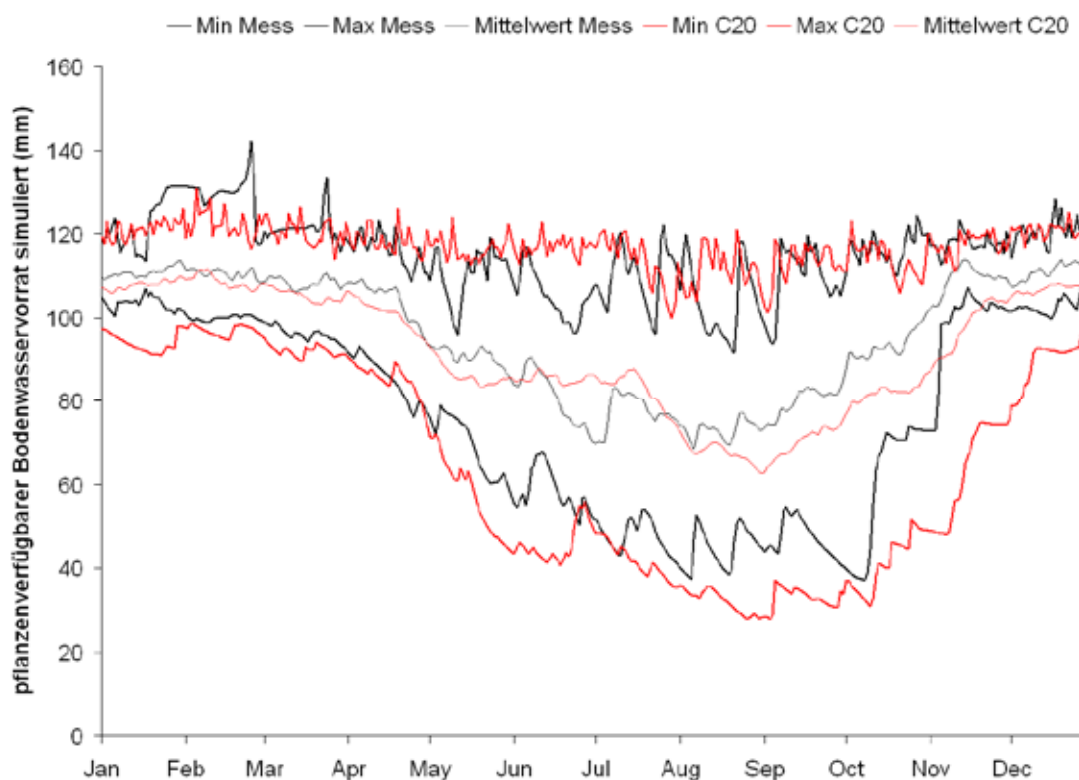


Abbildung 11: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden).

Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).

4.1.4 Trockenstress und Sauerstoffmangel

Die Szenarioplausibilität für die Transpirationsdifferenz (*Tdiff*) ist in Kirchheimbolanden gegeben. An den anderen drei Standorten überschätzt die Simulation mit den Szenariodaten die Transpirationsdifferenz hingegen signifikant (siehe Anlage 1). Aussagen über die zukünftige Entwicklung des Trockenstress anhand von *Tdiff* sollten somit nur in Kirchheimbolanden getroffen werden. Die Anzahl der Tage mit einer Bodenwasser-

verfügbarkeit (*Wp akt*) kleiner 40% bzw. 60% der nFK unterscheidet sich zwischen Mess und C20 deutlich. Aufgrund der großen Streuung sind die Unterschiede jedoch nicht signifikant, so dass die Bewertung der Trockenstressgefährdung anhand von *Wp akt* durchgeführt werden kann (Abbildung 12, Beispiel Kirchheimbolanden).

Am Standort Neuhäusel-Bims ist die Szenarioplausibilität des Sauerstoffstressindikators *AIR30* ganzjährig gegeben. In Schaidt (Abbildung 13) und Kirchheimbolanden wird die Sauerstoffverfügbarkeit durch das Szenario im Herbst überschätzt. In Hermeskeil tritt von Januar bis August hingegen eine Unterschätzung auf.

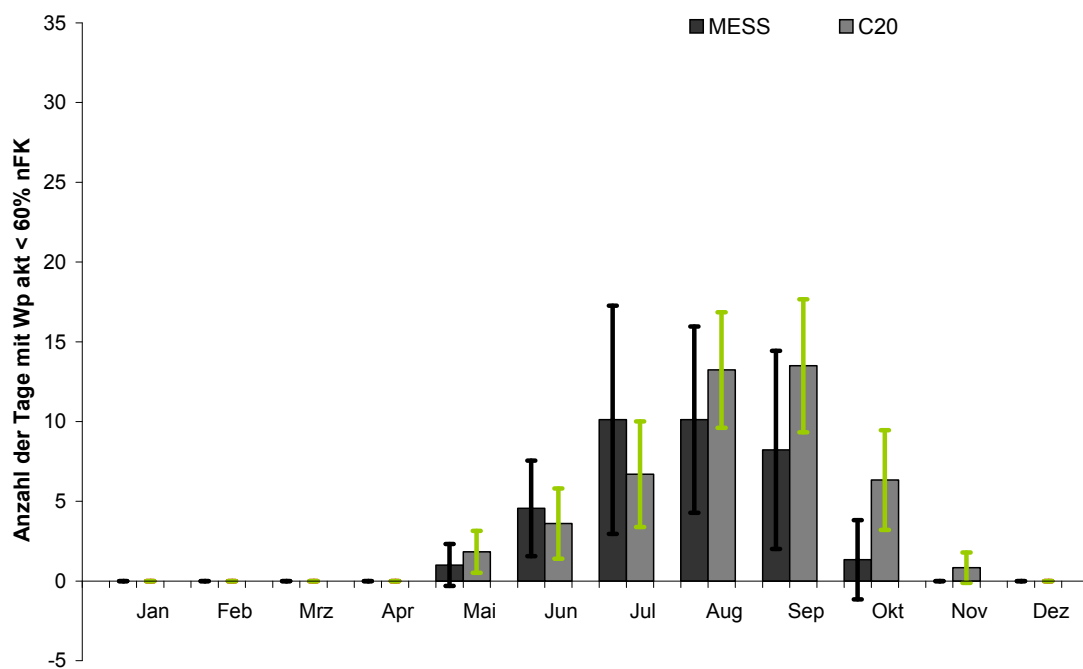


Abbildung 12: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit *Wp akt* < 60% nFK, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden).

*Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with *Wp akt* < 60% nFK, monthly means (here: Kirchheimbolanden).*



Abbildung 13: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here:
 Schaidt).

4.2 Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt

4.2.1 Klimadaten

Die Temperaturzunahme bis zum Ende des 21. Jahrhunderts liegt mit WETTREG / InterMet an allen vier Flächen im Sommer bei ca. 1,7 °C und im Winter bei ca. 2,7 °C (Abbildung 14). Die Anzahl der Tage mit einer mittleren Lufttemperatur < 3 °C nimmt dabei ab und jene mit > 3 °C zu (Abbildung 15, Beispiel Kirchheimbolanden). Es ist beim ausgewählten Szenario mit einer signifikanten Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr (+54 mm bis +205 mm) und mit einer signifikanten Abnahme im Sommerhalbjahr (-67 mm bis -87 mm) zu rechnen. Es handelt sich somit um eine Umverteilung der Niederschläge. Die Höhe des Jahresniederschlags ändert sich nur in Hermeskeil signifikant (Zunahme um 13% bzw. 139 mm, Abbildung 16, Abbildung 17). Bei der Verteilung der täglichen Niederschlagssummen gibt es nur in Kirchheimbolanden eine Verschiebung (Abnahme der Tage mit > 3 m/d, Zunahme der Tage mit < 3 mm/d), während die Niederschlagsverteilung an den anderen Standorten gleich bleibt (alle Abbildungen in Anlage 1). Die relative Luftfeuchte nimmt an allen Stationen von C20 zu Z2 signifikant um ca. 3% ab (Abbildung 18). Die Globalstrahlung steigt im Sommerhalbjahr um ca. 9%. Im Winterhalbjahr treten hingegen kaum Änderungen auf. Eine vollständige Übersicht der zukünftigen Veränderungen für alle Standorte und Variablen befindet sich in der Anlage 1.

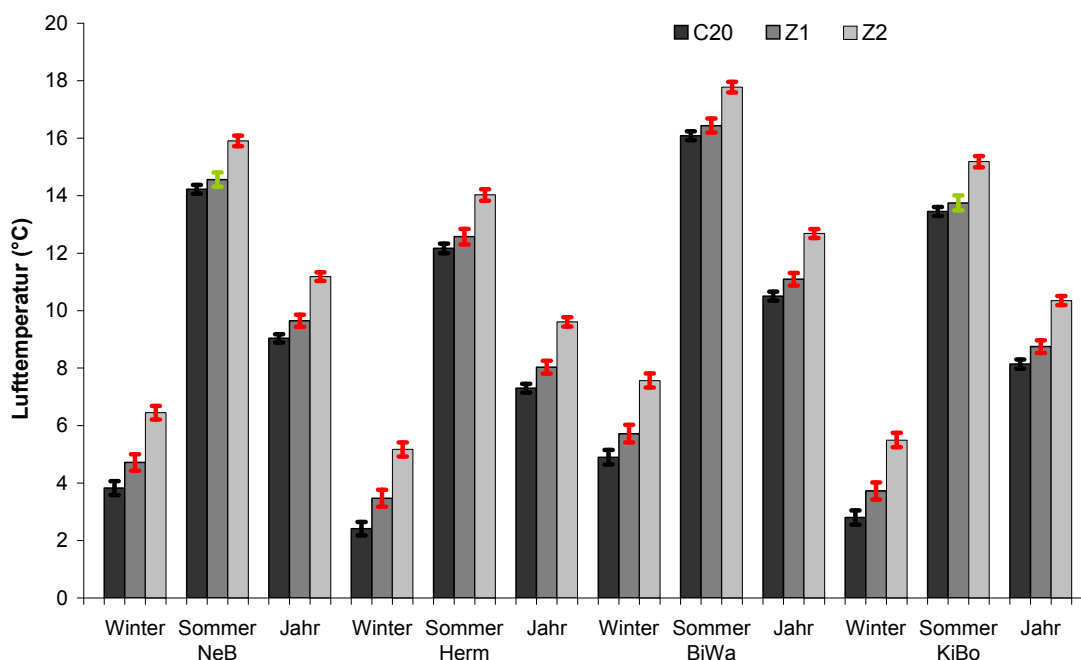


Abbildung 14: Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Future change of temperature, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

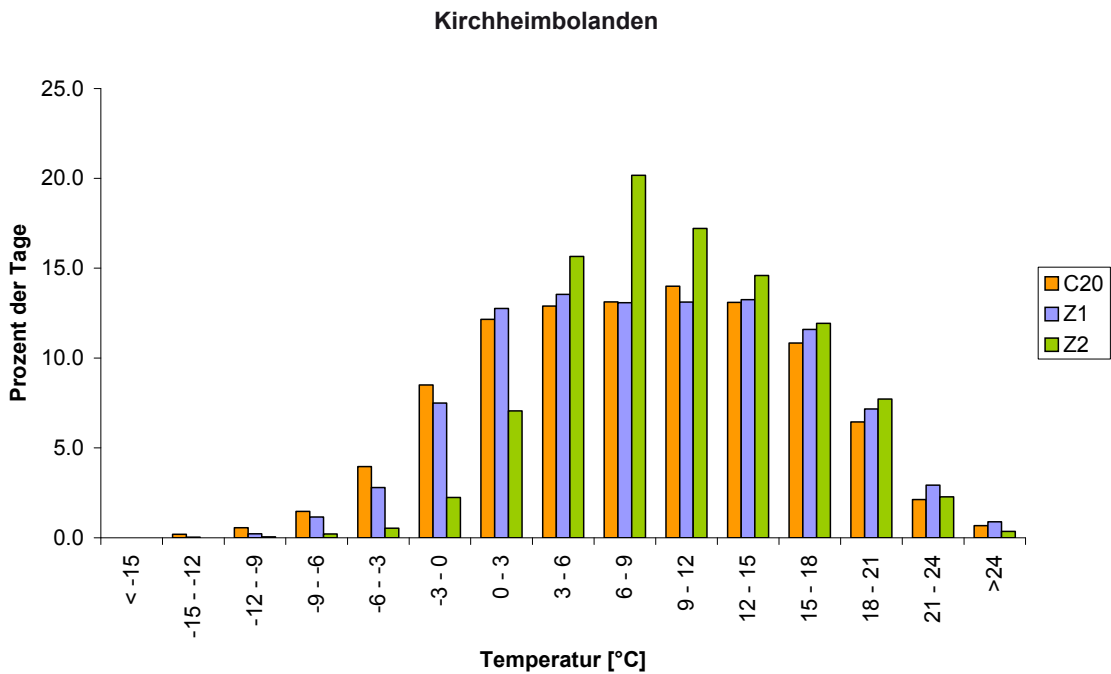


Abbildung 15: Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of daily air temperature (here: Kirchheimbolanden).

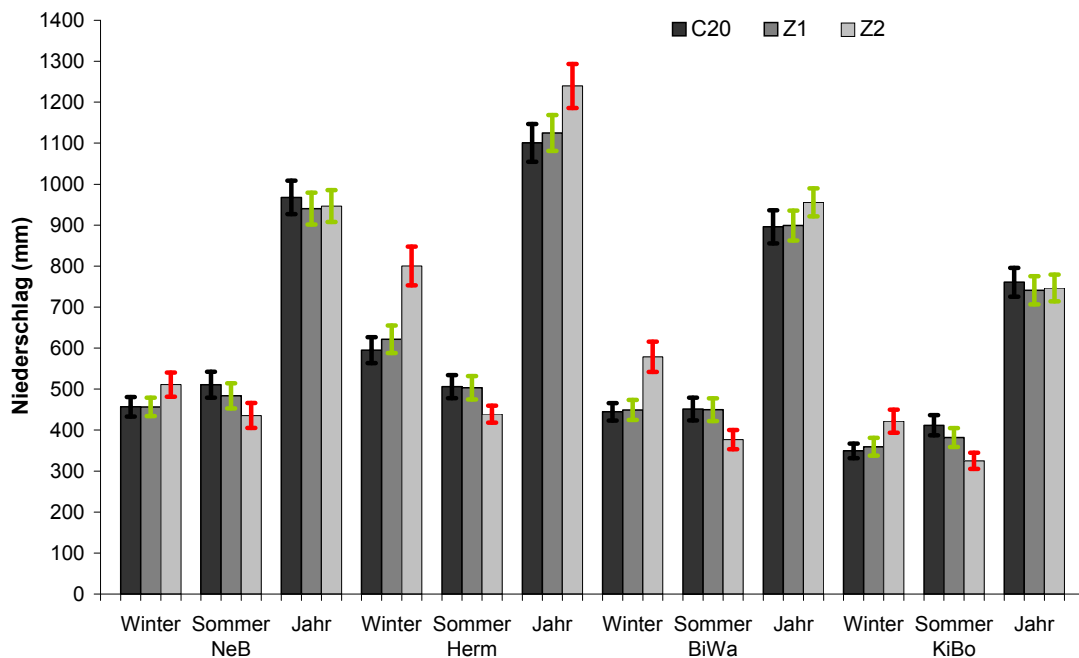


Abbildung 16: Zukünftige Veränderung des Niederschlags, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).
Future change of precipitation, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

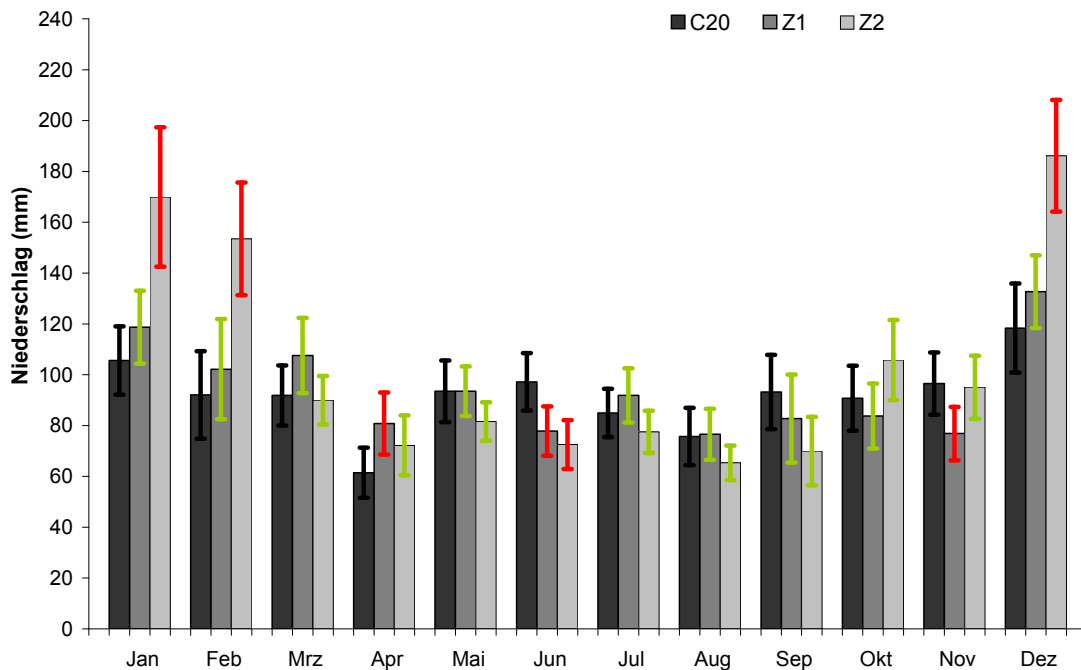


Abbildung 17: Zukünftige Veränderung des Niederschlags, Monatsmittel (hier: Hermeskeil).
Future change of precipitation, monthly means (here: Hermeskeil).

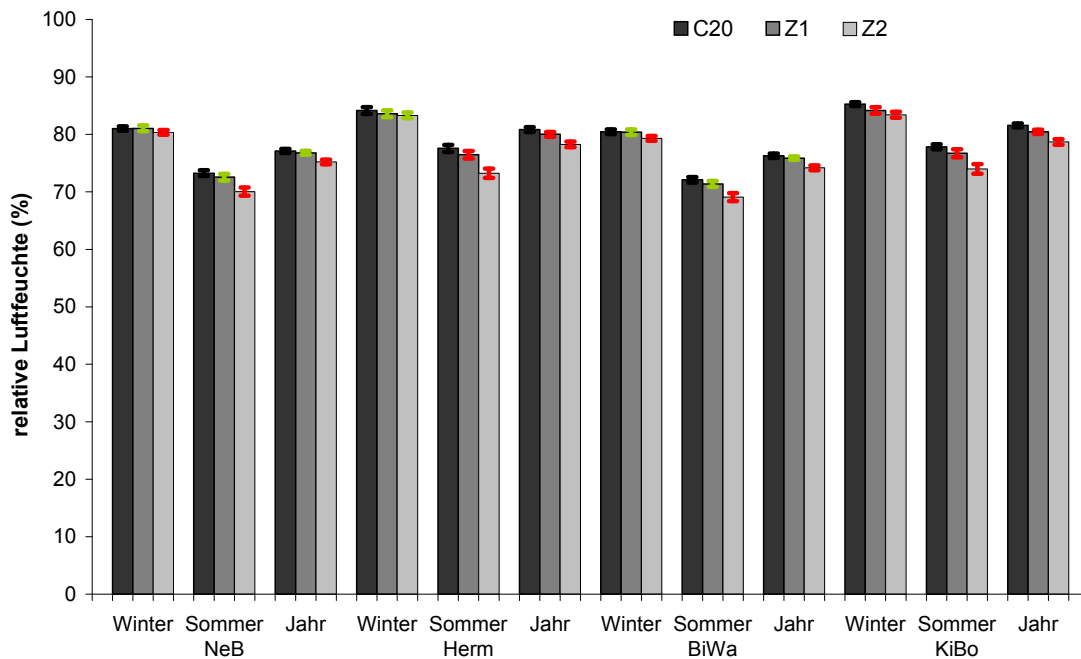


Abbildung 18: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).
Future change of relative humidity, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

4.2.2 Wasserhaushalt

Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts nimmt bei der verwendeten Modellkette die Transpiration im Sommerhalbjahr sowohl in Hermeskeil (+60 mm, +31%, signifikant), als auch in Neuhäusel-Bims zu (+32 mm, +10%, signifikant), wohingegen sie in Kirchheimbolanden annähernd konstant bleibt. In Hermeskeil (Abbildung 19) ist die Transpirationszunahme in allen Monaten zu beobachten, in Kirchheimbolanden (Abbildung 20) und Neuhäusel-Bims tritt im August hingegen ein Rückgang der Transpiration auf.

Auch unter dem zukünftigem WETTREG / InterMet - Klima tritt an keiner Monitoring-Fläche oberflächlicher Abfluss auf. Für die vertikale Sickerung und den lateralen Abfluss ist prinzipiell von einer Verlagerung vom Sommer- in das Winterhalbjahr auszugehen. Eine Quantifizierung ist auf Basis der verwendeten Klimaszenarien jedoch nur in Schaidt sinnvoll, da die Szenarioplausibilität der Abflusskomponenten an den anderen drei Flächen im Winterhalbjahr nicht gegeben ist. Am Standort Schaidt nimmt der laterale Abfluss unter dem angenommenen Klimaszenario bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Monate Januar und Februar signifikant zu (Jan.: +39 mm bzw. +92%; Feb.: +34 mm bzw. +73%; Abbildung 21), wobei die Änderungen bei (halb-) jährlicher Betrachtung nicht signifikant sind. Auf Jahresbasis ergibt sich in Schaidt eine Zunahme des lateralen Abflusses um 52 mm (+22%, nicht signifikant). Vertikale Sickerung tritt hier nicht auf. Die in Hermeskeil bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für das Sommerhalbjahr ermittelten Abnahmen der vertikalen Sickerung (-9 mm, -47%) und des lateralen Abflusses (-14 mm, -8%) sind nicht signifikant. In Kirchheimbolanden nimmt die vertikale Sickerung im Sommerhalbjahr signifikant um 36 mm ab (-37%, Abbildung 22), in Neuhäusel-Bims (-16 mm, -11%) ist die Änderung hingegen nicht signifikant.

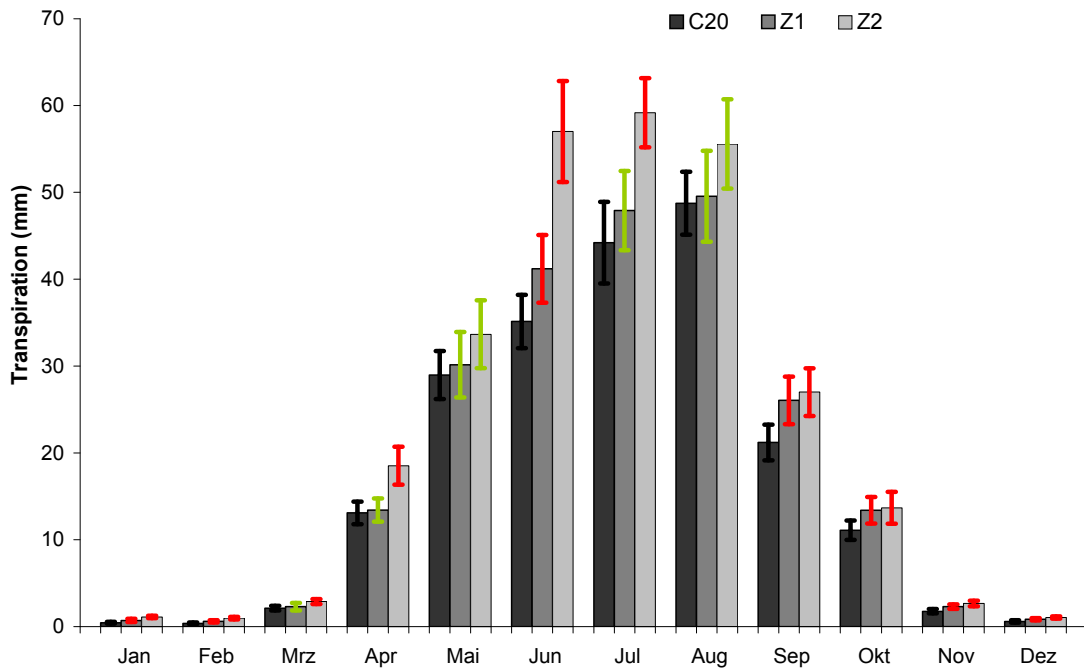


Abbildung 19: Zukünftige Veränderung der Transpiration, Monatsmittel (hier: Hermeskeil).
 Future change of transpiration, monthly mean (here: Hermeskeil).

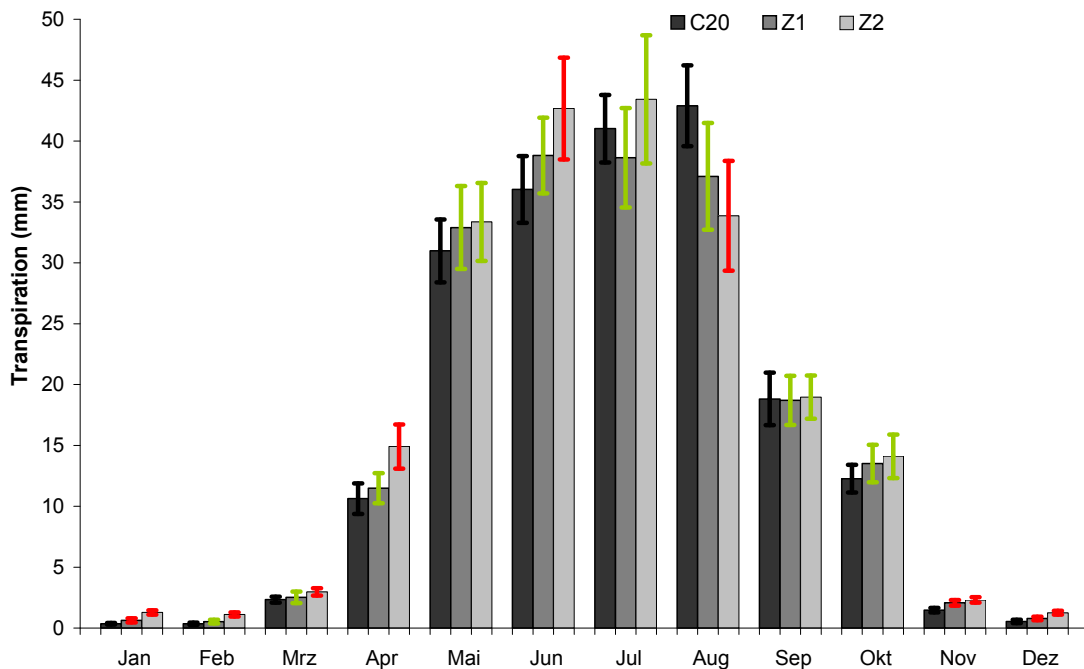


Abbildung 20: Zukünftige Veränderung der Transpiration, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of transpiration, monthly mean (here: Kirchheimbolanden).

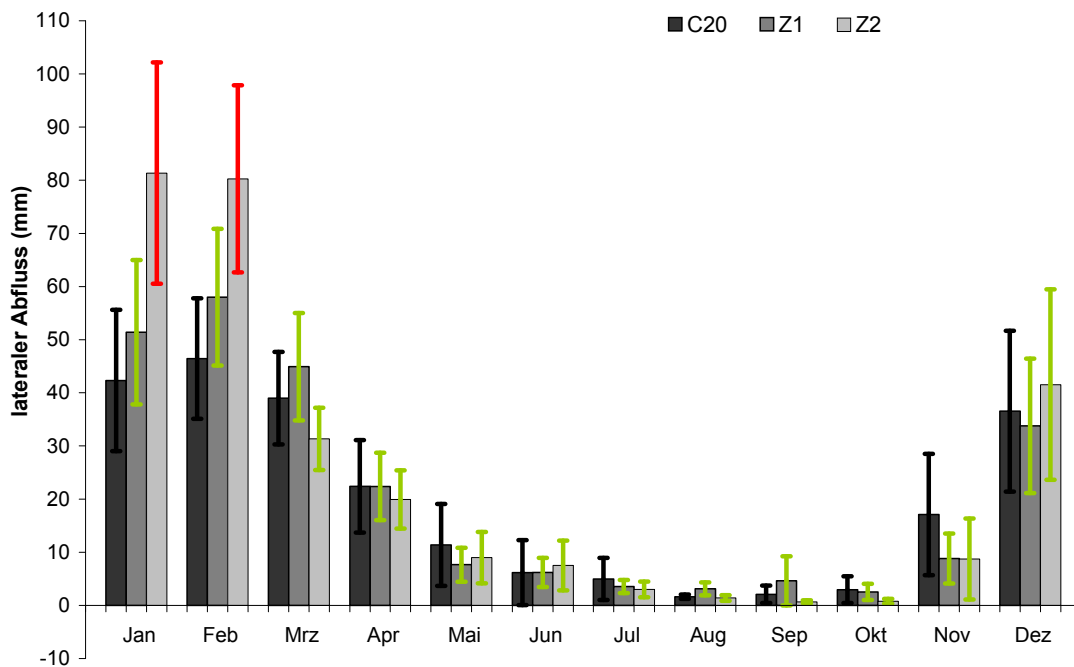


Abbildung 21: Zukünftige Veränderung des lateralen Abfluss, Monatsmittel (hier: Schaidt).
Future change of lateral drain, monthly means (here: Schaidt).

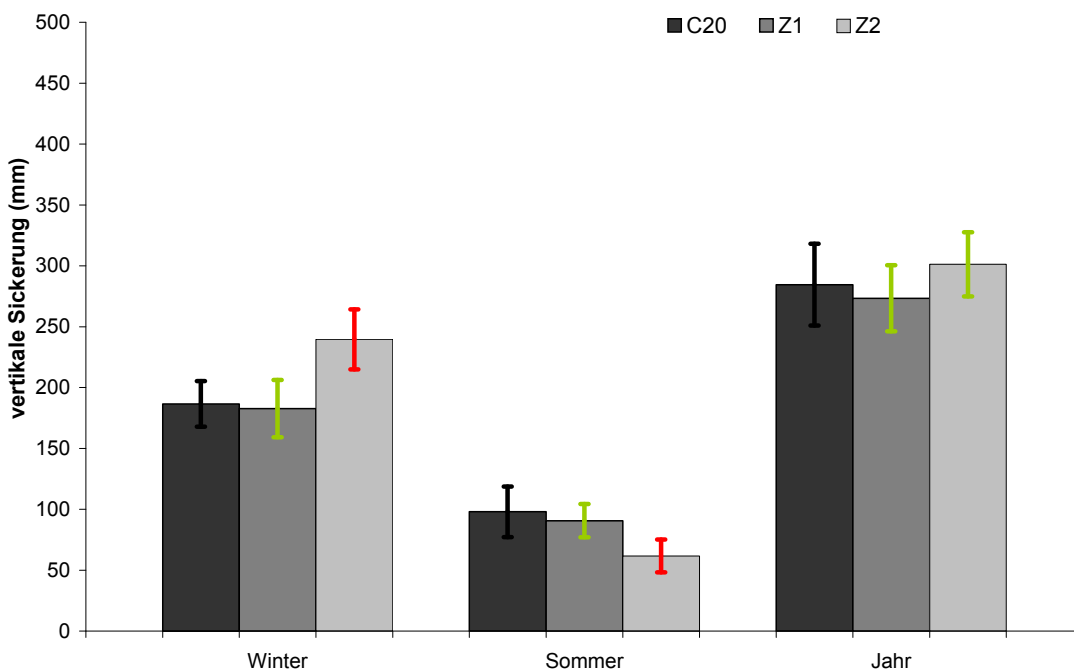


Abbildung 22: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung, Halbjahres- und Jahresmittel (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of vertical percolation, summer, winter and annual means (here: Kirchheimbolanden).

4.2.3 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat

Der pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat wird unter Annahme des verwendeten Klimaszenarios abnehmen. Die größten Änderungen wurden für die Sommer- und Herbstmonate simuliert. Für diese Monate ist die Szenarioplausibilität nur eingeschränkt gegeben (semiquantitative Bewertung), sodass der absolute Rückgang des Bodenwasservorrats unsicher ist. Zu berücksichtigen ist, dass ein Rückgang am Standort Neuhäusel-Bims (Abbildung 23) aufgrund der dort sehr hohen nutzbaren Feldkapazität deutlich geringere Folgen für die Vegetation mit sich bringen dürfte, als beispielsweise in Kirchheimbolanden (Abbildung 24).

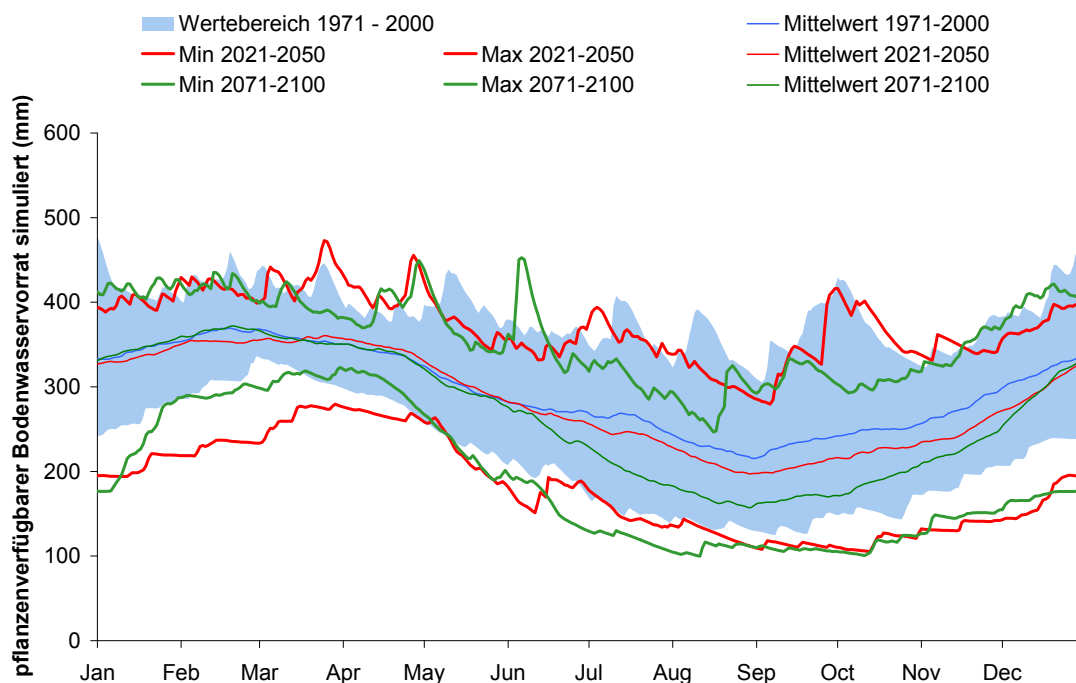


Abbildung 23: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Neuhäusel-Bims).
Future change of plant available soil water storage (here: Neuhäusel-Bims).

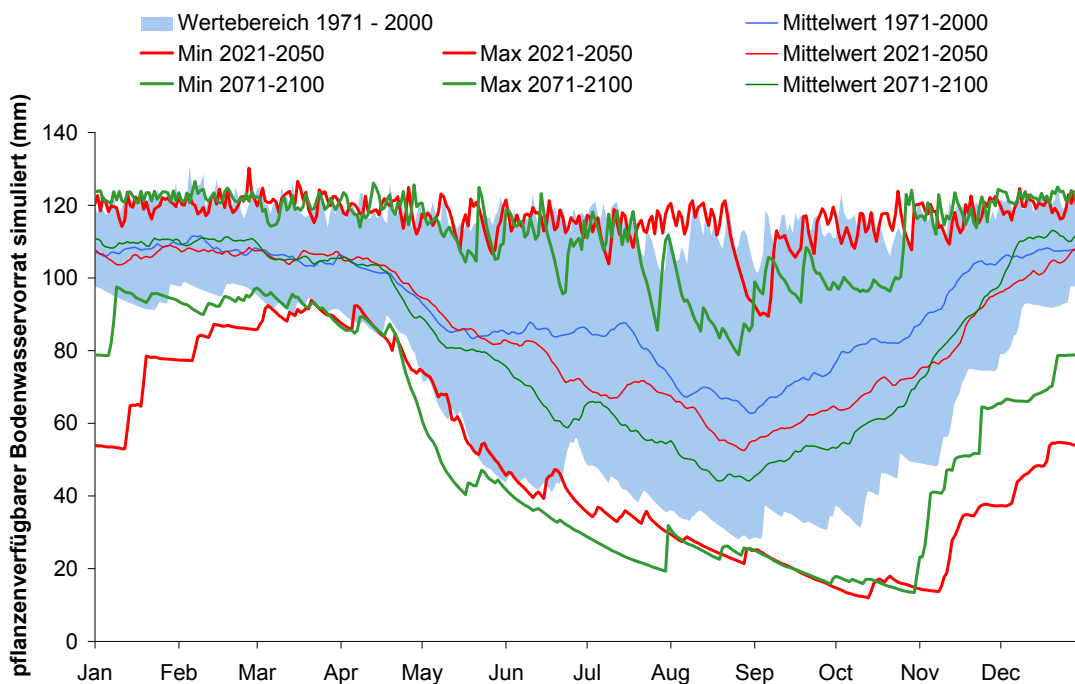


Abbildung 24: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).

4.2.4 Trockenstress und Sauerstoffmangel

Sowohl der Trockenstressindikator $Wp_{akt} < 40\%$ bzw. 60% der nFK als auch der Indikator T_{diff} (Plausibilität nur in KiBo gegeben) weisen auf eine deutliche Zunahme von Trockenstress bis zum Ende des 21. Jahrhunderts hin. In Kirchheimbolanden und Schaidt steigt die Anzahl der Tage mit $Wp_{akt} < 60\%$ der nFK von 46 auf 101 (+120%, Abbildung 25) bzw. von 48 auf 115 (+141%) an. In Hermeskeil, wo die Trockenstressgefährdung bislang relativ gering war (6 Tage mit $Wp_{akt} < 60\%$ der nFK in C20), ist bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einer deutlichen Zunahme zu rechnen (+449% auf 33 Tage). Die Marke von $Wp_{akt} < 40\%$ der nFK wird in Hermeskeil jedoch auch in Zukunft nahezu nie erreicht, wohingegen sie in Kirchheimbolanden und Schaidt in Zukunft deutlich häufiger unterschritten wird (+432% bzw. +203%; Abbildung 26). Die Grenze von $Wp_{akt} < 10\%$ der nFK wird nur am Standort Schaidt erreicht, wo an einzelnen Tagen sogar der permanente Welkepunkt unterschritten wird (Minimum der anderen Standorte: KiBo 12%, NeB 21% und Herm 36%). Die Transpirationdifferenz T_{diff} nimmt in Kirchheimbolanden von 0,44 mm/d auf 0,85 mm/d signifikant zu (+29%). Gleichzeitig ist eine Umverteilung zu beobachten: Die Anzahl der Tage mit $T_{diff} < 0,8$ nimmt ab, die mit $T_{diff} > 0,8$ nimmt zu (Abbildungen siehe Anlage 1).

Am häufigsten wird die Grenze von $W_p \text{ akt} < 60\%$ bzw. 40% der nFK in Neuhäusel-Bims unterschritten, was jedoch mit der sehr hohen nFK an diesem Standort zusammenhängt. Selbst bei 40% der nFK ist in Neuhäusel-Bims mit 187 mm noch mehr Wasser pflanzenverfügbar als in Hermeskeil (nFK = 157 mm), Schaidt (nFK = 83 mm , jedoch Anschluss ans Grundwasser) und Kirchheimbolanden (nFK = 103 mm) maximal im Boden gespeichert werden kann. Die von Anders et al. (2002) ermittelten Schwellenwerte für Trockenstress bei Kiefer auf Nordostdeutschen Sandstandorten lassen sich somit nicht auf Standorte mit einer sehr hohen nFK wie in Neuhäusel-Bims übertragen.

In den Winter- und Frühjahrsmonaten zeichnet sich keine große Veränderung der Sauerstoffverfügbarkeit ab. Während in Neuhäusel-Bims immer mindestens 30% der Poren luftgefüllt sind (Abbildung 27) tritt in Schaidt jedoch bereits unter dem aktuellen Klima in den Wintermonaten zeitweilig eine nahezu vollständige Sättigung des Bodens auf (Abbildung 28). Dies wird auch in Zukunft der Fall sein.

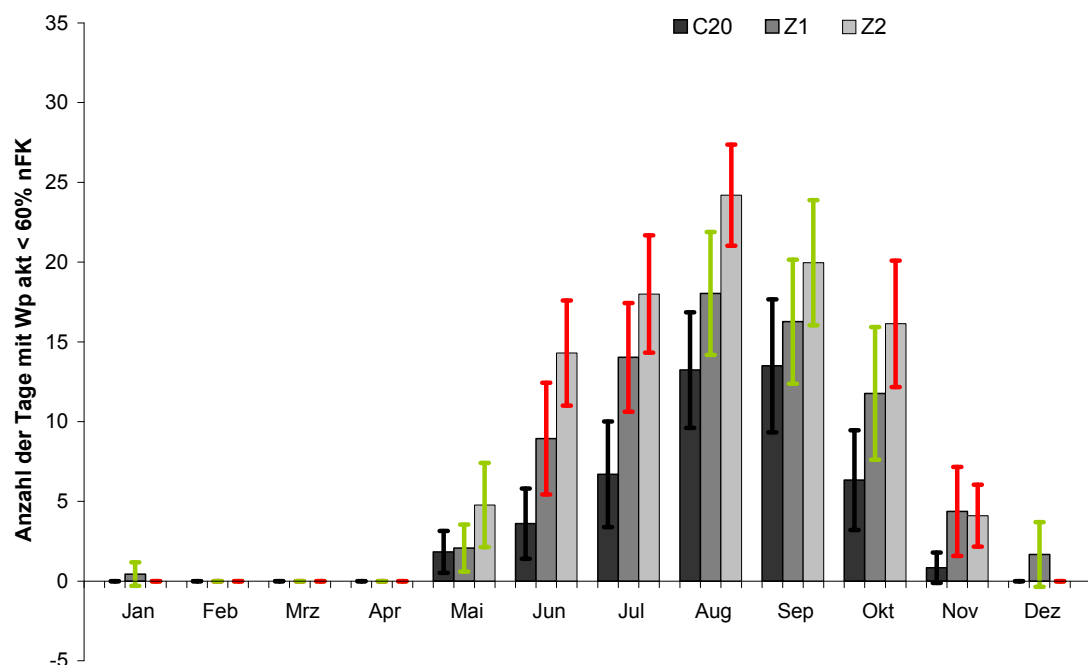


Abbildung 25: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\%$ nFK, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\%$ nFK, monthly means (here: Kirchheimbolanden).

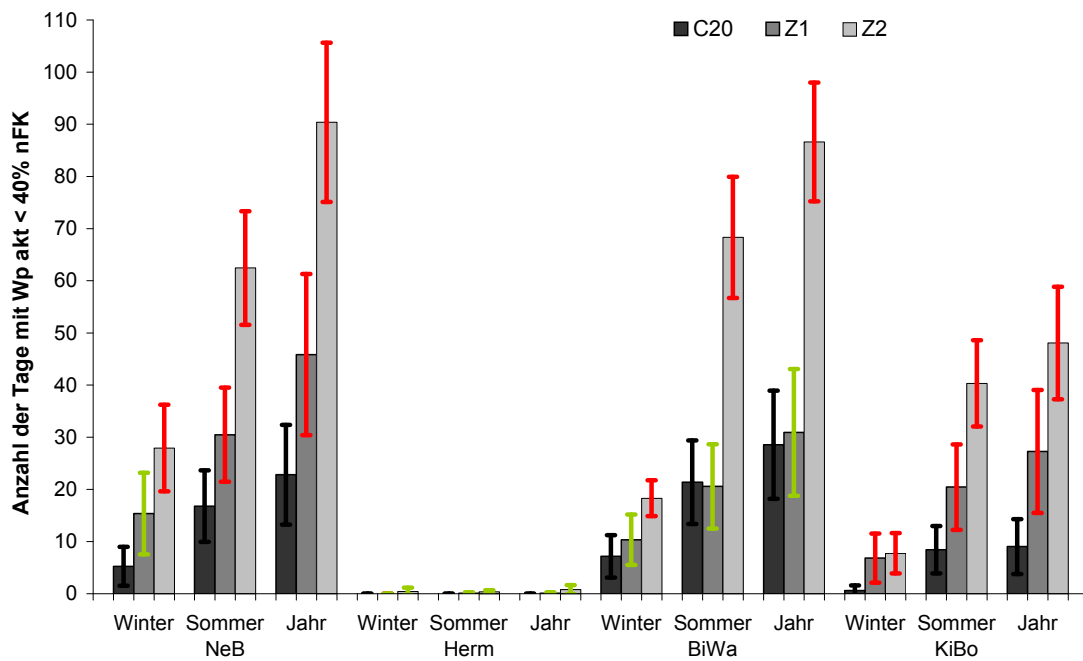


Abbildung 26: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 40% nFK, Monatsmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).
 Future change of soil water availability, number of days with W_p akt < 40% nFK, monthly means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).

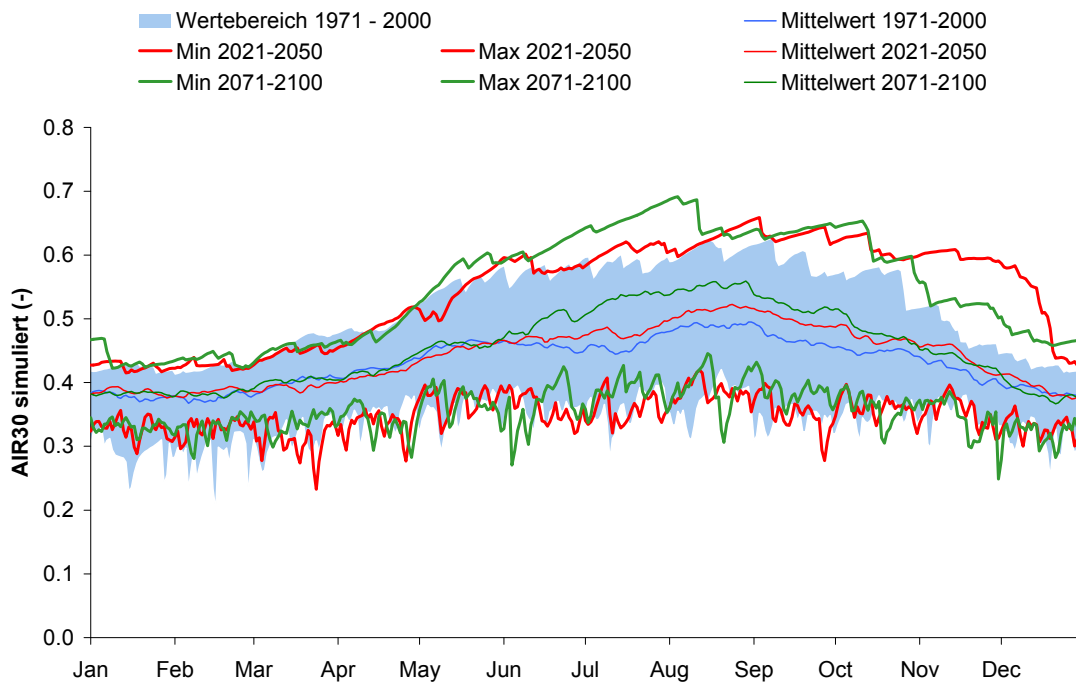


Abbildung 27: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Neuhäusel-Bims).

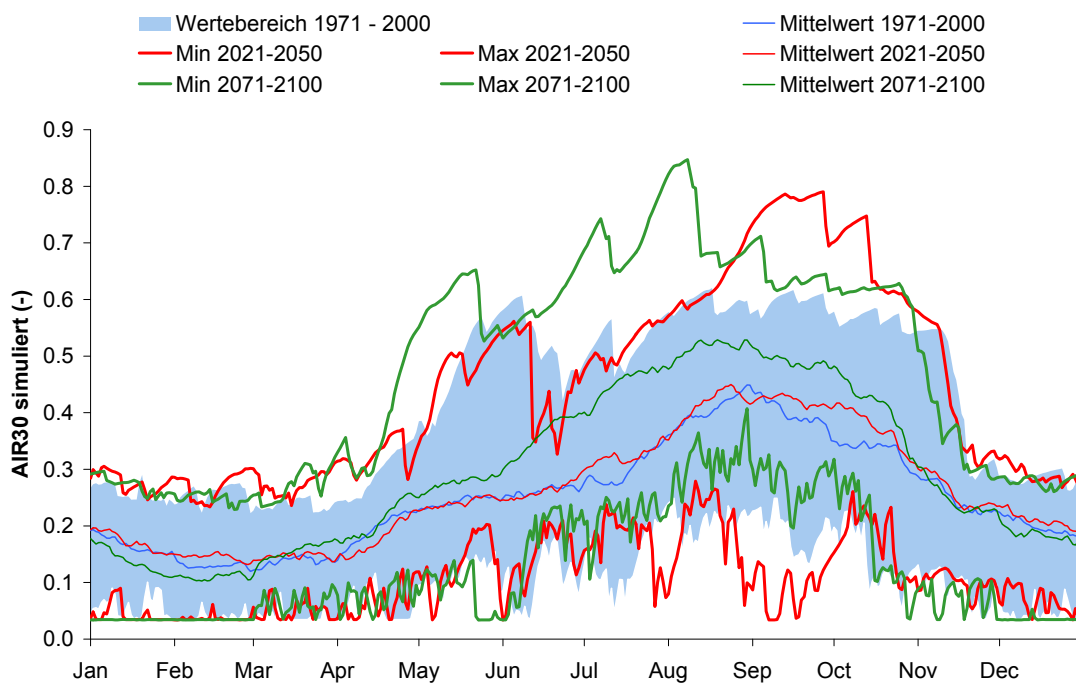


Abbildung 28: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt).
 Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).

5 Diskussion

Szenarioplausibilität

Bei der Überprüfung der Szenarioplausibilität wurden die Messwerte (*Mess*) der außergewöhnlich warmen Jahre 1992 - 2000 mit Szenario-Werten der Jahre 1971 - 2000 (Kontrolllauf, *C20*) verglichen. Die Szenarioplausibilität für die entscheidenden Klimagrößen Niederschlag und Lufttemperatur ist trotz dieser Einschränkung jedoch praktisch durchgehend gewährleistet (Ausnahme Temperatur in Neuhäusel-Bims). Dies deckt sich mit den WETTREG-Ergebnissen anderer Studien (z.B. SCHERZER et al. 2010, PÖHLER et al. 2010). Folglich kann davon ausgegangen werden, dass die Unsicherheit bezüglich der Bewertung des Kontrolllaufs nicht höher ist, als jene, wenn für *Mess* längere Zeitreihen von entfernt liegenden Klimastationen hinzugezogen worden wären.

Zukünftige Veränderung des Klimas

Mit einem Temperaturanstieg im Sommer um ca. 1,7 °C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts liegt das A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) / InterMet - Szenario innerhalb der Wertespanne, welche auch in anderen Studien ermittelt wurden (z.B. SCHERZER et al. 2010, PÖHLER et al. 2010). Die bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die vier Monitoring-Flächen der FAWF (Hermeskeil, Neuhäusel-Bims, Kirchheimbolanden und Schaidt) gefundene Umverteilung der Niederschläge vom Sommer in das Winterhalbjahr entspricht den Ergebnissen von SCHERZER et al. (2010) für die Einzugsgebiete der Wupper, Iller und Salza sowie den Ergebnissen von PÖHLER et al. (2010) für ein bewaldetes Kleineinzugsgebiet im Hochsauerland.

Grundlage der vorliegenden Studie waren ausschließlich A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) / InterMet - Klimadaten. Die Ergebnisse sind daher als exemplarische Betrachtung *einer* möglichen Ausprägung des Klimawandels zu interpretieren. Über die Spanne der Unsicherheit kann keinerlei Aussage getroffen werden.

Zukünftige Veränderung des Wasserhaushalts

Die Simulationsergebnisse der Modellkette A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) / InterMet / COUPMODEL weisen in Hermeskeil und Neuhäusel-Bims eine Zunahme der Transpiration im Sommerhalbjahr auf, während in Kirchheimbolanden keine nennenswerte Änderung auszumachen ist. Die Veränderung der Transpiration in Schaidt sowie der Interzeption und Evaporation aller Flächen sollte aufgrund der fehlenden Szenarioplausibilität dieser Bilanzkomponenten nicht interpretiert werden. Die projizierte Umverteilung der vertikalen Sickerwassermenge und des lateralen Abflusses

vom Sommer- in das Winterhalbjahr entspricht den Grundaussagen von PÖHLER et al. (2010) und SCHERZER et al. (2010).

Ausgehend von der simulierten Wasserverfügbarkeit ($Wp_{akt} < 40\%$ der nFK bzw. $< 60\%$ der nFK) ist auf den Monitoring-Flächen Kirchheimbolanden, Hermeskeil und Schaidt mit zunehmendem Trockenstress zu rechnen. Die Anzahl der Tage mit $Wp_{akt} < 60\%$ der nFK nehmen hier um das 1,2- bis 4,5-fache zu. Für Neuhäusel-Bims lässt sich anhand von Wp_{akt} keine Aussage hinsichtlich der Trockenstressgefährdung treffen, da die nutzbare Feldkapazität hier so hoch ist, dass bei der Betrachtung der *relativen* Bodenwasserverfügbarkeit ein zu früher Trockenstress suggeriert wird. Stattdessen müsste auf den Trockenstressindikator $Tdiff$ zurückgegriffen werden, für den die Szenarioplausibilität jedoch lediglich in Kirchheimbolanden (Zunahme von 44 mm/100Tage auf 85 mm/100Tage, +29%) gegeben ist. Ein Vergleich mit ähnlichen in der Literatur dokumentierten Untersuchungen zeigt eine allgemeine Übereinstimmung bezüglich der prognostizierten Zunahme von Trockenstress: Bei den von KÖLLING et al. (2010a) untersuchten 370 BZE-Punkten in Bayern gehen die Punkte mit mindestens „mäßig frischen“ Bedingungen (anhand von $Tdiff$ berechnet) von 70% unter dem aktuellen Klima (2000) auf nur noch 40% am Ende des 21. Jahrhundert (B1-Zenario, WETTREG) zurück. Auch die von PÖHLER et al. (2010) für ein bewaldeten Einzugsgebiet bei Glindfeld (A1B, ECHAM5, WETTREG) sowie von BECK et al. (2009) für das Pilotprojekt Waldsassen (BaySF) ermittelten $Tdiff$ weisen auf eine Zunahme an Trockenstress hin. Bei den von MEESENBERG et al. (2010, Folie 13) anhand des Trockenstress-Index Wasserverfügbarkeit $< 40\%$ der nFK durchgeführten Untersuchungen an mehreren Baumarten und unter den Emissionsszenarien B1 und A1B (jeweils feuchte und trockene Realisation) wird zudem deutlich, dass das Ausmaß der zu erwartenden Trockenstresszunahme von vielen Faktoren anhängt. Nur wenn Grenzwerte, ab denen das Wachstum der Bäume eingeschränkt ist bzw. zum Erliegen kommt, vorliegen, können die mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen erlangten Erkenntnisse in konkrete Empfehlungen für die Forstwirtschaft umgesetzt werden. FALK et al. (2008) empfehlen den Anbau von Fichten ab $Tdiff$ -Werten von 30 mm/100Tage nur noch als „Zeitmischung in geringen Anteilen“, ab 50 mm/100Tage sei der Anbau von Fichten nicht mehr möglich. Die Ermittlung weiterer Grenzwerte ist eine der entscheidenden Aufgaben der Zukunft.

Klimawandeluntersuchungen zur Sauerstoffverfügbarkeit im Wurzelraum stellen weitgehend noch ein fachliches Neuland dar. Hier liefern unsere Ergebnisse erste Hinweise, dass die Situation unter zukünftigen Klimabedingungen in den Wintermonaten annähernd unverändert bleiben könnte.

6 Zusammenfassung

Für die langfristige Bewirtschaftungsplanung der Forstwirtschaft ist die Berücksichtigung möglicher Folgen des bereits eingetretenen und weiter zu erwartenden Klimawandels auf den Wasser- und Stoffhaushalt, auf das Störungsregime und auf das Wachstum der Wälder unabdinglich. Hierzu wurde der Wasserhaushalt der vier Monitoring-Flächen Hermeskeil, Neuhäusel-Bims, Kirchheimbolanden und Schaidt der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Rheinland-Pfalz (FAWF) mit dem Modell COUPMODEL simuliert und mögliche Veränderungen gegenüber dem heutigen Zustand evaluiert. Als Grundlage diente das A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) / InterMet - Klimaszenario für den Zeitraum 1971 - 2100.

In einem ersten Schritt wurden die für die Untersuchungsstandorte bereits vorliegenden kalibrierten und validierten Wasserhaushaltsmodelle für die Simulation der Klimaszenarien angepasst. Anschließend wurde die Plausibilität der Klimaszenarien für den Kontrollzeitraum 1971 - 2000 überprüft. Aufbauend darauf erfolgte die Berechnung und Bewertung der im 21. Jahrhundert bei den getroffenen Annahmen zu erwartenden Veränderung des Wasserhaushalts.

Die Szenarioplausibilität des Niederschlags ist für alle vier Standorte gegeben, die der Lufttemperatur in Kirchheimbolanden, Hermeskeil und Schaidt. Die relative Luftfeuchte und die Globalstrahlung (Sommerhalbjahr) werden signifikant unterschätzt. Die Windgeschwindigkeit wird nur in Schaidt gut wiedergegeben. Bei den Wasserhaushaltsgrößen ist die Szenarioplausibilität für die Transpiration und die Abflusskomponenten im Sommerhalbjahr gegeben, für die Interzeption und die Evaporation hingegen nicht. Einer Überprüfung der Trockenstressgefährdung stand aufgrund der uneingeschränkten Szenarioplausibilität nichts entgegen, wohingegen der Sauerstoffmangel nur mit Einschränkungen interpretiert werden darf.

Die Temperaturzunahme bis zum Ende des 21. Jahrhunderts fällt im Winterhalbjahr mit ca. 2,7 °C stärker aus als im Sommerhalbjahr (ca. 1,7 °C). Beim Niederschlag tritt eine Umverteilung vom Sommer- (+54 mm bis +205 mm) in das Winterhalbjahr (-67 mm bis -87 mm) auf. Die Transpiration nimmt laut den Simulationsergebnissen in Hermeskeil und Neuhäusel-Bims im Sommerhalbjahr zu. Die vertikale Sickerung und der laterale Abfluss sind, analog zum Niederschlag, durch eine innerjährliche Umverteilung geprägt. An allen vier Monitoring-Flächen ist den Ergebnissen zufolge zukünftig mit einer zunehmenden Häufigkeit von Trockenstress zu rechnen.

Bei dieser Untersuchung wurden lediglich A1B / ECHAM5 / WETTREG (normale Realisation) / InterMet - Klimaszenariodaten verwendet. Es kann somit keine Aussage über die sogenannte „Spanne der Unsicherheit“ des Klimawandels und des zukünftigen Wasserhaushalts getroffen werden. Die Ergebnisse sind daher als exemplarische Betrachtung *einer* möglichen Ausprägung des Klimawandels zu interpretieren.

7 Summary

For a sustainable forest management it is essential to consider possible effects of climate change on the water balance, nutrient availability, disturbance regime and economic demands. Therefore, the actual and future water balance of the monitoring plots Hermeskeil, Neuhäusel-Bims, Kirchheimbolanden and Schaidt (operated by the Research Institute for Forest Ecology and Forestry in Rhineland-Palatinate FAWF) was modelled with the process-based model COUPMODEL. The future conditions were hereby simulated using the A1B / ECHAM5 / WETTREG (normal realisation) / InterMet – climate scenario for the years 1971 - 2100.

First of all, the already calibrated and validated models had to be adjusted concerning the use of the climate scenario. Afterwards the plausibility of the climate scenario was analysed by comparing climate and water balance of the scenario control period (1971 - 2000) with those of the measurement period (1992 - 2000). Finally, the expected change of water balance was modelled for the 21st century.

Scenario precipitation is plausible at all sites, the air temperature is plausible only in Kirchheimbolanden, Hermeskeil and Schaidt. Relative humidity and global radiation are significantly too low, scenario wind speed matches measurement only in Schaidt. Regarding the water balance components the scenario is plausible for summer transpiration and runoff components, but not for interception and evaporation. While future drought stress is reliable, availability of oxygen has to be interpreted carefully due to restrictions of scenario plausibility.

The increase of temperature will be stronger in winter (2,7°C) than in summer (1,7 °C). Precipitation will shift from summer (+54 mm to +205 mm) to winter (-67 mm to -87 mm). Simulation results of Hermeskeil and Neuhäusel-Bims show an increase in summer transpiration. Lateral drainage and deep percolation will be lower in summer and higher in winter. All four sites show increases in future drought stress.

For this study only one climate scenario (A1B / ECHAM5 / WETTREG (normal realisation) / InterMet) was taken into account. Therefore it is impossible to evaluate the “range of uncertainty” of futures climate and water balance. The results of this study therefore exemplarily show *one* possible impact of climate change.

8 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

BiWa	forstliche Monitoring-Fläche Schaidt
C20	Kontrolllauf (1971 - 2000) des Klimaszenarios
COUPMODEL	Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems.
<i>EmpGFLevBase</i>	Grundwasserspiegel, bei dem lateraler Abfluss, welcher mit COUPMODEL (<i>EmpiricalDrainEq</i>) simuliert wird, auf Null zurück geht. (m)
<i>EmpGFLevPeak</i>	Grundwasserspiegel, bei dem der höchste laterale Abfluss mit COUPMODEL (<i>EmpiricalDrainEq</i>) simuliert wird. (m)
<i>EmpGFLowBase</i>	Minimale Abflussmenge der COUPMODEL-Gleichung zur Berechnung des lateralen Abfluss (<i>EmpiricalDrainEq</i>). (mm/d)
<i>EmpGFLowPeak</i>	Maximale Abflussmenge der COUPMODEL-Gleichung zur Berechnung des lateralen Abfluss (<i>EmpiricalDrainEq</i>). (mm/d)
<i>EmpiricalDrainEq</i>	Gleichung zur Simulation des lateralen Abfluss in COUPMODEL
<i>ETR</i>	Evapotranspiration
<i>FrostInteract</i>	Ist diese Option in COUPMODEL gesetzt wird die Bodensaugspannung nur anhand des flüssigen Wassers berechnet. Ist die Option deaktiviert erfolgt die Berechnung auf Grundlage des Wasseräquivalents aus flüssigem und gefrorenem Bodenwasser.
FAWF	Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Rheinland-Pfalz
Herm	forstliche Monitoring-Fläche Hermeskeil
KiBo	forstliche Monitoring-Fläche Kirchheimbolanden
<i>LAI</i>	Leaf Area Index, Blattflächenindex [-]
<i>Mess</i>	Messzeitraum (hier: 1992 - 2000)
NeB	forstliche Monitoring-Fläche Neuhäusel-Bims
nFK	nutzbare Feldkapazität
<i>PrecA0Corr</i>	Niederschlagskorrekturfaktor in COUPMODEL [-]
<i>Tdiff</i>	Transpirationsdifferenz [mm/d] oder [mm/100Tage]

<i>WaterCapacPerLAI</i>	spezifische Interzeptionsspeicherkapazität in COUPMODEL (mm/LAI)
WHH	Wasserhaushalt
<i>Wp akt</i>	Bodenwasserverfügbarkeit im Wurzelraum
Z1	„nahen Zukunft“ (2021 - 2050)
Z2	„fernen Zukunft“ (2071 - 2100)

9 Literaturverzeichnis

- AHRENDT, B., PENNE, C., PANFEROV, O. (2010): Impact of Target Diameter Harvesting on Spatial and Temporal Pattern of Drought Risk in Forest Ecosystems Under Climate Change Conditions. *The Open Geography Journal* 3, S. 91-102.
- ALCAMO, J., MORENO, J. M., NOVÁKY, B., BINDI, M., COROBOV, R., DEVOY, R. J. N., GIANAKOPOULOS, C., MARTIN, E., OLESEN, J. E., SHVIDENKO, A. (2007): Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Linden, P. J. van der, Hanson, C. E. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- ANDERS, S., BECK, W., BOLTE A., HOFMANN, G., JENSSEN, M., KRAKAU, U., MÜLLER, J. (2002): *Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands.*, Verlag Dr. Kessel, Oberwinter 283 S.
- BECK, J., DIETZ, E., FALK, W., KÖLLING, C. (2009): Ein neuartiges, forstliches, digitales Standortinformationssystem - anpassungsfähig an Ansprüche des Nutzers und geänderte Umweltbedingungen. *Berichte der DBG*.
- BRÉDA, N., HUC, R., GRANIER, A., DREYER, E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63, S. 625–644.
- CZAJKOWSKI, T., AHRENDT, B., BOLTE, A (2009): Critical limits of soil water availability (CL-SWA) for forest trees – an approach based on plant water status. *Landbau-forschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 59, S. 87-94.
- DEHNER, U., JUNG, M., WIESNER, T., STEINRÜCKEN, U. (2011): Statusbeprobung von Bodendauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz. *Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz/Hrsg.*, Selbstverlag, 29 S. und Anhang
- DEMUTH, N. (2003): InterMet - Programmpaket für die Interpolation hydrometeorologischer Parameter. In: *Jahresbericht 2001/2002 des Landesamtes für Wasserwirtschaft RLP*.
- DWD 2011: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten__kostenfrei%2Fdaten__gebietsmittel__node.html%3F__nnn%3Dtrue, Stand 29.03.2011.

- FALK, W., DIETZ, E., GRÜNERT, S., SCHULTZE, B., KÖLLING, C. (2008): Wo hat die Fichte genügend Wasser? Neue überregional gültige Karten des Wasserhaushalts von Fichtenbeständen verbessern die Anbauentscheidung. LWF aktuell 66, 21-25.
- FALK, W., OSENSTETTER, S. (2010): Konzept für ein quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Lufthaushalts von Waldböden. Posterbeitrag, gem. Koll. des DBG-Arbeitskreises Waldböden, der Sektion Wald und Wasser im Verband Forstlicher Versuchs- und Forschungsanstalten und des vTi Eberswalde in Freiburg am 18. - 19. Mai 2010.
- HAMMEL, K., KENNEL, M. (2001): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte München, 185, 135 S.
- IPCC (2007): Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.): Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- JANSSON, P.-E. (1996): Simulation Model for Soil Water and Heat Conditions - Description of the SOIL Model. Draft March 1996; 1 - 80 .
- Jansson, P.-E., Halldin, S. (1979): Model for the annual water and energy flow in a layered soil; in: Halldin, S. (Hrsg.): Comparison of forest and energy exchange models. Society for Ecological Modelling, Copenhagen, 145 - 163.
- Jansson, P.-E., Karlberg, L. (2010): Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. <ftp://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf> (Abruf am 3.12.2010)
- KARL, S., BLOCK, J., SCHÜLER, G., SCHULTZE, B., SCHERZER, J. (2012): Wasserhaushaltsuntersuchungen im Rahmen des forstlichen Umweltmonitoring und bei waldbaulichen Versuchen in Rheinland-Pfalz, Mitteilungen der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Nr. 71.
- KELLOMÄKI, S., KARJALAINEN, T., MOHREN, F., LAPVETELÄINEN, T. (Eds.) (2000): Expert assessment of the likely impacts of climate change on forest and forestry in Europe. EFI Proceedings No. 34.
- KÖLLING, C., BACHMANN, M., FALK, W., GRÜNERT, S., SCHALLER, R., TRETTER, S., WILHELM, G. (2009a): Der klimagerechte Waldumbau bekommt vorläufige Planungsunterlagen. Klima-Risikokarten für heute und morgen. AFZ-DerWald 15, S. 806-810.
- KÖLLING, C., BEINHOFER, B., HAHN, A., KNOKE, T. (2010a): „Wer streut, rutscht nicht“ Wie soll die Forstwirtschaft auf neue Risiken im Klimawandel reagieren? AFZ-DerWald 5, S. 18-22.

- KÖLLING, C., DIETZ, E., FALK, W., MELLERT, K.-H. (2009b): Provisorische Klima-Risikokarten als Planungshilfe für den klimagerechten Waldumbau in Bayern. *Forst und Holz* 64, Heft 7/8, 40-47.
- KÖLLING, C., FALK, W. (2010b): Heute reichlich, morgen knapp: Wasser im Wald. – Wasser ist der wichtigste Standortfaktor für das Gedeihen des Waldes. *LWF aktuell* 78, 15-17.
- KRAHE, P., NILSON, E., CARAMBIA, M., MAURER, T., TOMASSINI, L., BÜLOW, K., JACOB, D., MOSER, H. (2009): Wirkungsabschätzung von Unsicherheiten der Klimamodellierung in Abflussprojektionen – Auswertung eines Multimodell-Ensembles im Rheingebiet. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 53, S. 316-331.
- LINDEN, VAN DER P., MITCHELL, J. F. B. (EDS.) (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.
- LÜPKE, B. (2004): Risikominimierung durch Mischwälder und naturnaher Waldumbau: ein Spannungsfeld. *Forstarchiv* 75, S. 43-50.
- MEESENBURG, H., SCHULTZE, B., SCHERZER, J., FIEBIGER, C., JUNGHANS, U., HENTSCHEL, S., SUTMÖLLER, J. (2010): Impacts of climate change and forest development on drought stress at forest ecosystems in Saxony-Anhalt, Germany. Präsentation, Adaptation of perennial plants to episodic drought: impact on ecosystems, Göttingen.
- PÖHLER, H., SCHULTZE, B., SCHERZER, J. (2010): Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt eines bewaldeten Kleineinzugsgebietes im Hochsauerland, Freiburger Forstliche Forschung, in Druck.
- ROBLEDO, C., FORNER, C. (2005): Adaptation of forest ecosystems and the forest sector to climate change. Forest and climate change working paper 2. Food And Agriculture Organization Of The United nations Swiss Agency For Development And Cooperation.
- SCHERZER, J., GRIGORYAN, G., SCHULTZE, B., STADELBACHER, V., NIEDERBERGER, J., PÖHLER, H., DISSE, M., JACOBY, C., HEINISCH, T. (2010): WASKlim – Entwicklung eines übertragbaren Konzeptes zur Bestimmung der Anpassungsfähigkeit sensibler Sektoren an den Klimawandel am Beispiel der Wasserwirtschaft. UBA-Texte Nr. 47/2010, 238 S.
- SCHULTZE B., C. KÖLLING, C. DITTMAR, T. RÖTZER, W. ELLING (2005): Konzept für ein neues quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Wasserhaushalts von Waldböden in Bayern: Modellierung - Regression - Regionalisierung; *Forstarchiv* 76, S. 155-163.

- SCHULTZE, B., SCHERZER, J. (2011): ForeStClim - Modellierung des Wasserhaushalts von 202 Waldstandorten bei Klimawandel; Abschlussbericht an die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, ca. 80 Seiten. In Vorbereitung.
- SEPPÄLÄ, R., BUCK, A., KATILA, P (Eds.) (2009): Adaptation of Forests and People to Climate Change. A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 22. Helsinki.
- SPEKAT, A., ENKE, W., KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklungen von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2; Endbericht, Umwelt Bundesamt.
- WAGNER, A., GERLINGER, K. (2009): Anwendung des Programms InterMet zur Interpolation von WETTREG-Daten in Monats- und Tageszeitschritten im Rahmen des KlimLandRP-Projekts. Auftraggeber: Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz.

10 **Abbildungsverzeichnis**

	Seite
Abbildung 1: Modellkette Klimawandel - Wasserhaushalt, Spanne der Unsicherheit. Model chain climate change - water balance, range of uncertainty.....	6
Abbildung 2: Simulation des lateralen Abfluss in COUPMODEL (Quelle: Jansson und Karlberg 2010, S. 87).....	9
Abbildung 3: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, air temperature, monthly means (here: Kirchheimbolanden).	13
Abbildung 4: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur. Halbjahres- und Jahresmittel (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, air temperature. summer, winter and annual means (here: Neuhäusel-Bims).....	13
Abbildung 5: Szenarioplausibilität des Niederschlags, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, precipitation, monthly means (here Kirchheimbolanden).	14
Abbildung 6: Szenarioplausibilität des Niederschlags, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Plausibility check of climate scenario, precipitation, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).	14
Abbildung 7: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Plausibility check of climate scenario, wind speed, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).	15
Abbildung 8: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).	16
Abbildung 9. Szenarioplausibilität der Transpiration, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, transpiration, monthly means (here: Kirchheimbolanden).....	16

Abbildung 10: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung und des lateralen Abfluss, Halbjahres- und Jahresmittel (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, vertical percolation and lateral drain, summer, winter and annual means (here: Hermeskeil).	17
Abbildung 11: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).	18
Abbildung 12: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$, monthly means (here: Kirchheimbolanden).....	19
Abbildung 13: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).	20
Abbildung 14: Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Future change of temperature, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).....	21
Abbildung 15: Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Kirchheimbolanden). Future change of daily air temperature (here: Kirchheimbolanden).....	22
Abbildung 16: Zukünftige Veränderung des Niederschlags, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Future change of precipitation, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).....	22
Abbildung 17: Zukünftige Veränderung des Niederschlags, Monatsmittel (hier: Hermeskeil). Future change of precipitation, monthly means (here: Hermeskeil).....	23
Abbildung 18: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte, Halbjahres- und Jahresmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Future change of relative humidity, summer, winter and annual means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).....	23

Abbildung 19: Zukünftige Veränderung der Transpiration, Monatsmittel (hier: Hermeskeil). Future change of transpiration, monthly mean (here: Hermeskeil).....	25
Abbildung 20: Zukünftige Veränderung der Transpiration, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Future change of transpiration, monthly mean (here: Kirchheimbolanden).....	25
Abbildung 21: Zukünftige Veränderung des lateralen Abfluss, Monatsmittel (hier: Schaidt). Future change of lateral drain, monthly means (here: Schaidt).....	26
Abbildung 22: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung, Halbjahres- und Jahresmittel (hier: Kirchheimbolanden). Future change of vertical percolation, summer, winter and annual means (here: Kirchheimbolanden).....	26
Abbildung 23: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of, plant available soil water storage (here: Neuhäusel-Bims).....	27
Abbildung 24: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden). Future change of plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).....	28
Abbildung 25: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$, Monatsmittel (hier: Kirchheimbolanden). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$, monthly means (here: Kirchheimbolanden).....	29
Abbildung 26: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$, Monatsmittel (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$, monthly means (Neuhäusel-Bims (NeB), Hermeskeil (Herm), Schaidt (BiWa) und Kirchheimbolanden (KiBo)).....	30
Abbildung 27: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Neuhäusel-Bims).....	31
Abbildung 28: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt). Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).....	31





ANLAGE 1

ABBILDUNGEN

„PLAUSIBILITÄTSPRÜFUNG DER KLIMASZENARIEN“
UND
„ZUKÜNFTIGE VERÄNDERUNGEN VON KLIMA UND
WASSERHAUSHALT“



Inhaltsverzeichnis Anlage 1

	Seite
1 Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien	4
1.1 Klimadaten	6
1.1.1 Temperatur.....	6
1.1.2 Niederschlag.....	10
1.1.3 Relative Luftfeuchte.....	14
1.1.4 Windgeschwindigkeit.....	18
1.1.5 Globalstrahlung.....	22
1.2 Wasserhaushalt	26
1.2.1 Evapotranspiration.....	26
1.2.2 Interzeption.....	30
1.2.3 Transpiration.....	34
1.2.4 Evaporation.....	38
1.2.5 Vertikale Sickerung.....	42
1.2.6 Lateraler Abfluss.....	46
1.2.7 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat.....	48
1.3 Trockenstress und Sauerstoffmangel	52
1.3.1 Transpirationsdifferenz T_{diff}	52
1.3.2 Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum $W_p \text{ akt}$	55
1.3.3 AIR30.....	63
2 Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt	67
2.1 Klimadaten	70
2.1.1 Temperatur.....	70
2.1.2 Niederschlag.....	76
2.1.3 Relative Luftfeuchte.....	82
2.1.4 Windgeschwindigkeit.....	86
2.1.5 Globalstrahlung.....	90
2.2 Wasserhaushalt	94
2.2.1 Evapotranspiration.....	94
2.2.2 Interzeption.....	98
2.2.3 Transpiration.....	102
2.2.4 Evaporation.....	106
2.2.5 Vertikale Sickerung.....	110
2.2.6 Lateraler Abfluss.....	114
2.2.7 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat.....	116
2.3 Trockenstress und Sauerstoffmangel	119
2.3.1 Transpirationsdifferenz T_{diff}	119
2.3.2 Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum $W_p \text{ akt}$	123
2.3.3 AIR30.....	131
3 Abbildungsverzeichnis Anlage 1	134

1 Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien

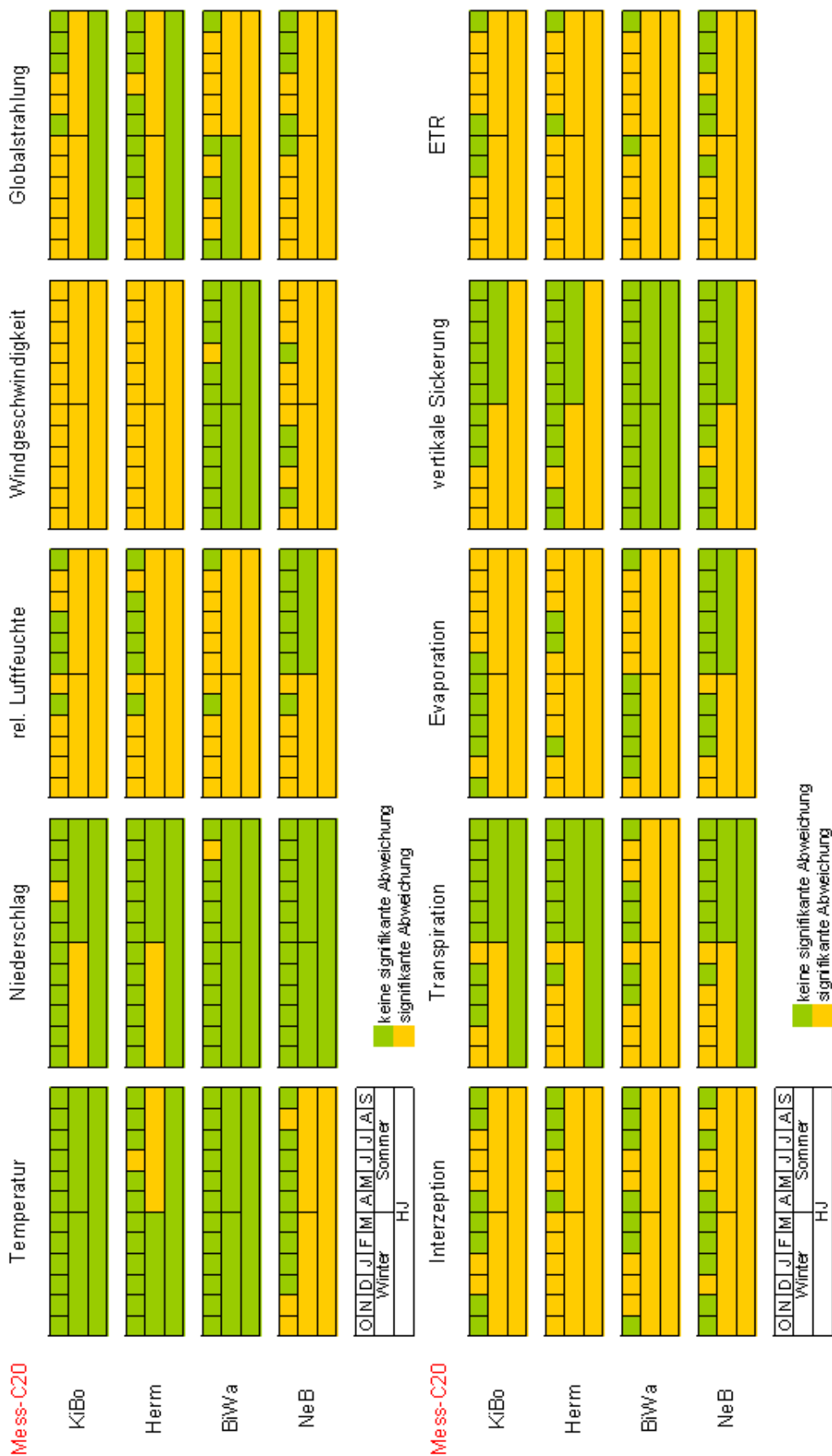


Abbildung 1: Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims. Plausibility check of the climate scenarios; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.

1.1 Klimadaten

1.1.1 Temperatur

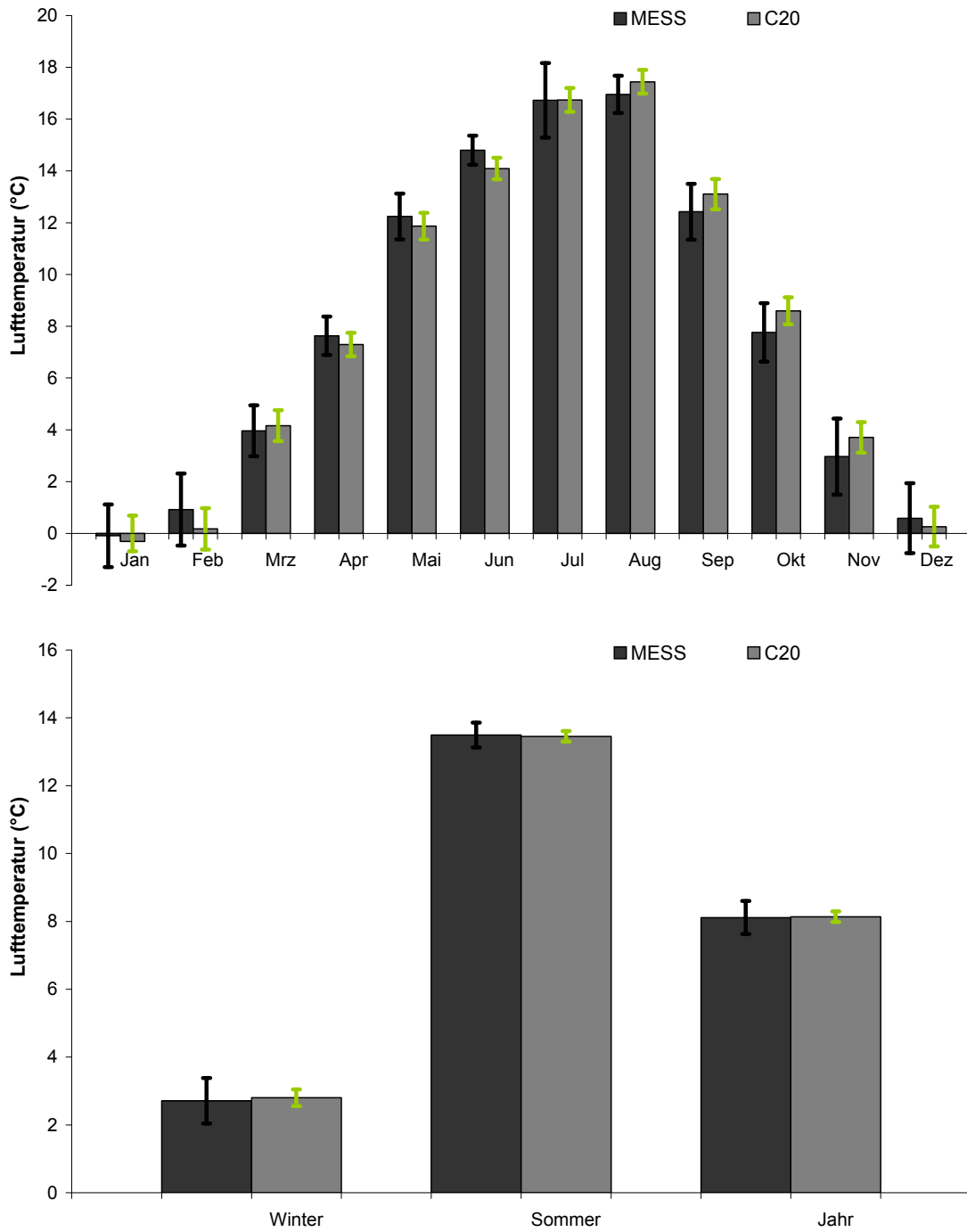


Abbildung 2: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Kirchheimbolanden).

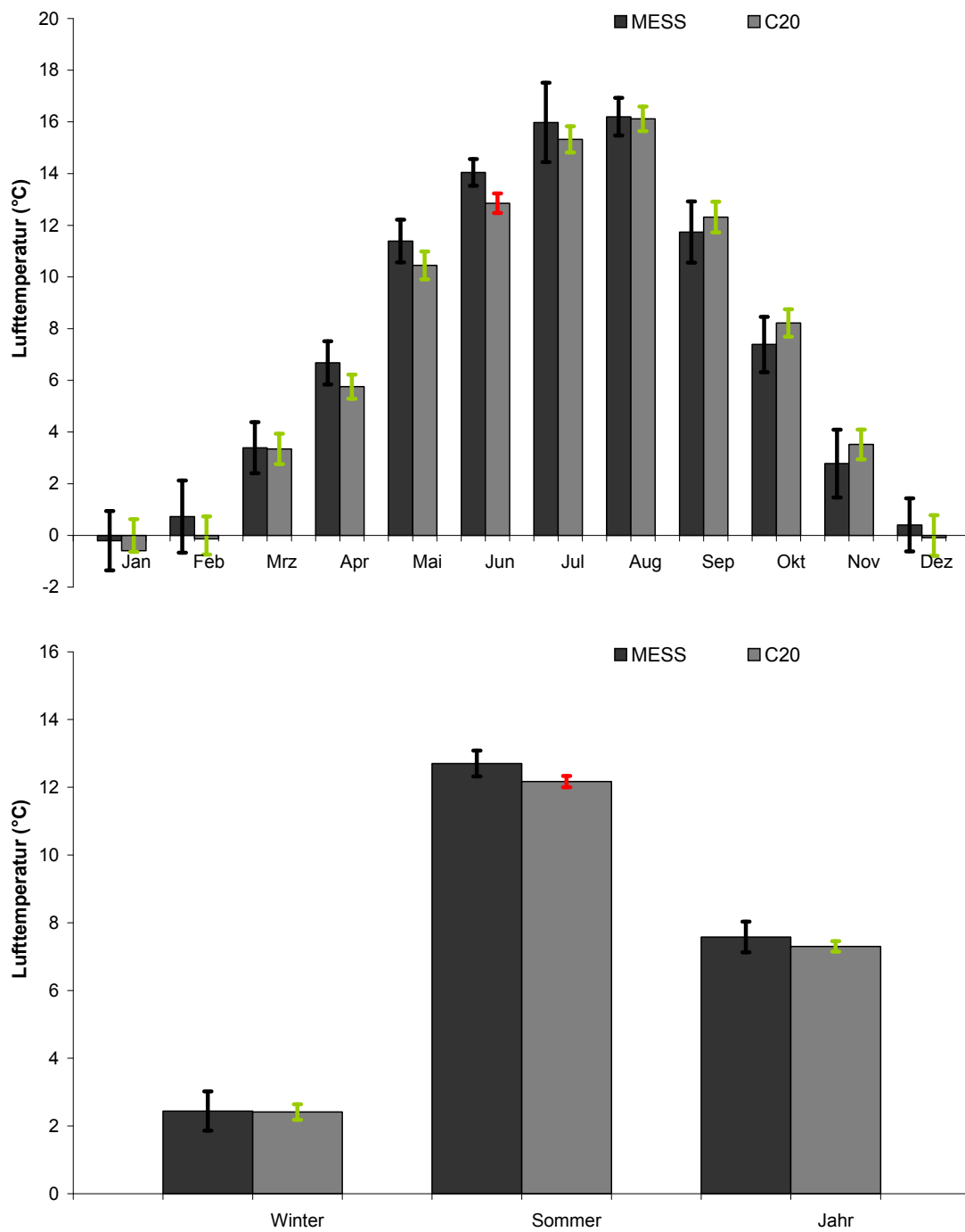


Abbildung 3: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Hermeskeil).
Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Hermeskeil).

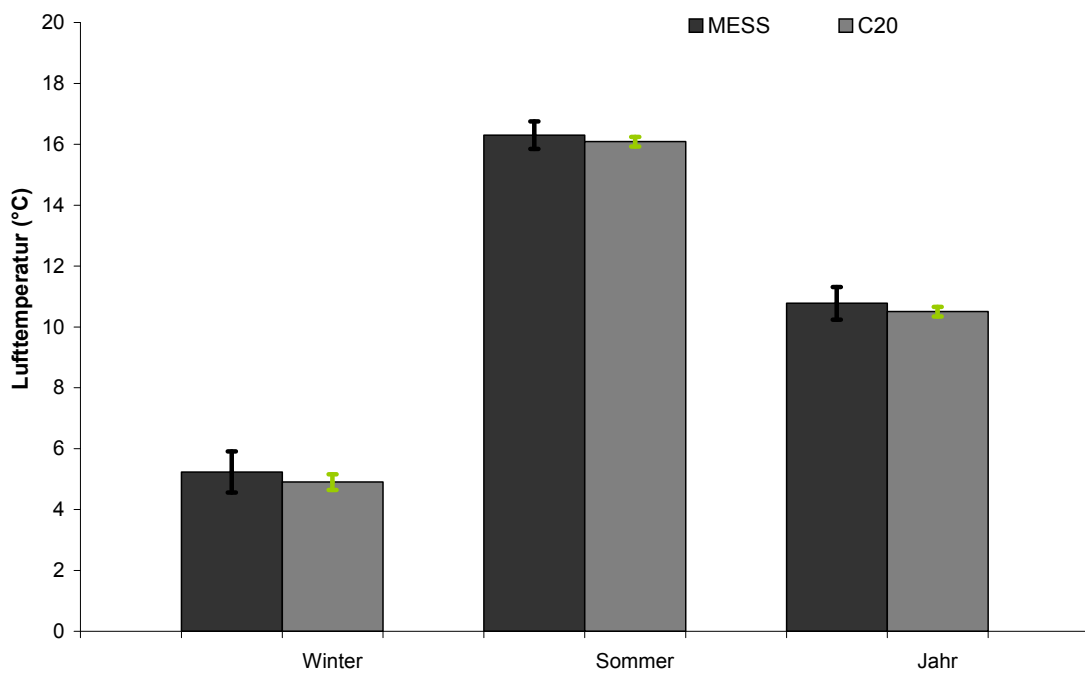
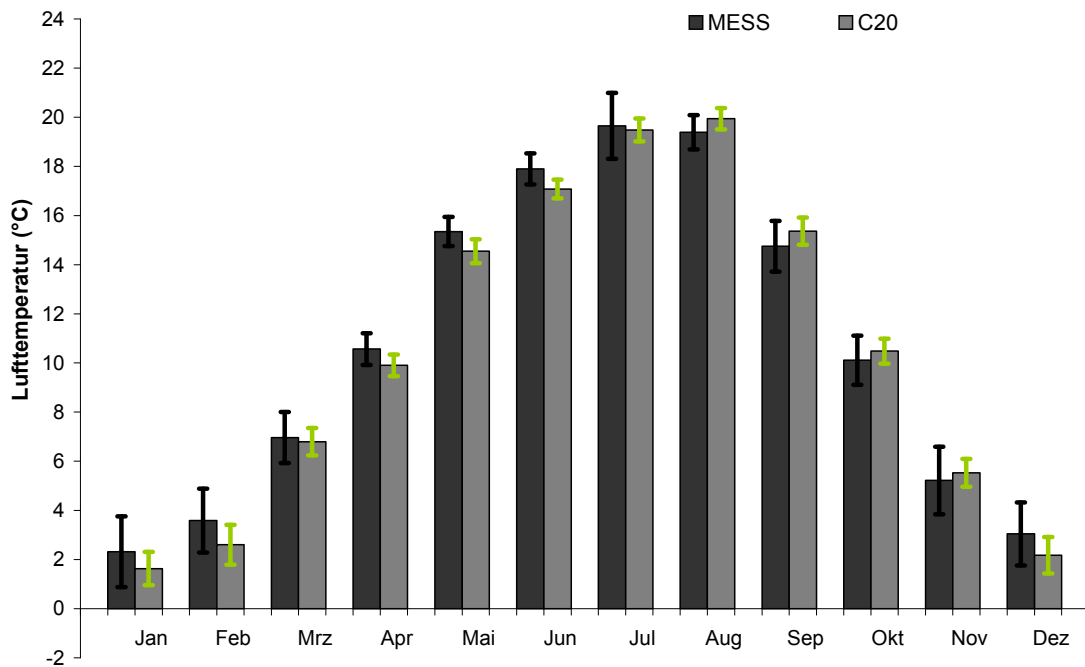


Abbildung 4: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Schaidt).

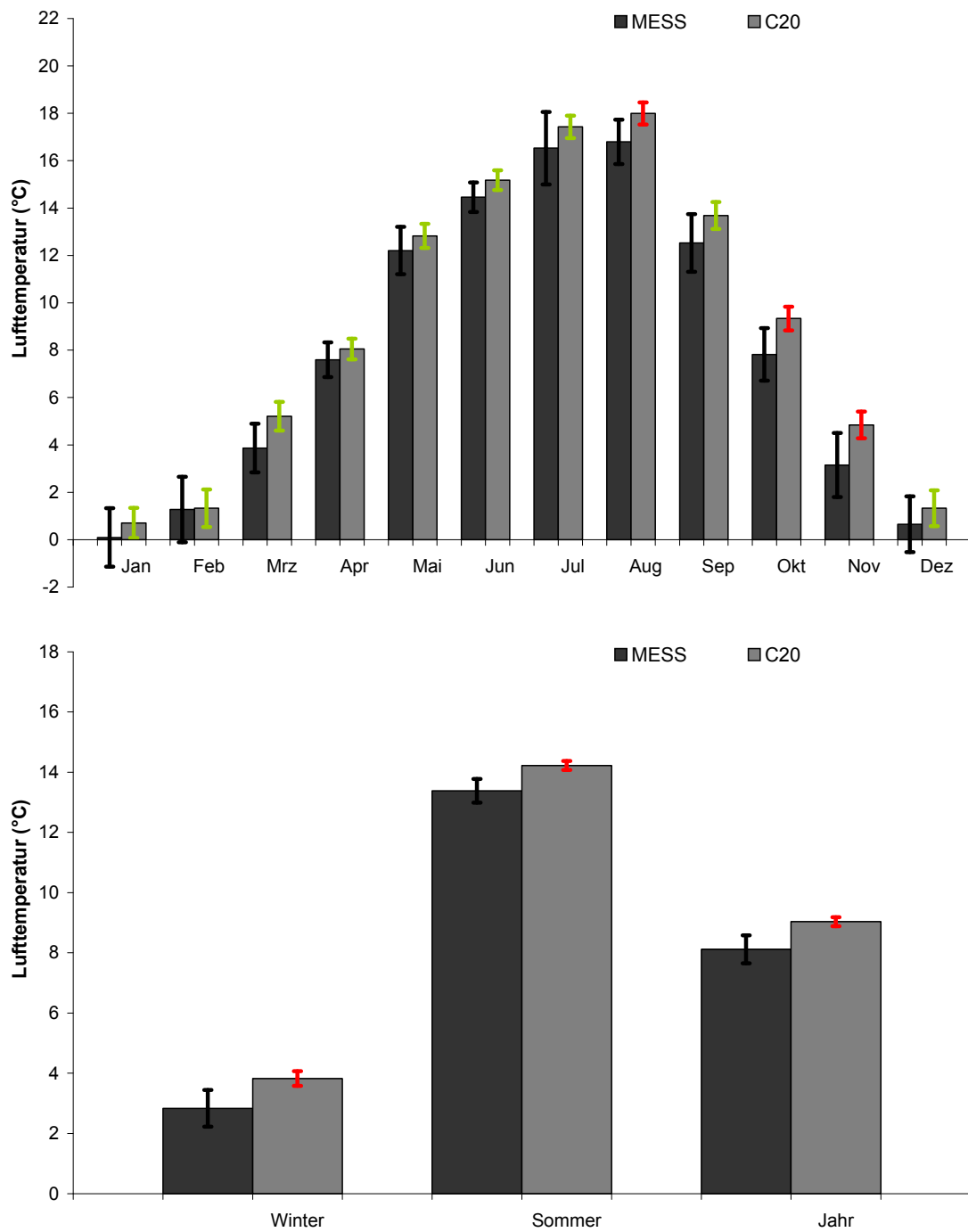


Abbildung 5: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Neuhäusel-Bims).

1.1.2 Niederschlag

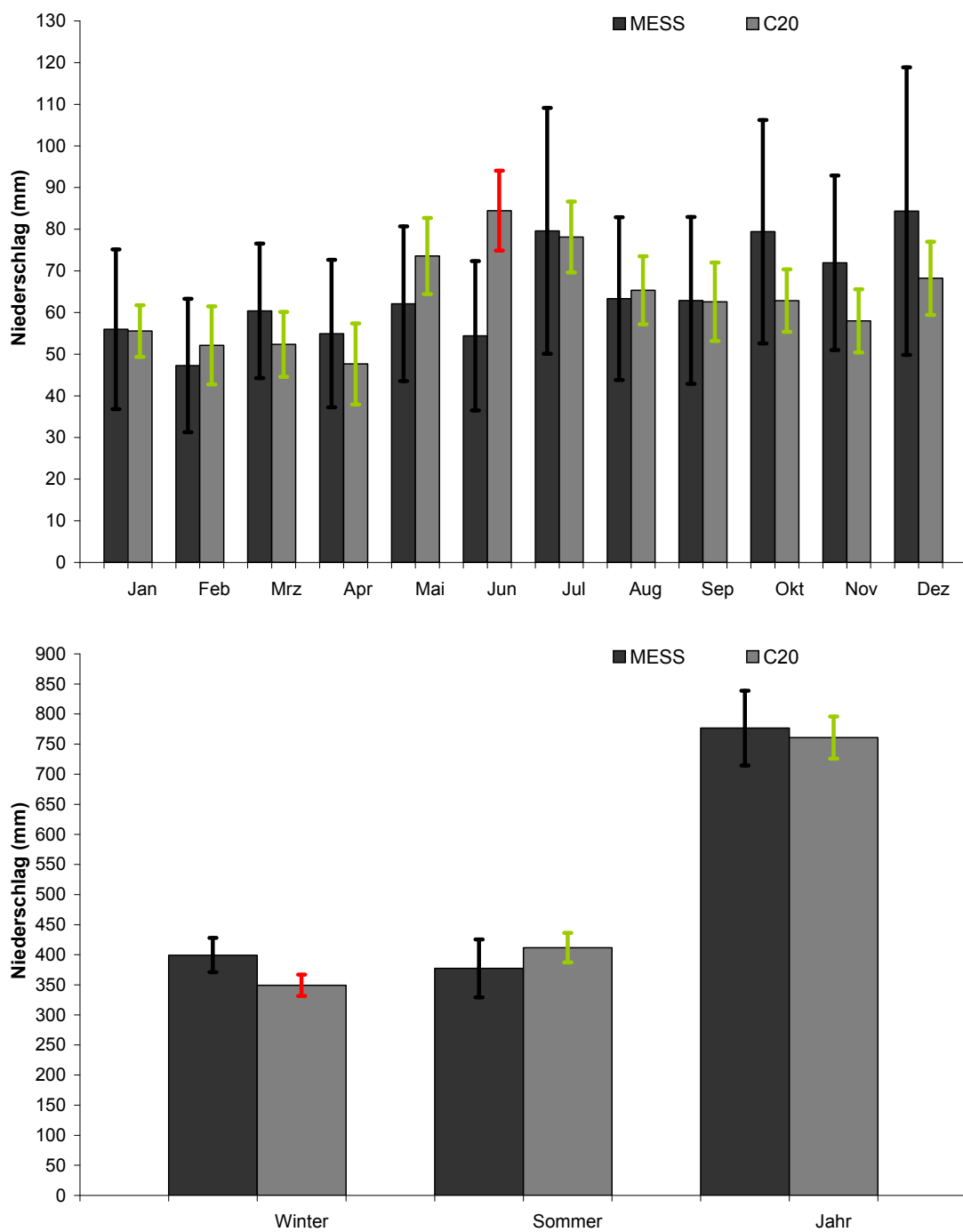


Abbildung 6: Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Kirchheimbolanden).

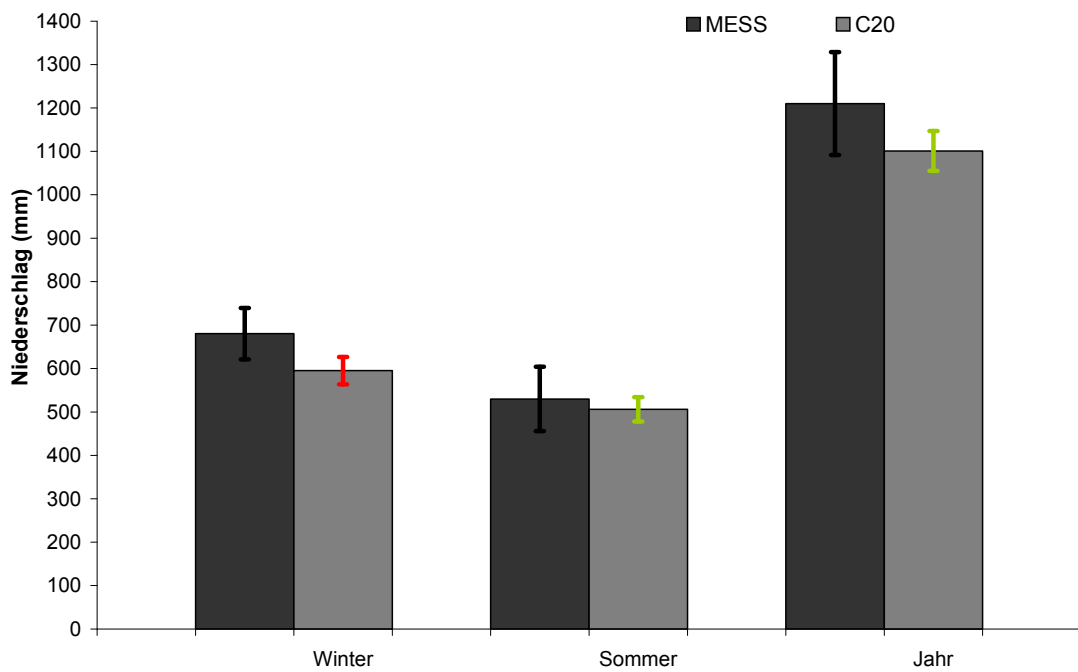
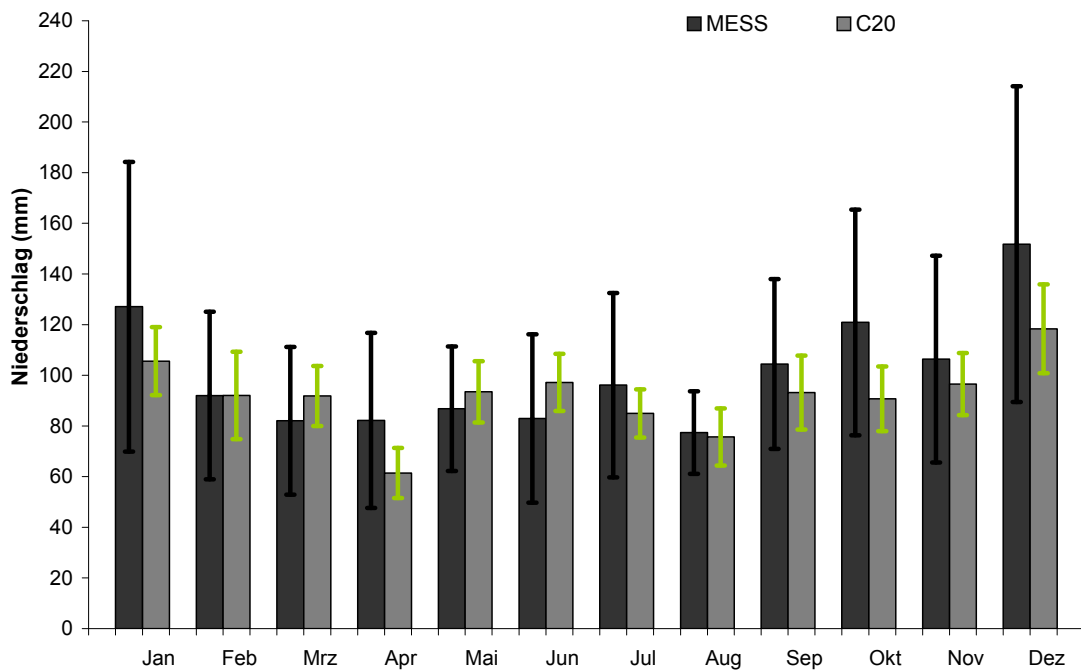


Abbildung 7. Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Hermeskeil).
Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Hermeskeil).

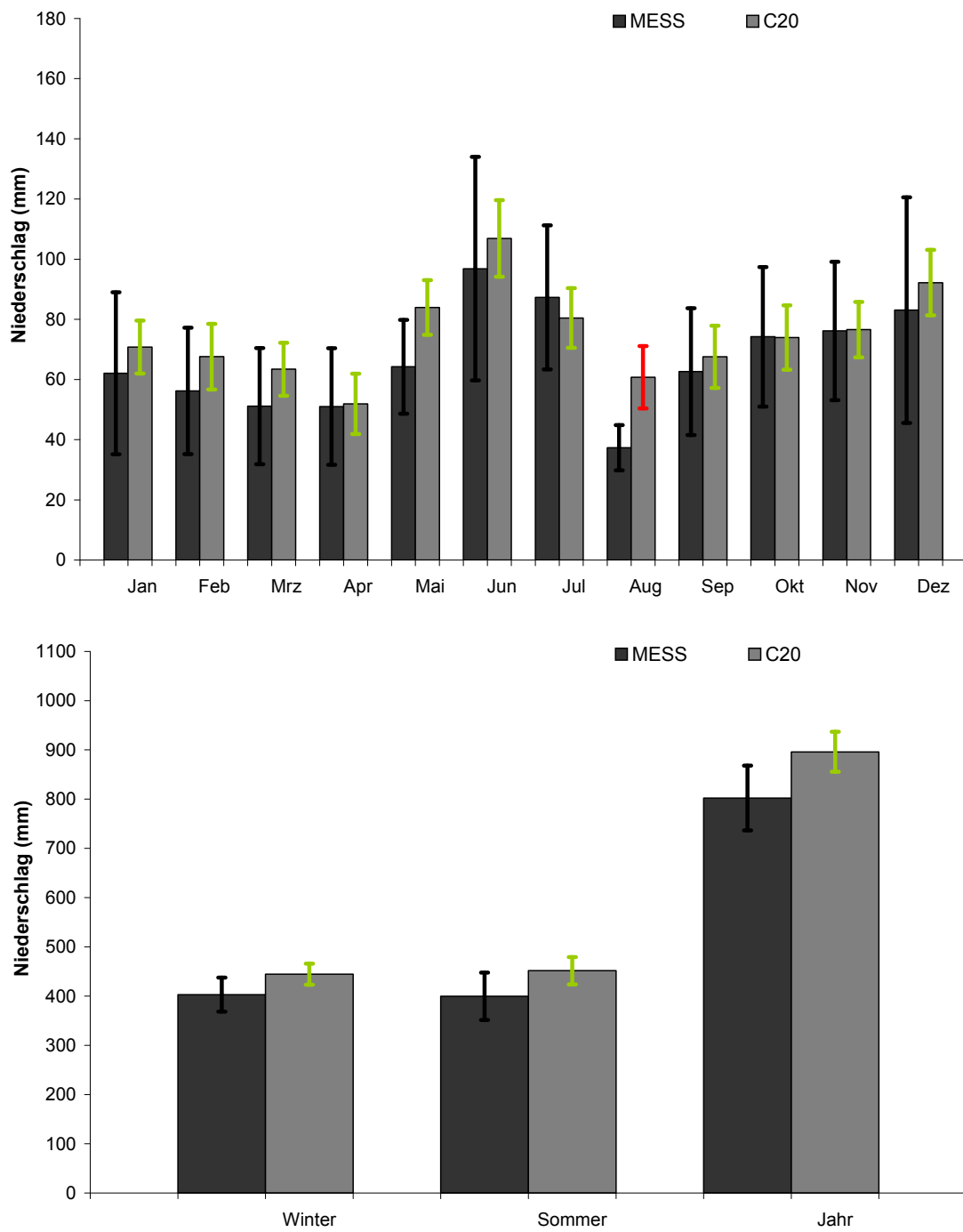


Abbildung 8: Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Schaidt).

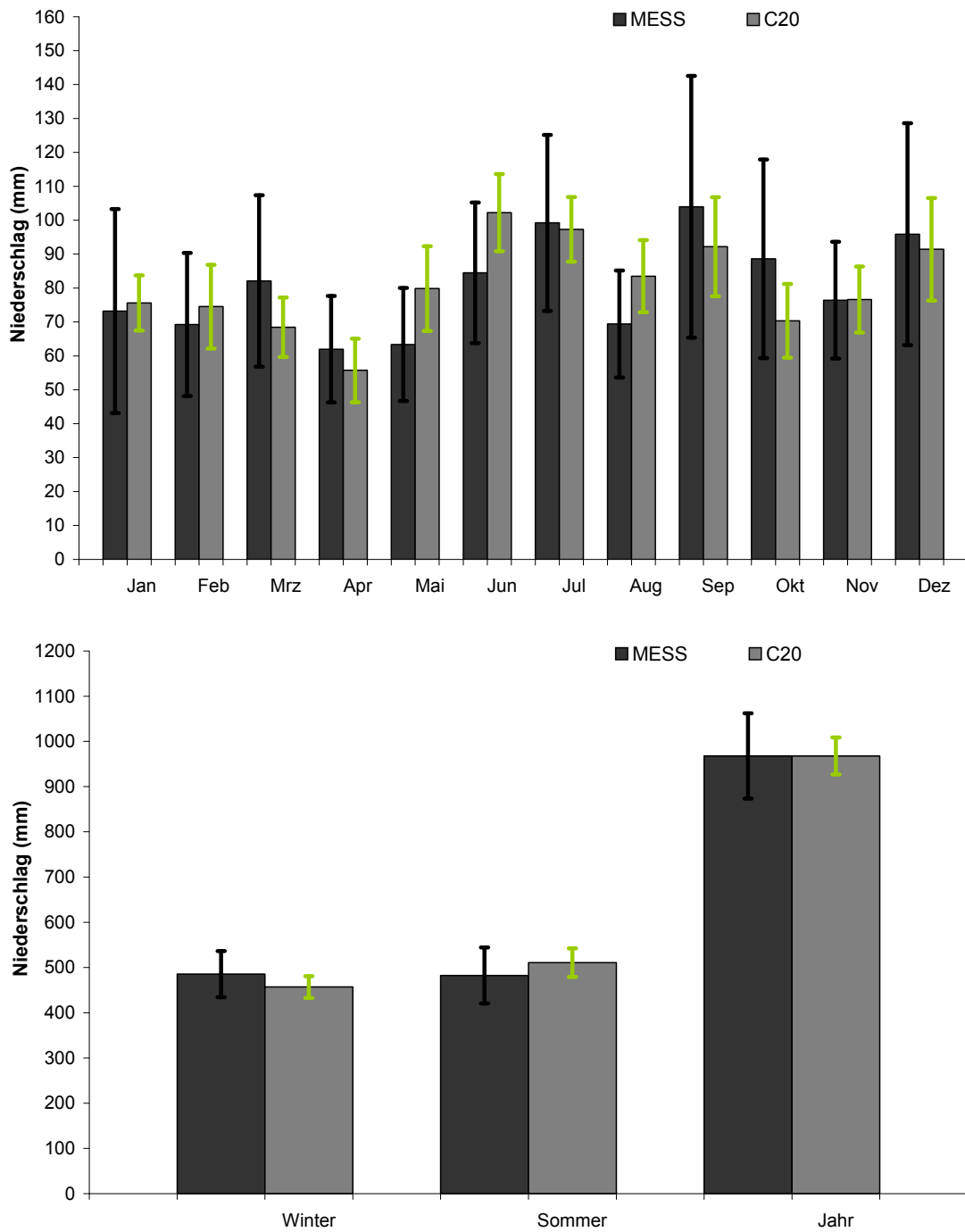


Abbildung 9. Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Neuhäusel-Bims).

1.1.3 Relative Luftfeuchte

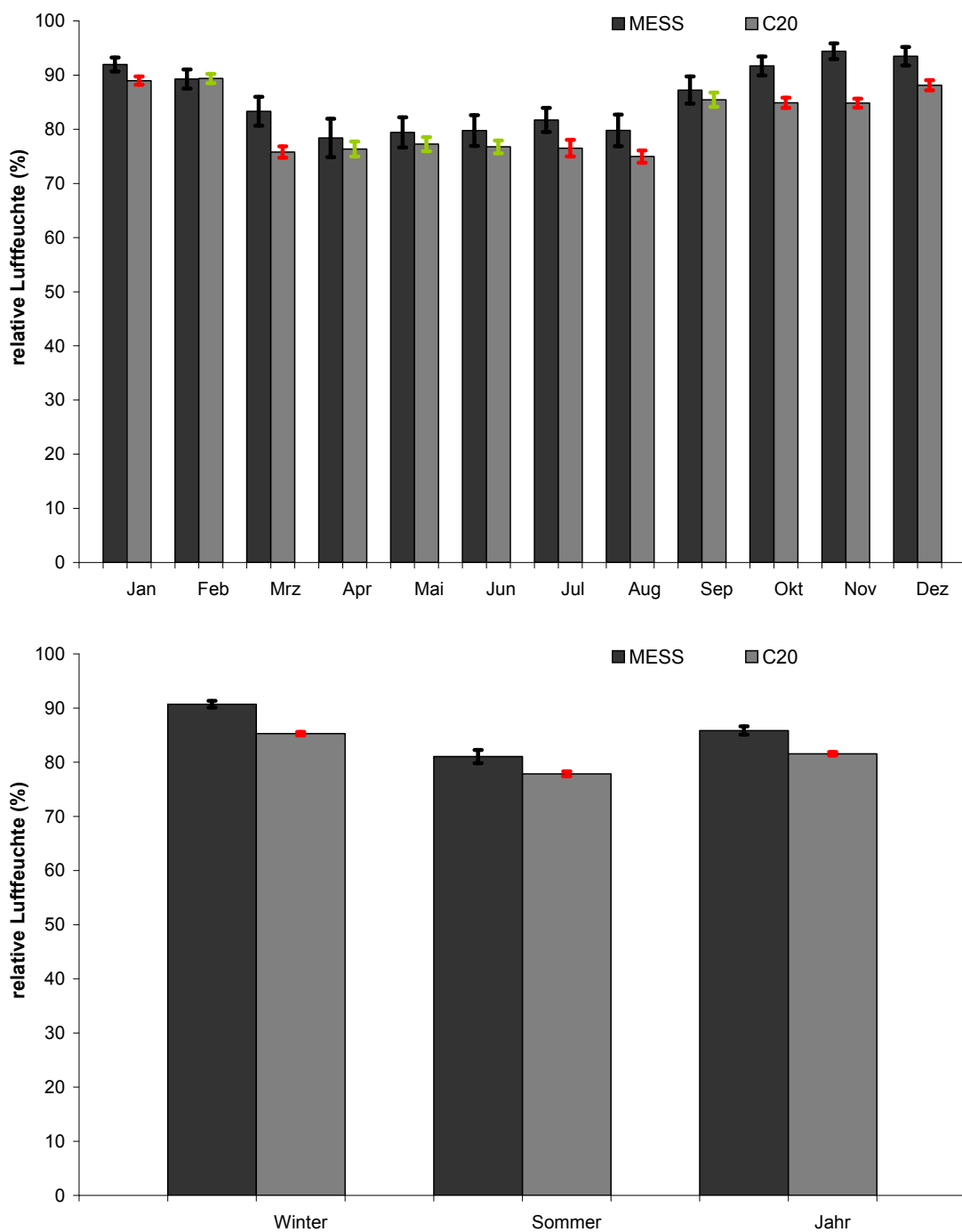


Abbildung 10: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Kirchheimbolanden).
 Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Kirchheimbolanden).

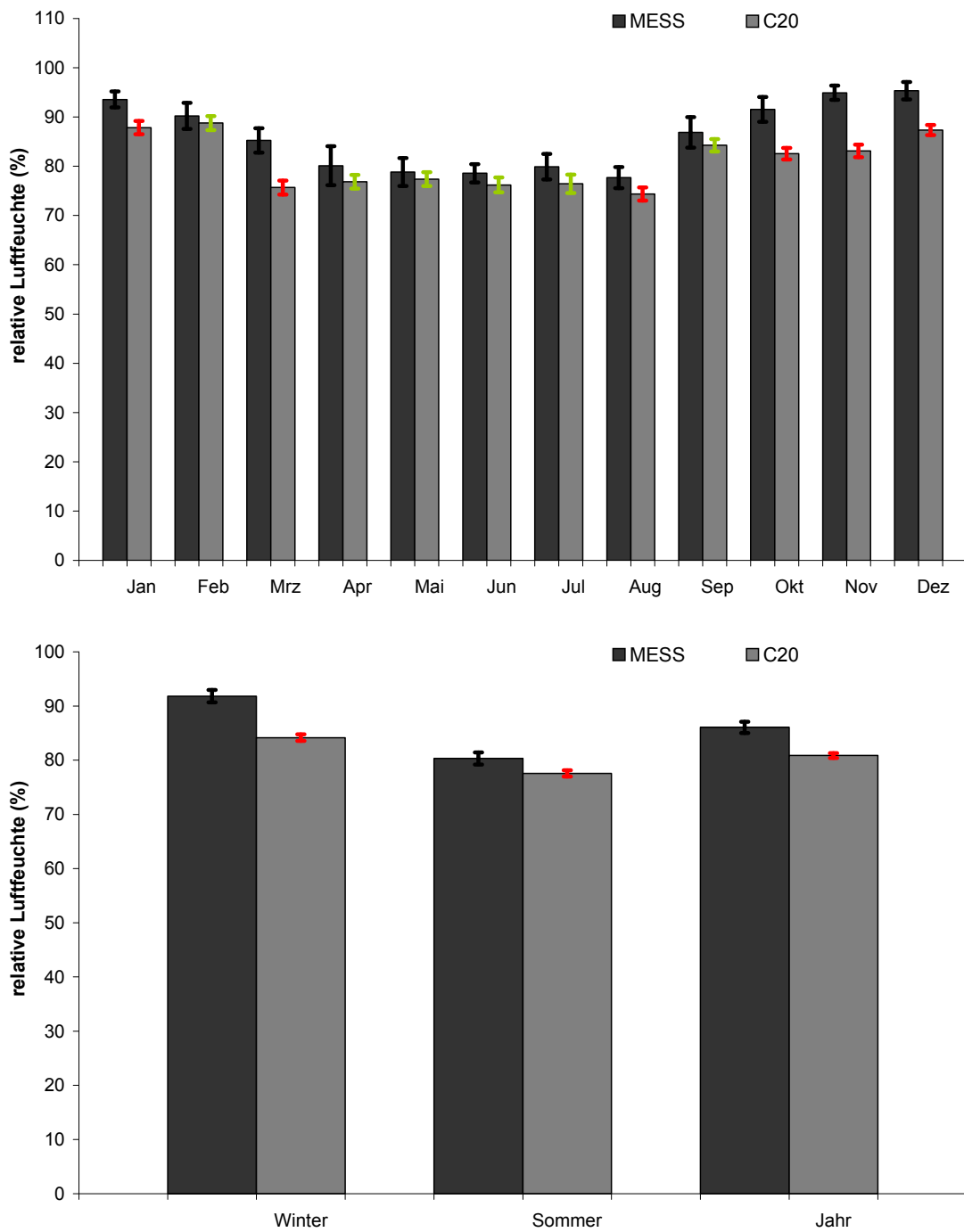


Abbildung 11: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Hermeskeil).
Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Hermeskeil).

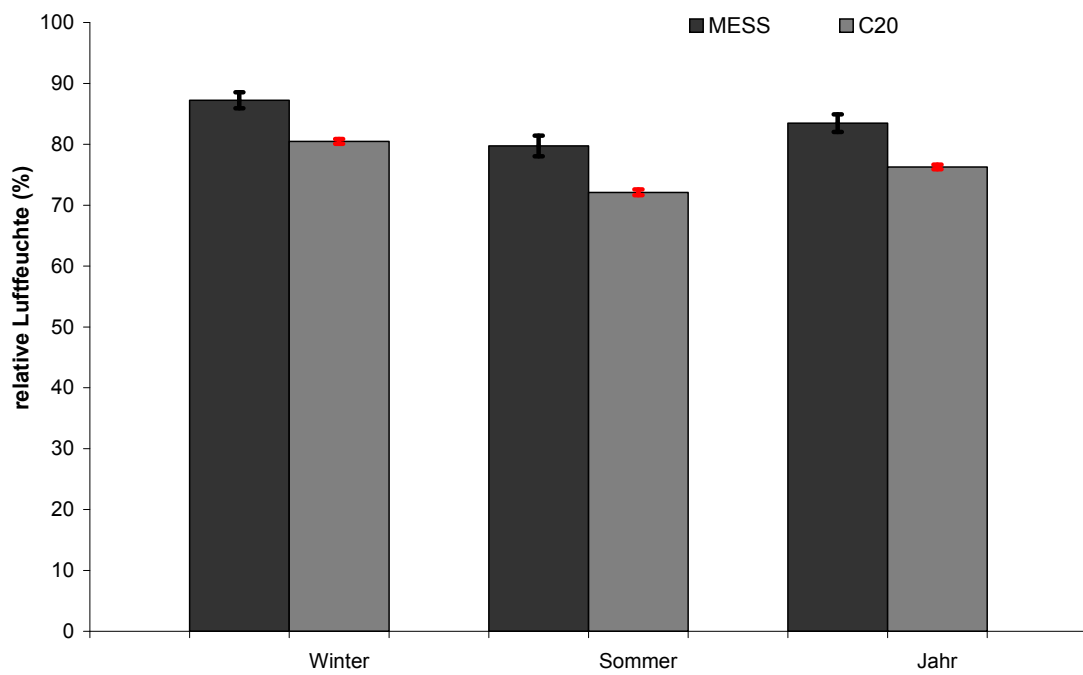
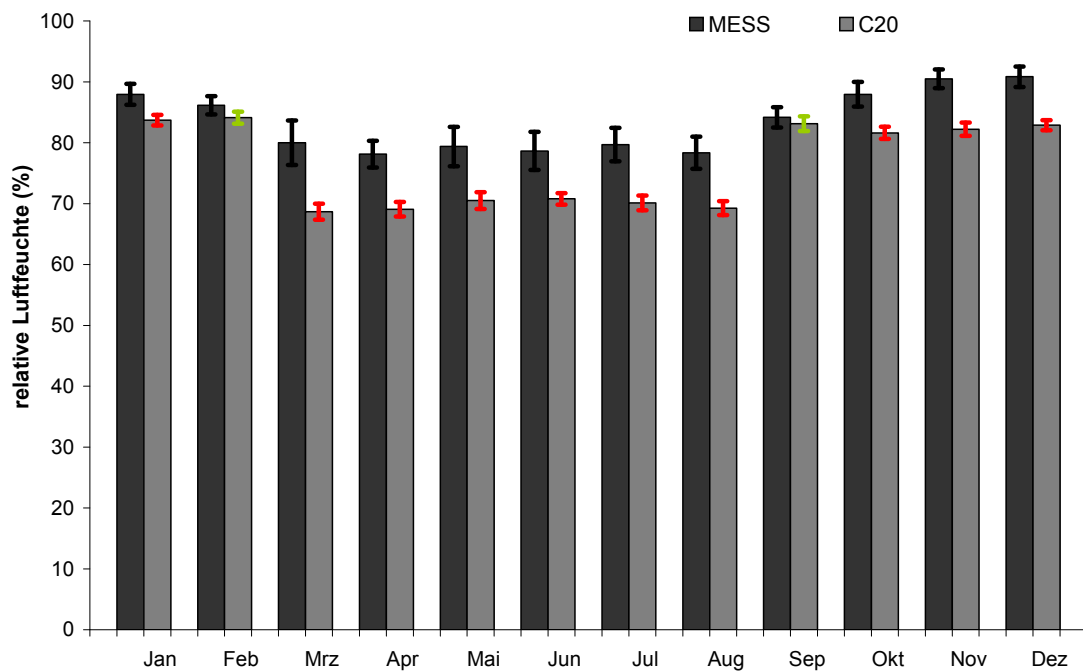


Abbildung 12: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Schaidt).
Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Schaidt).

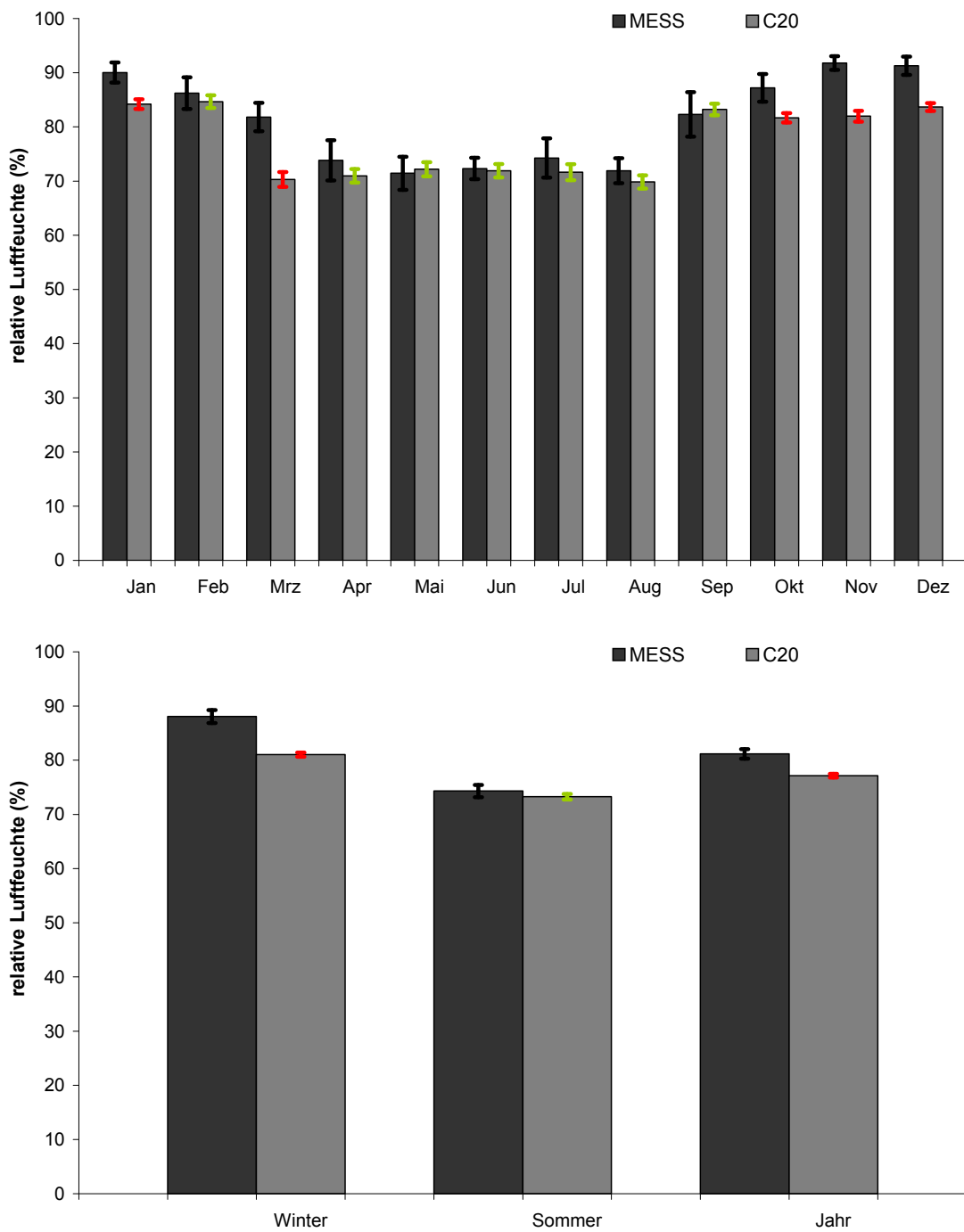


Abbildung 13: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Neuhäusel-Bims).
Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Neuhäusel-Bims).

1.1.4 Windgeschwindigkeit

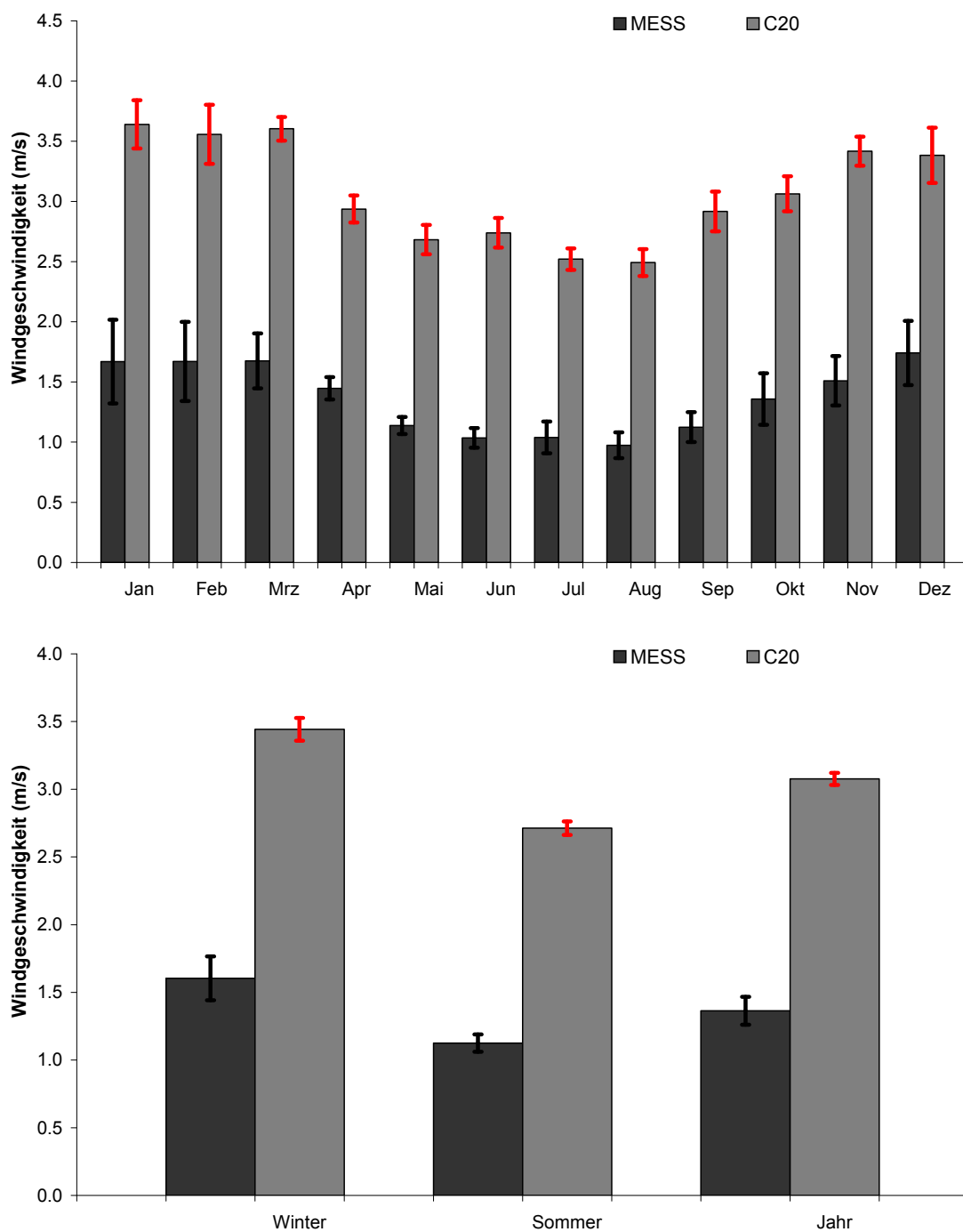


Abbildung 14: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Kirchheimbolanden).

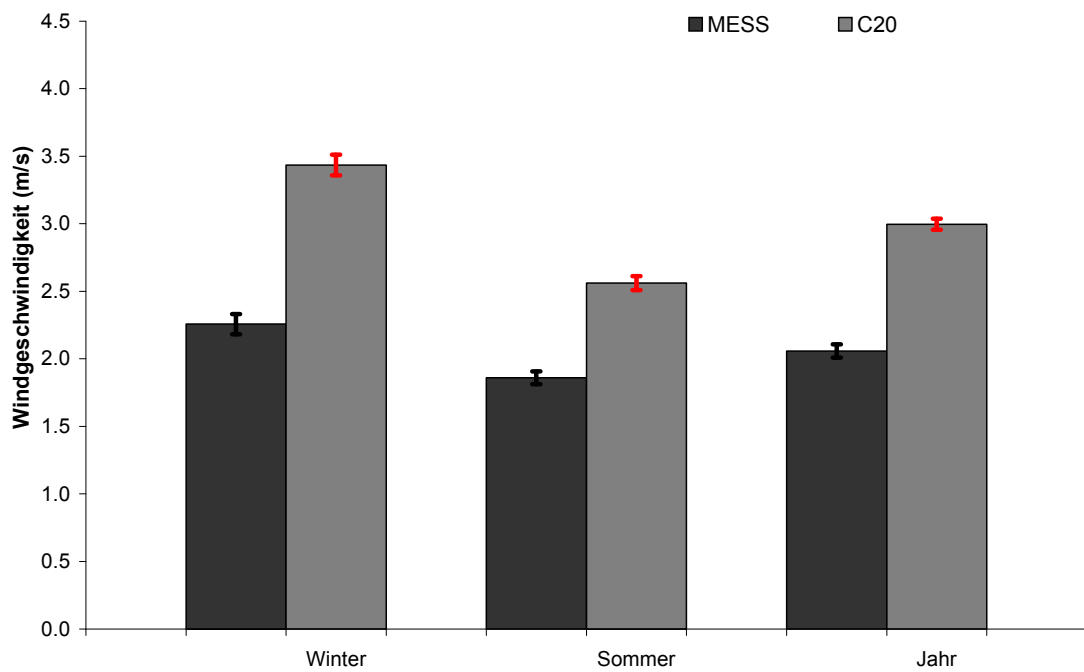
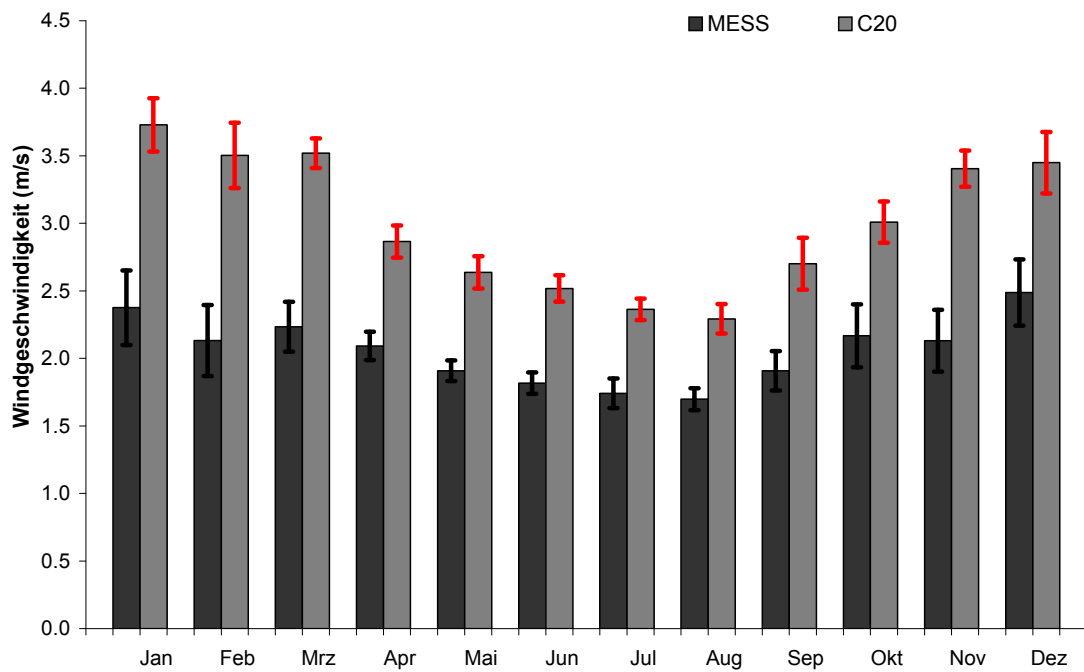


Abbildung 15: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Hermeskeil).

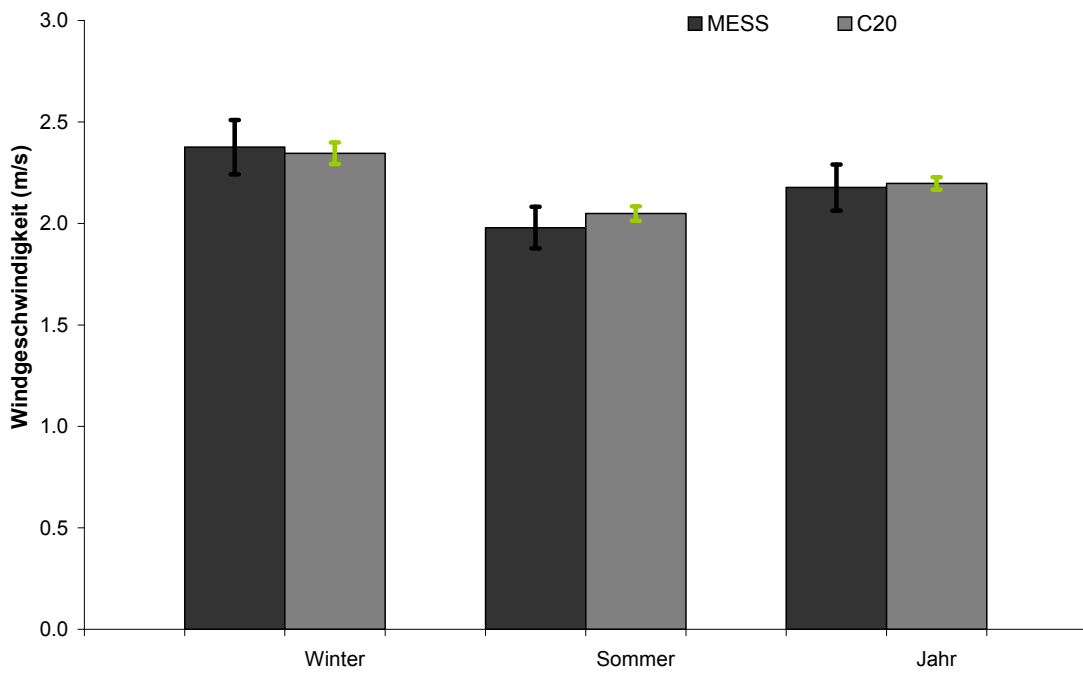
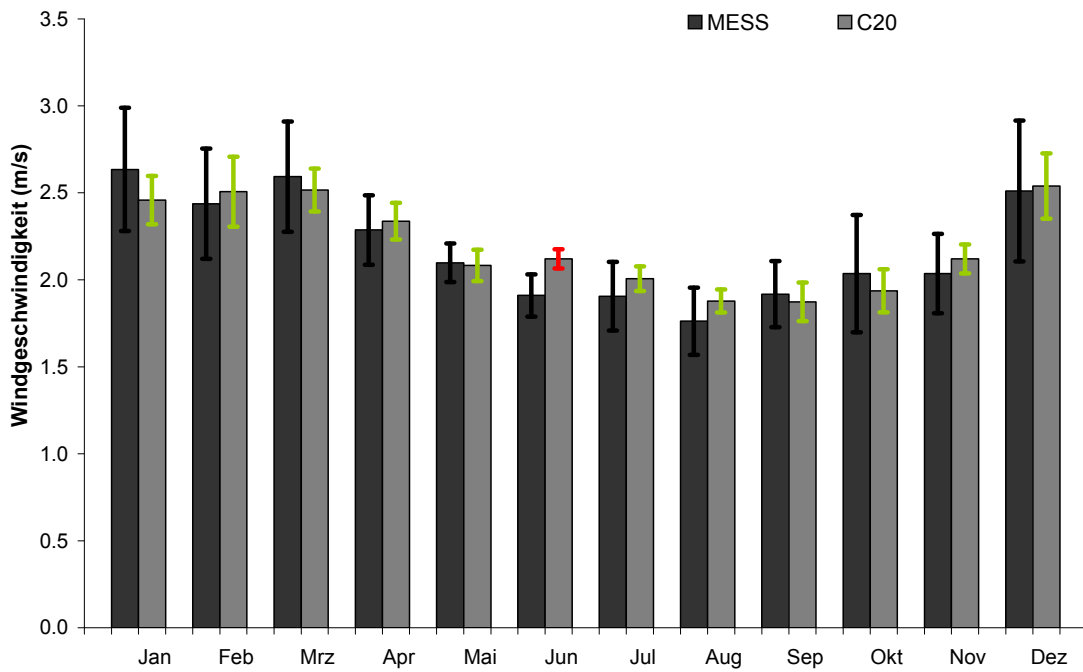


Abbildung 16: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Schaidt).

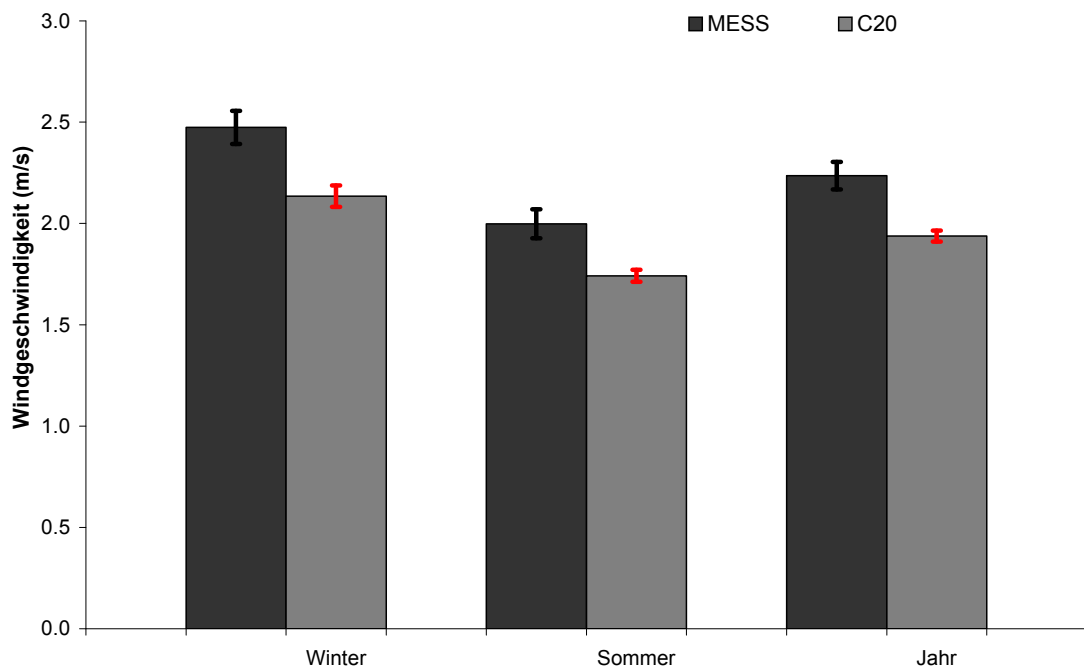
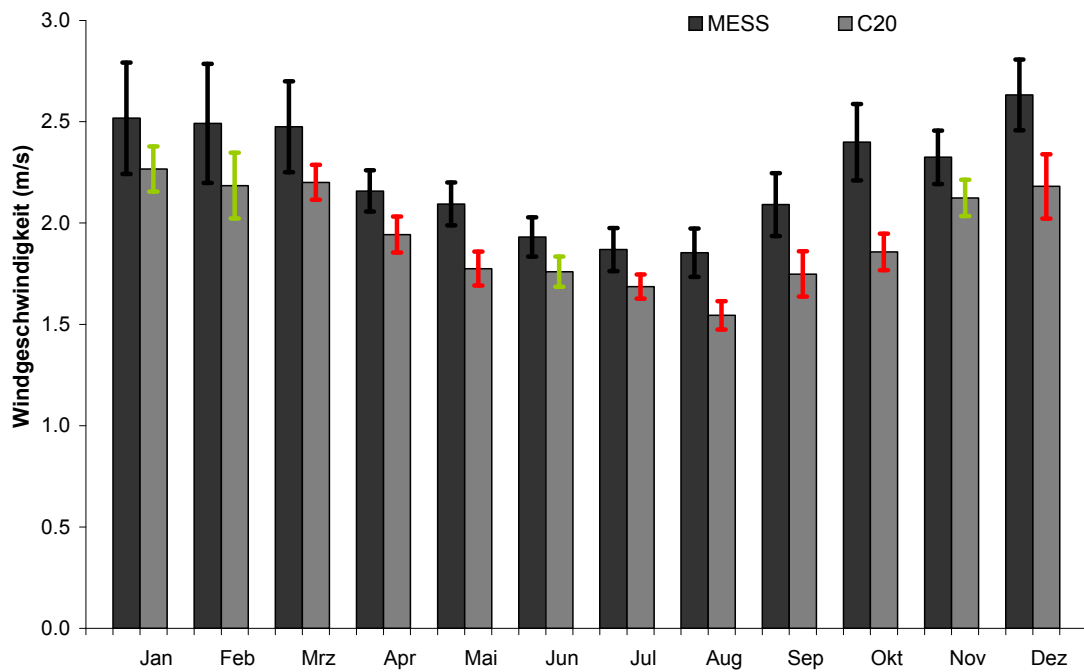


Abbildung 17: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Neuhäusel-Bims).
Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Neuhäusel-Bims).

1.1.5 Globalstrahlung

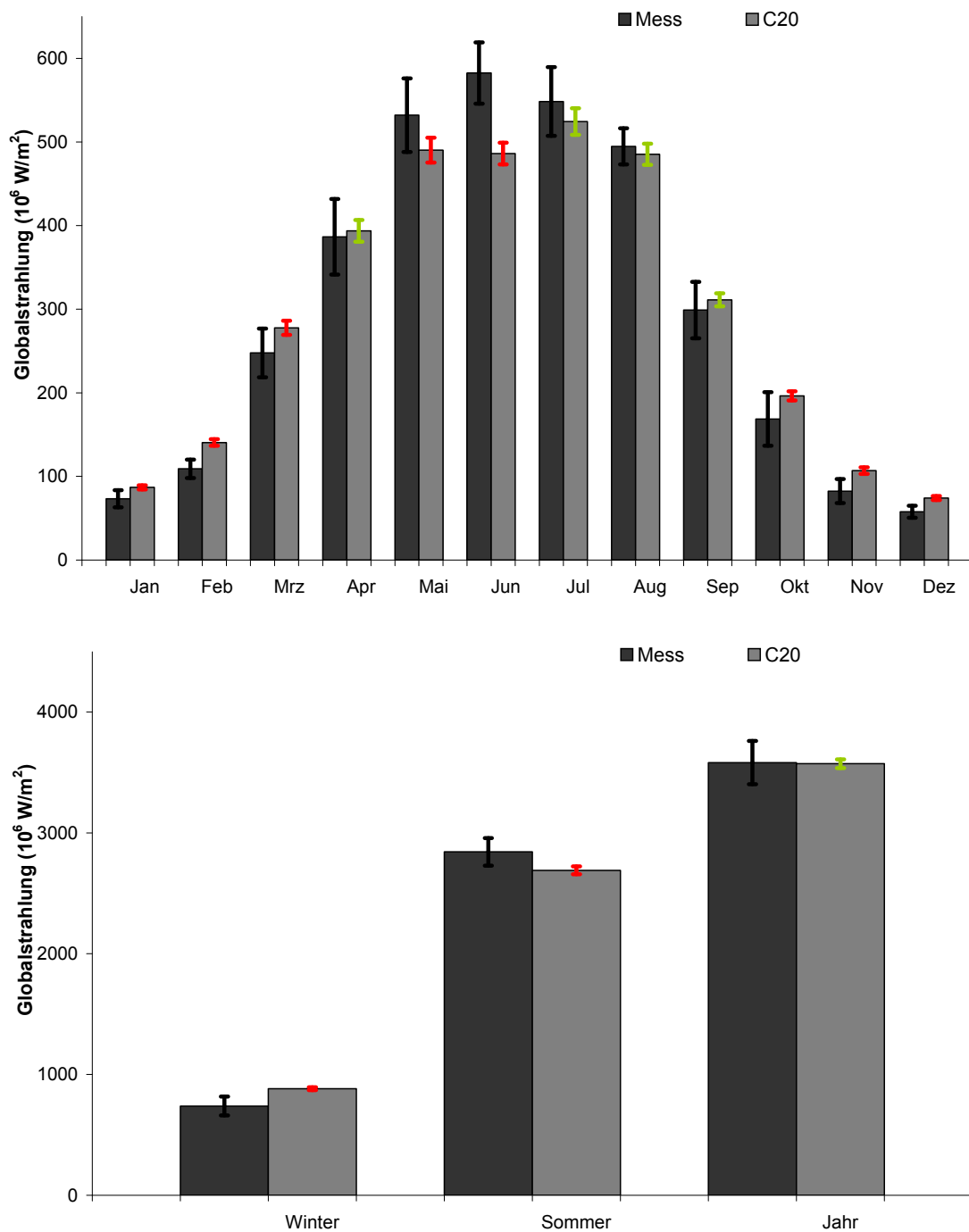


Abbildung 18: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Kirchheimbolanden).

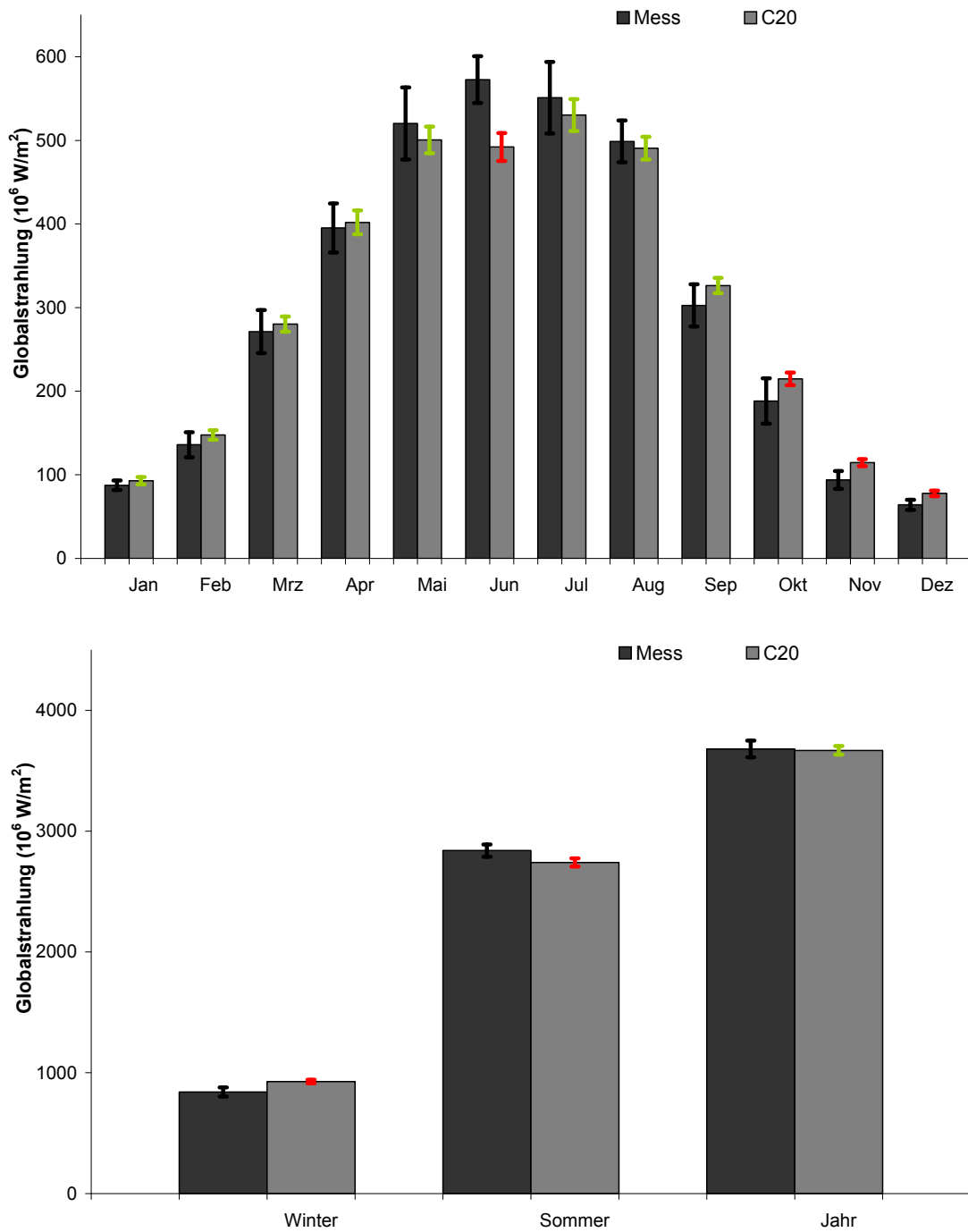


Abbildung 19: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Hermeskeil).

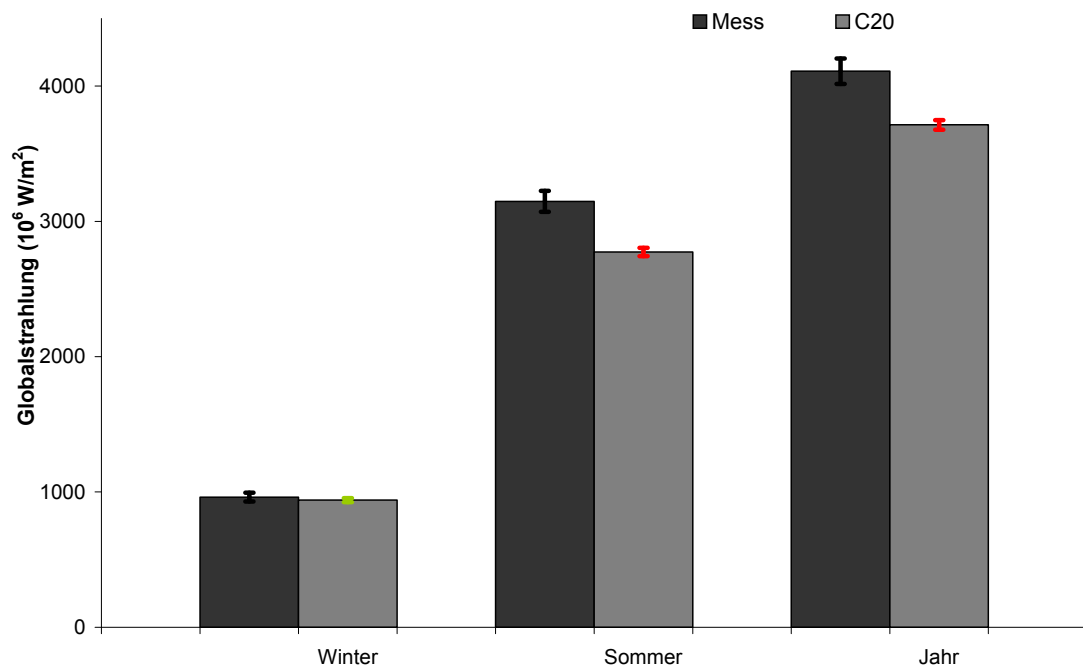
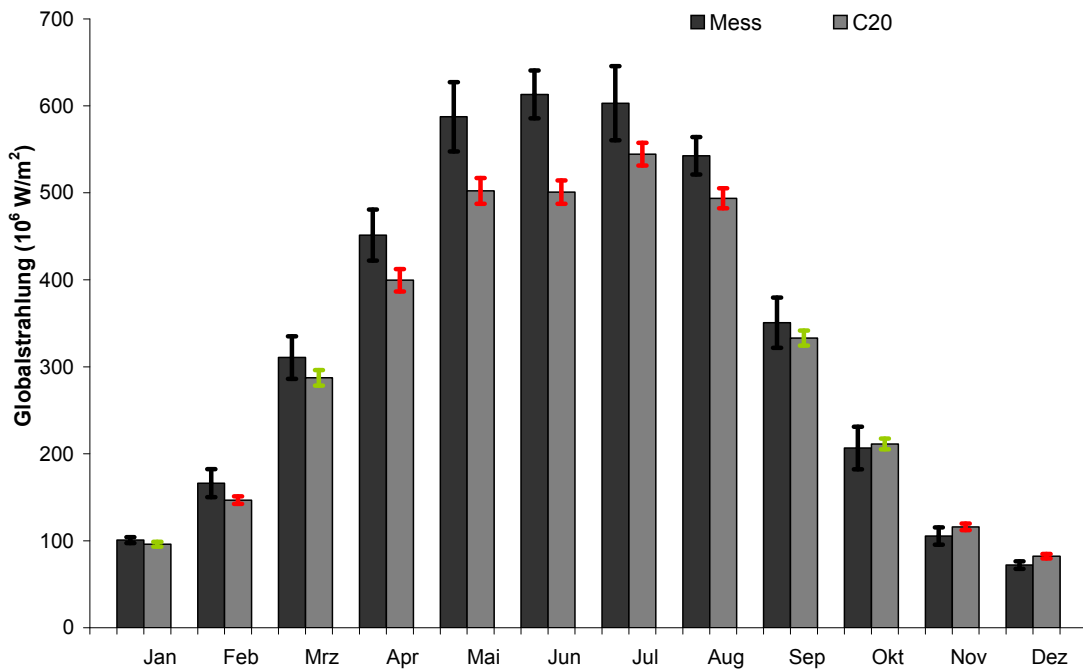


Abbildung 20: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Schaidt).

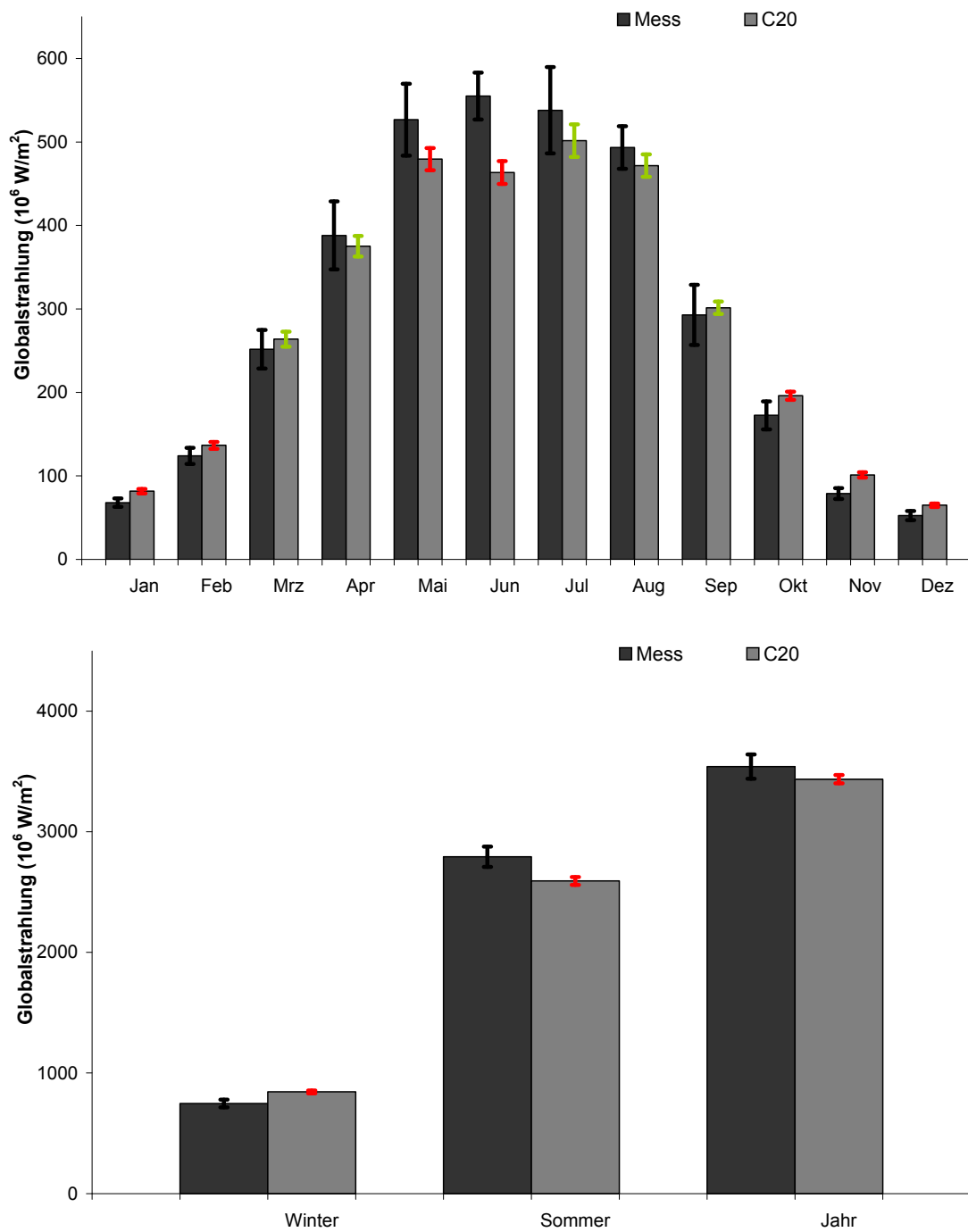


Abbildung 21: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Neuhäusel-Bims).

1.2 Wasserhaushalt

1.2.1 Evapotranspiration

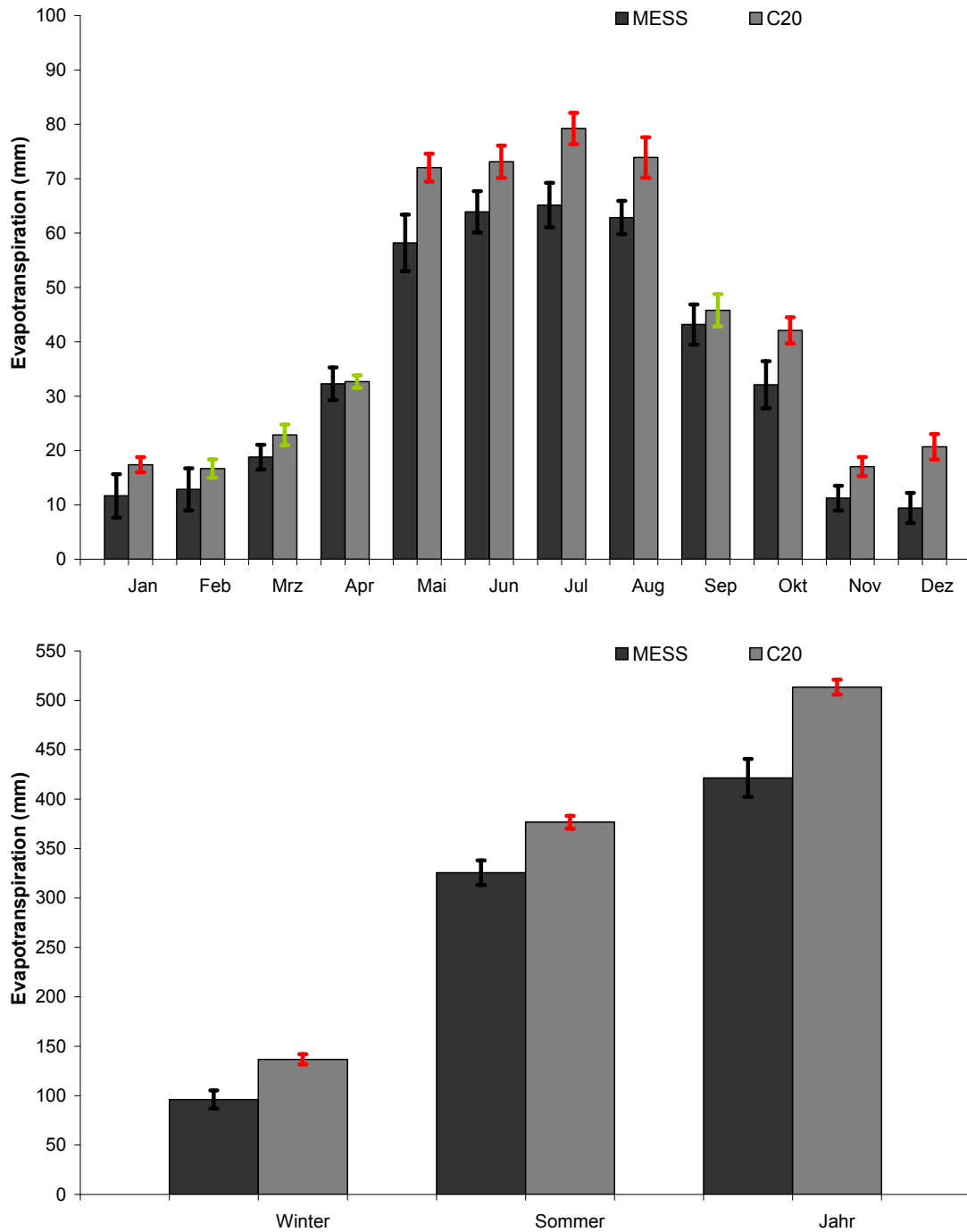


Abbildung 22: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Kirchheimbolanden).

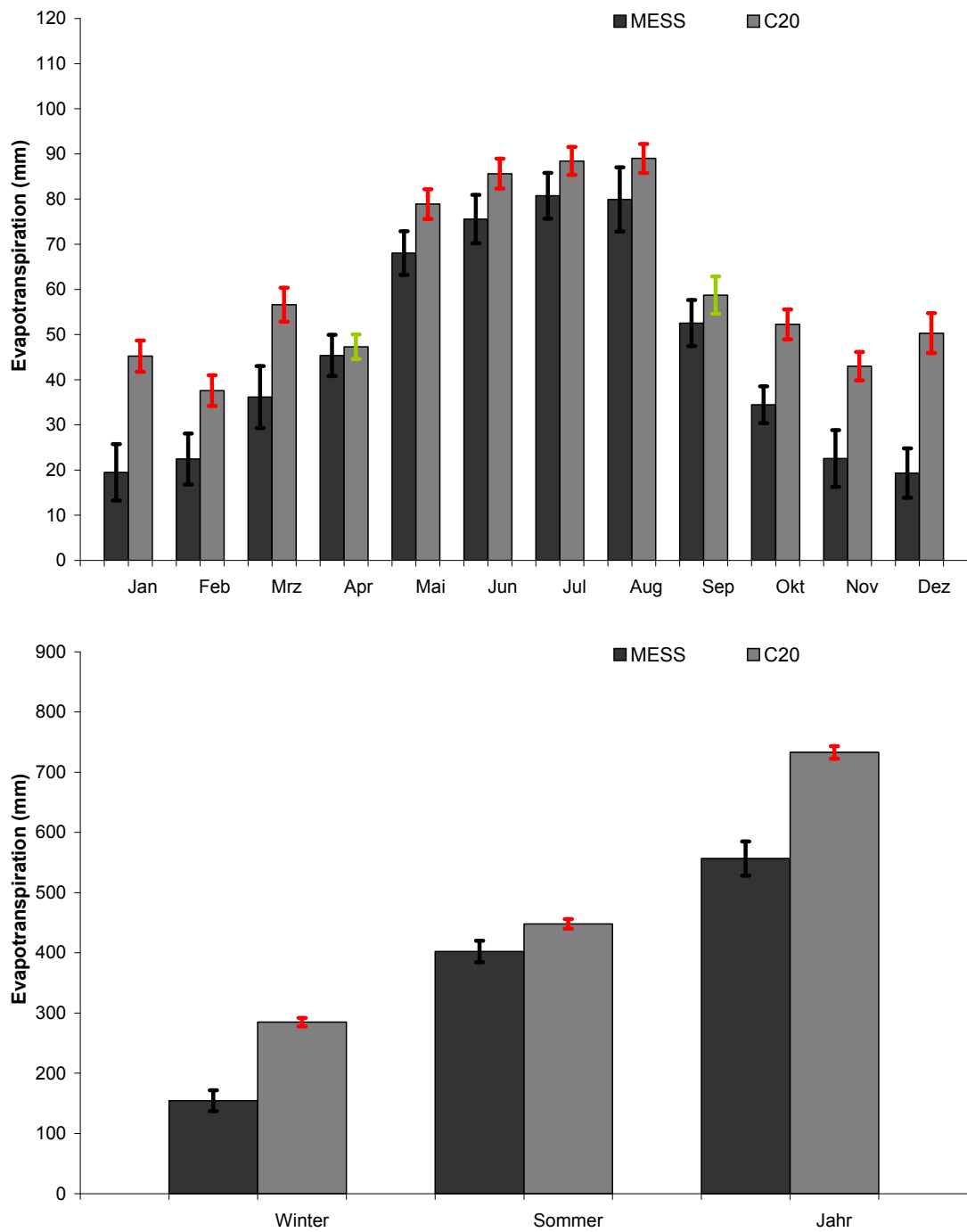


Abbildung 23: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Hermeskeil).

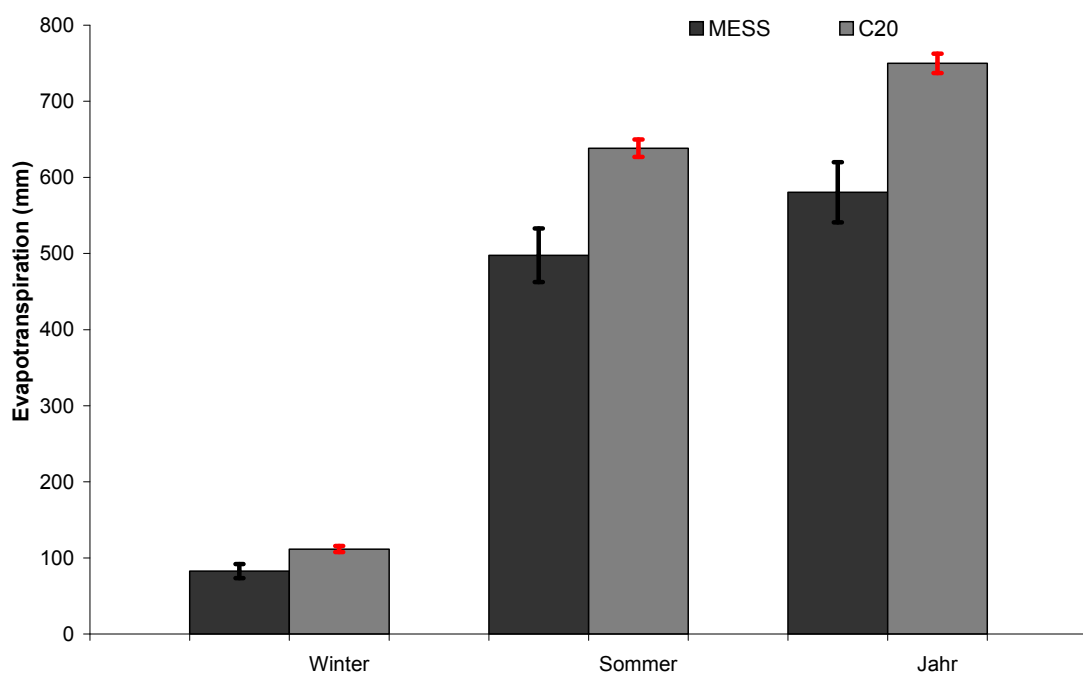
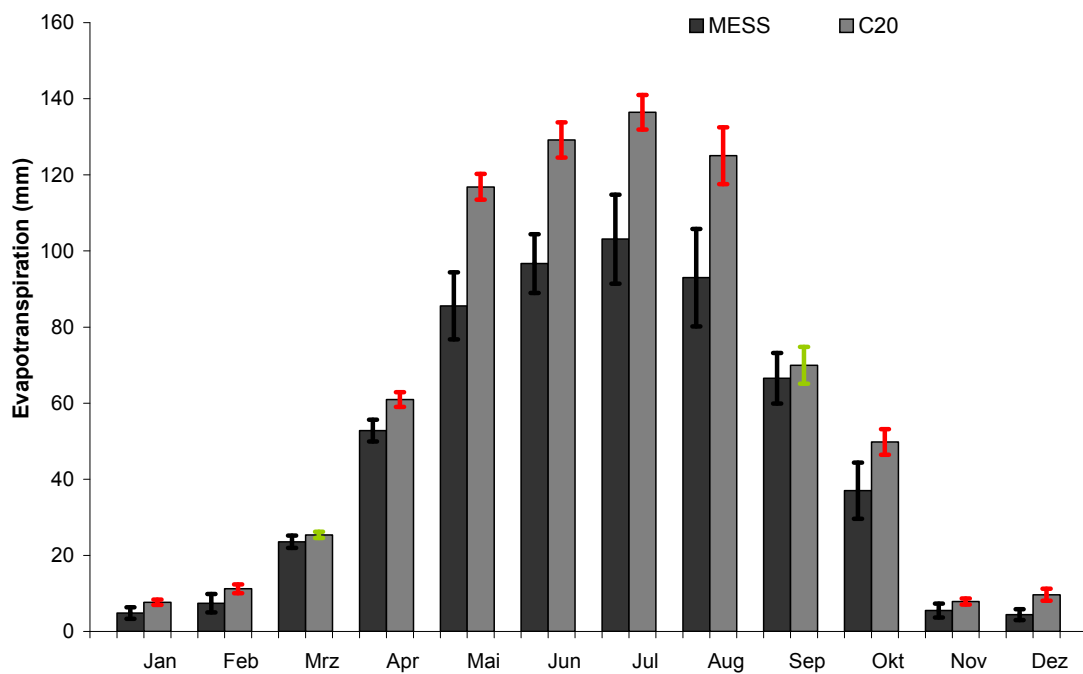


Abbildung 24: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Schaidt).

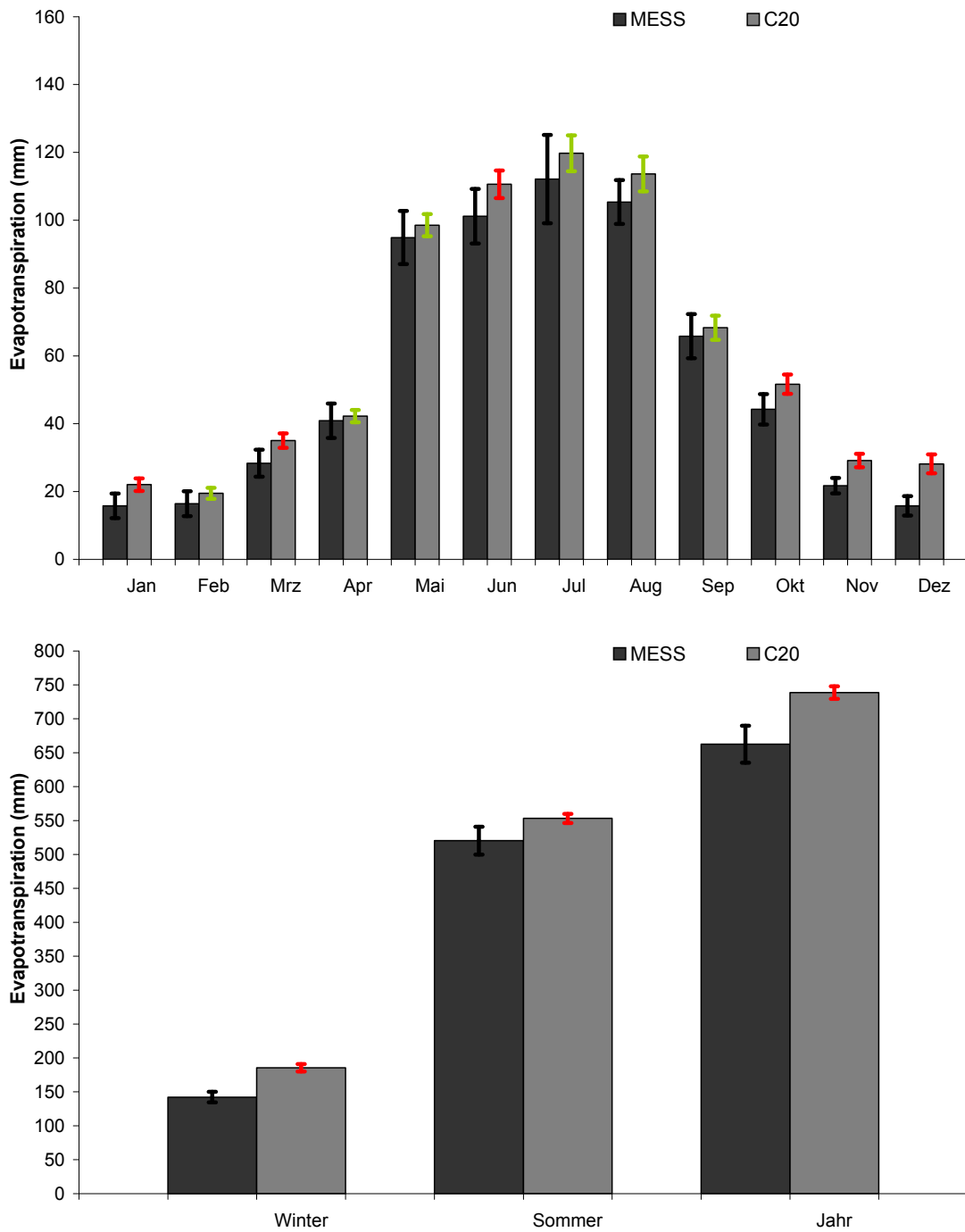


Abbildung 25: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Neuhäusel-Bims).
Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Neuhäusel-Bims).

1.2.2 Interzeption

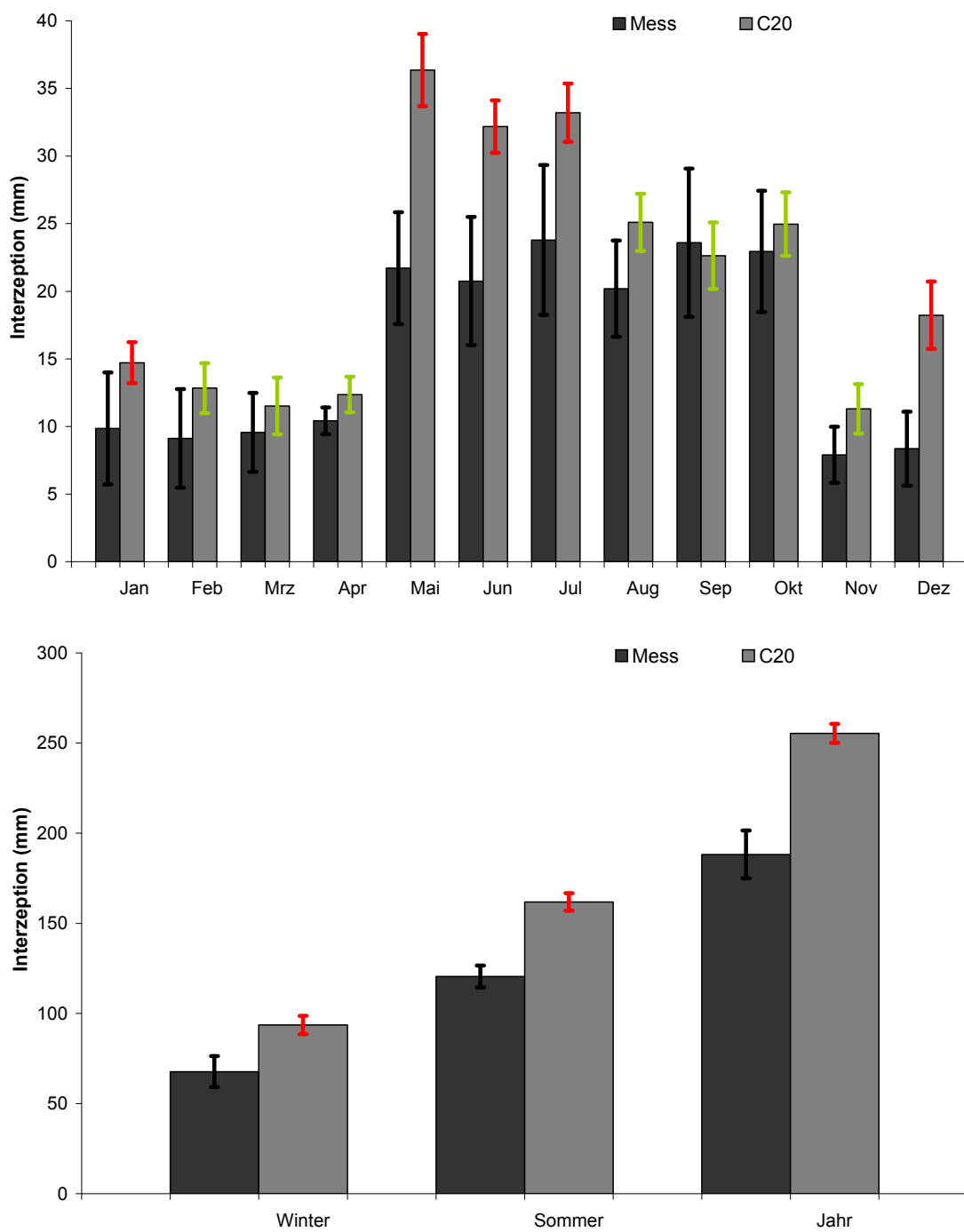


Abbildung 26: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, interception (here: Kirchheimbolanden).

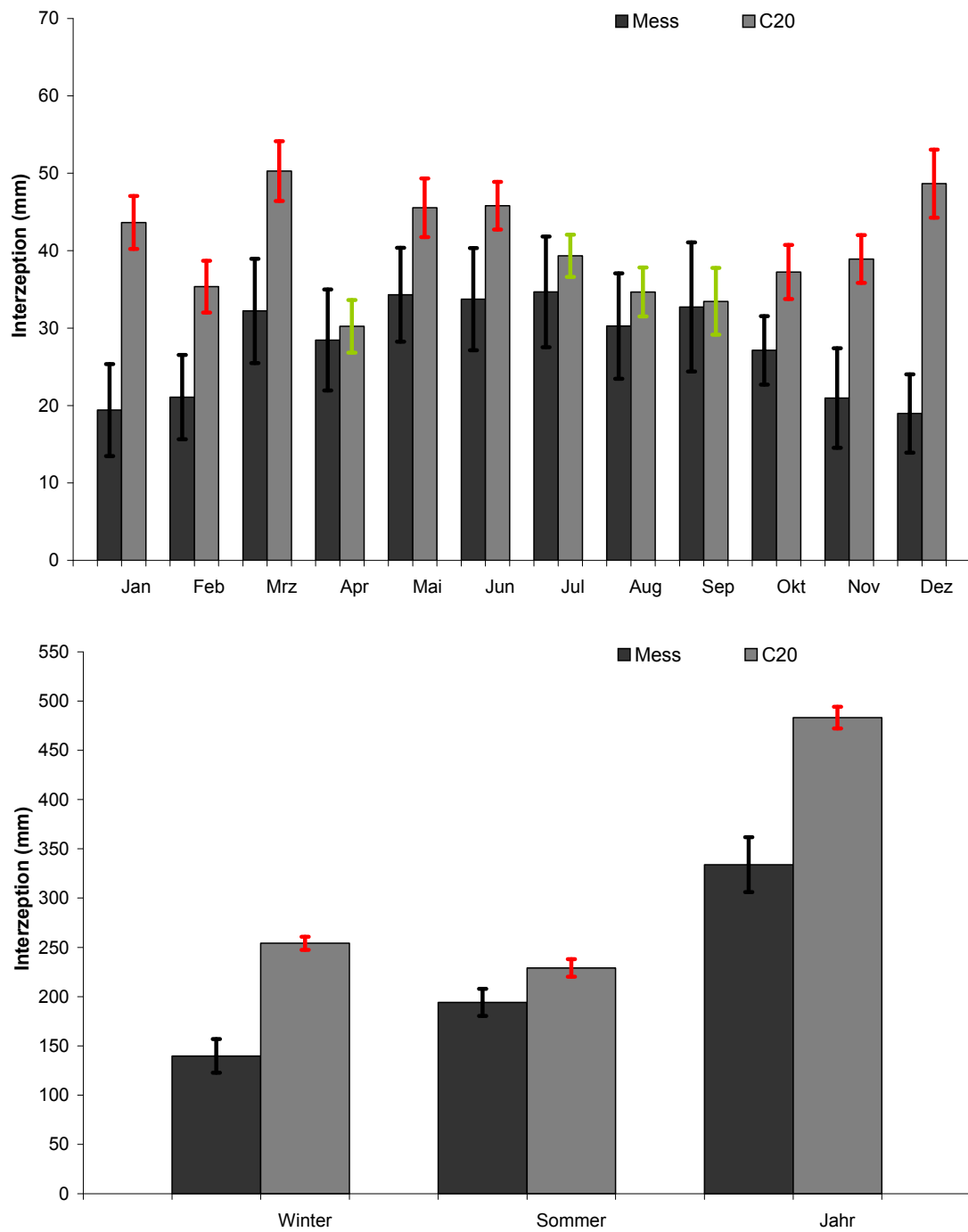


Abbildung 27: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Hermeskeil).
Plausibility check of climate scenario, interception (here: Hermeskeil).

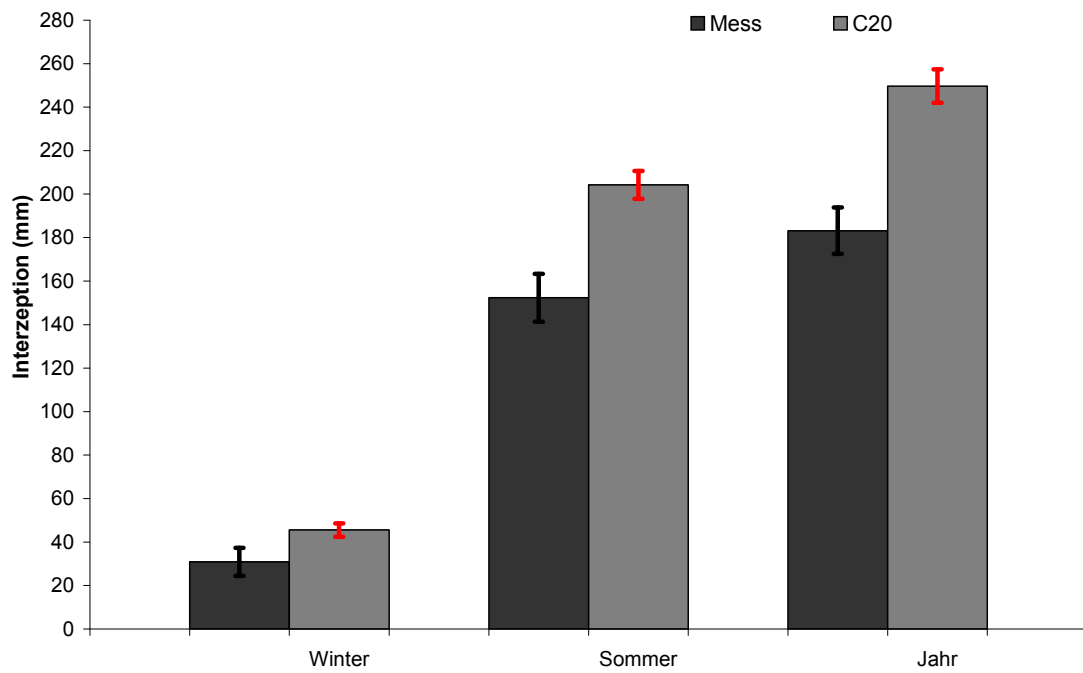
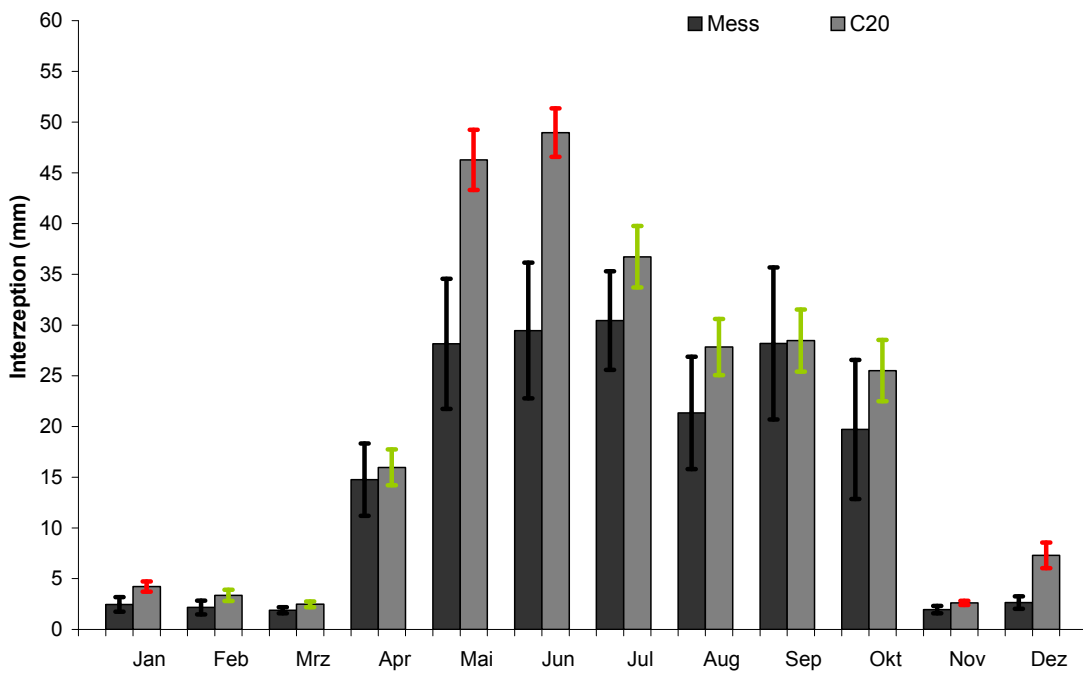


Abbildung 28: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, interception (here: Schaidt).

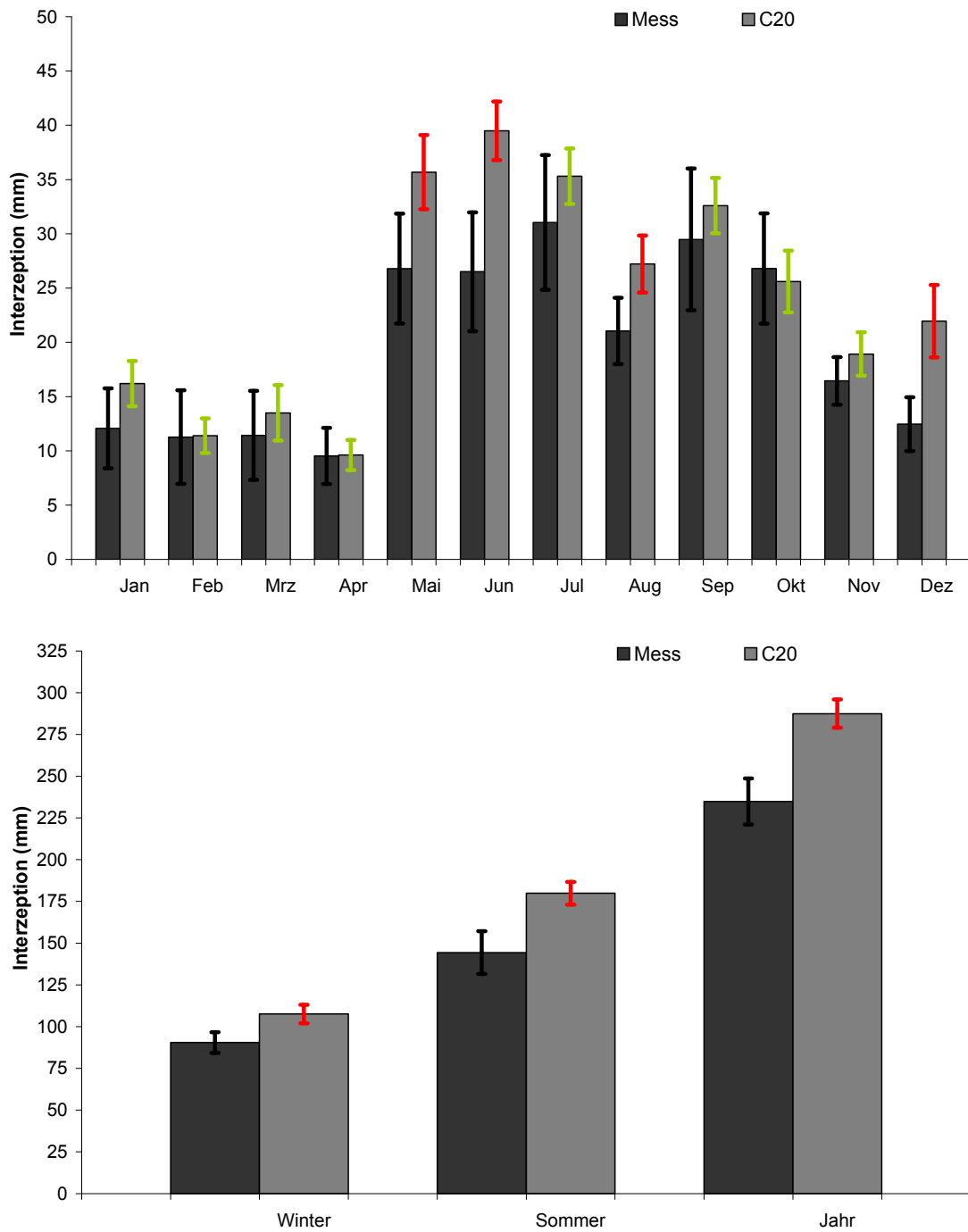


Abbildung 29: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Neuhäusel-Bims).
Plausibility check of climate scenario, interception (here: Neuhäusel-Bims).

1.2.3 Transpiration

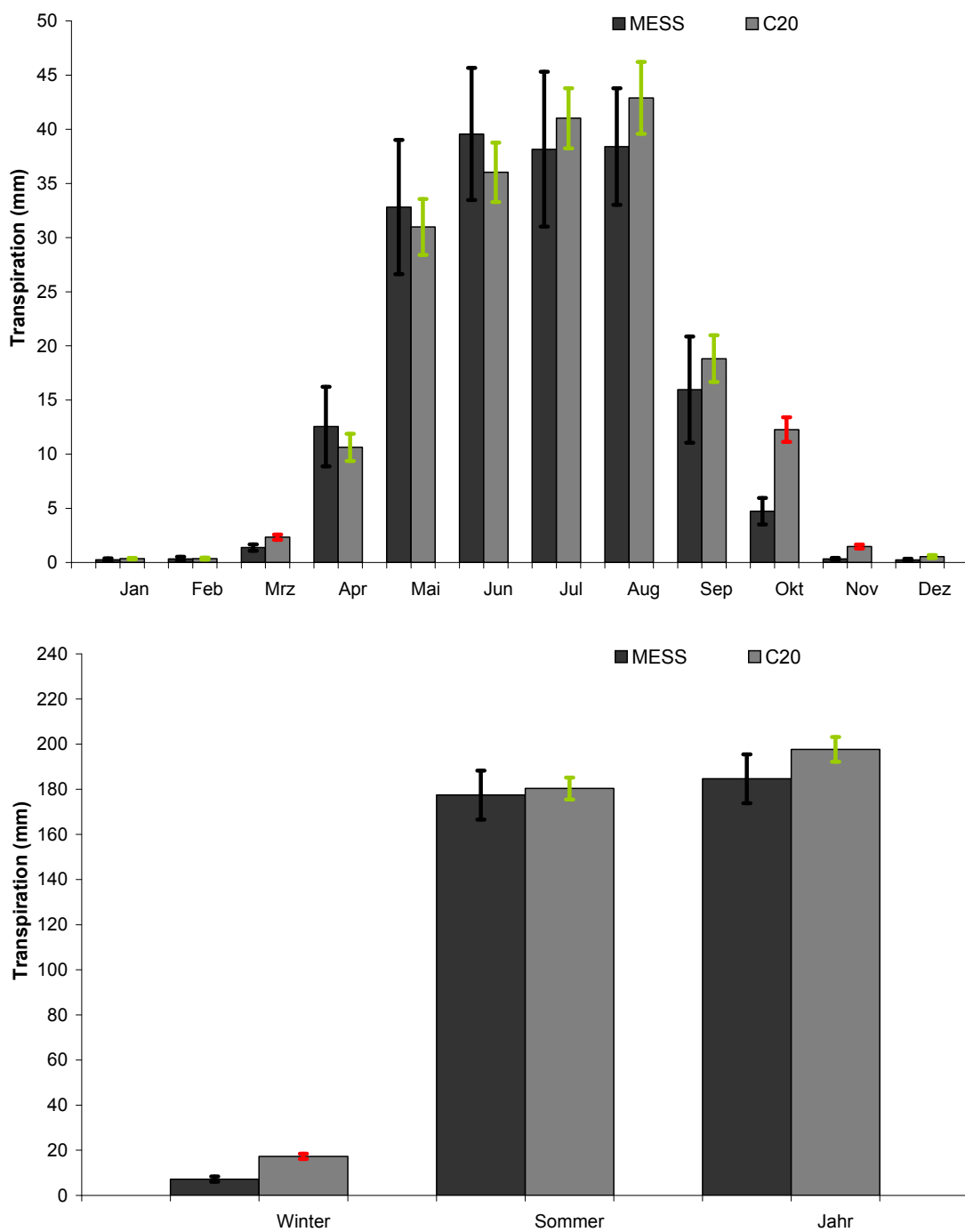


Abbildung 30. Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Kirchheimbolanden).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Kirchheimbolanden).

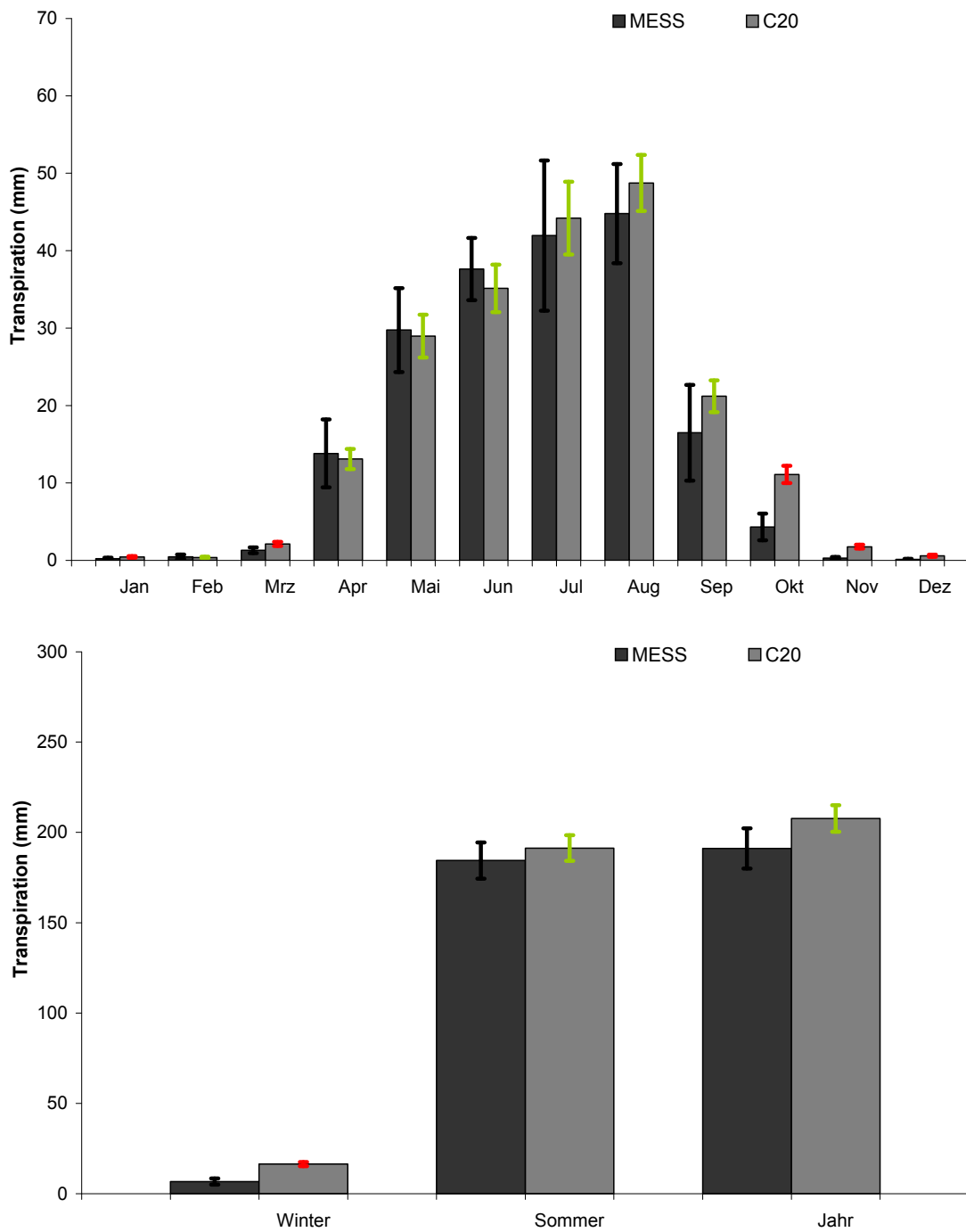


Abbildung 31: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Hermeskeil).

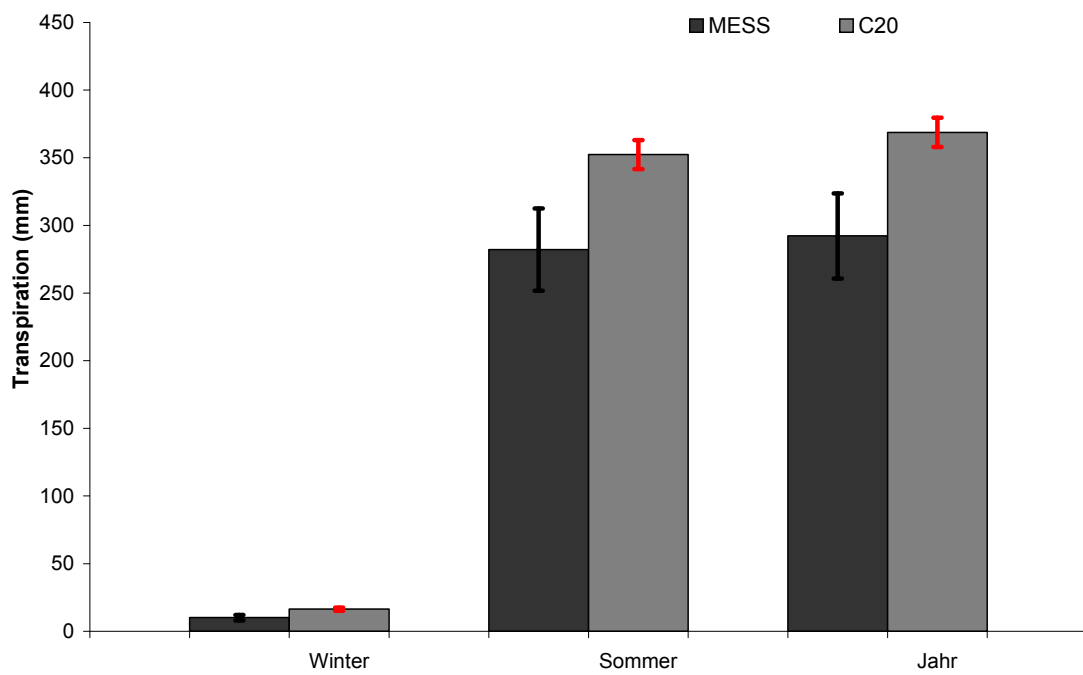
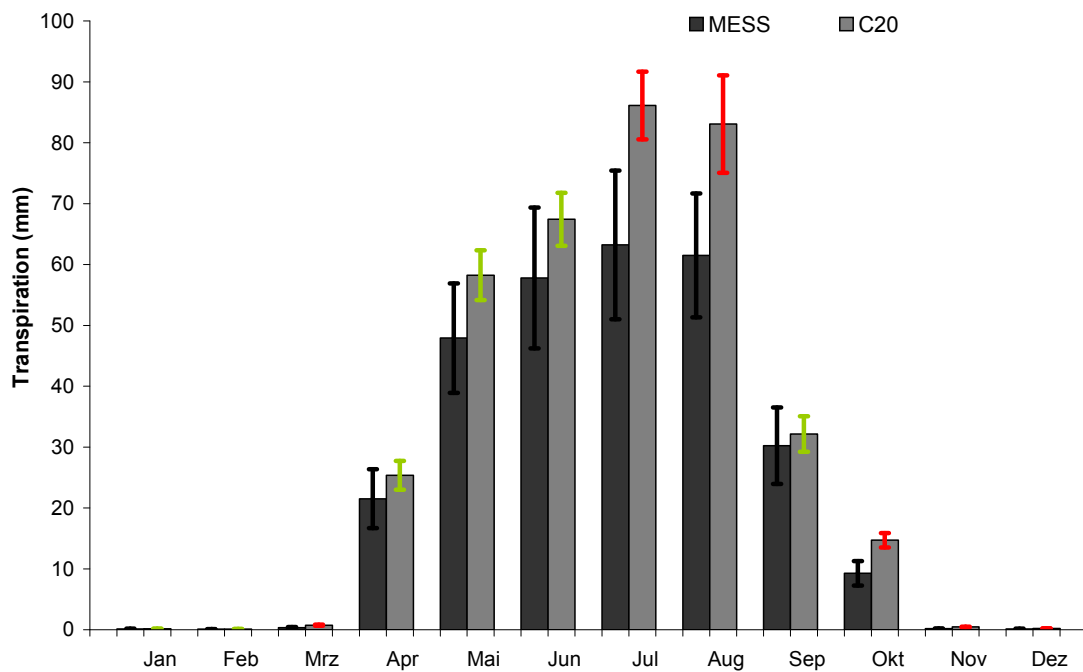


Abbildung 32: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Schaidt).

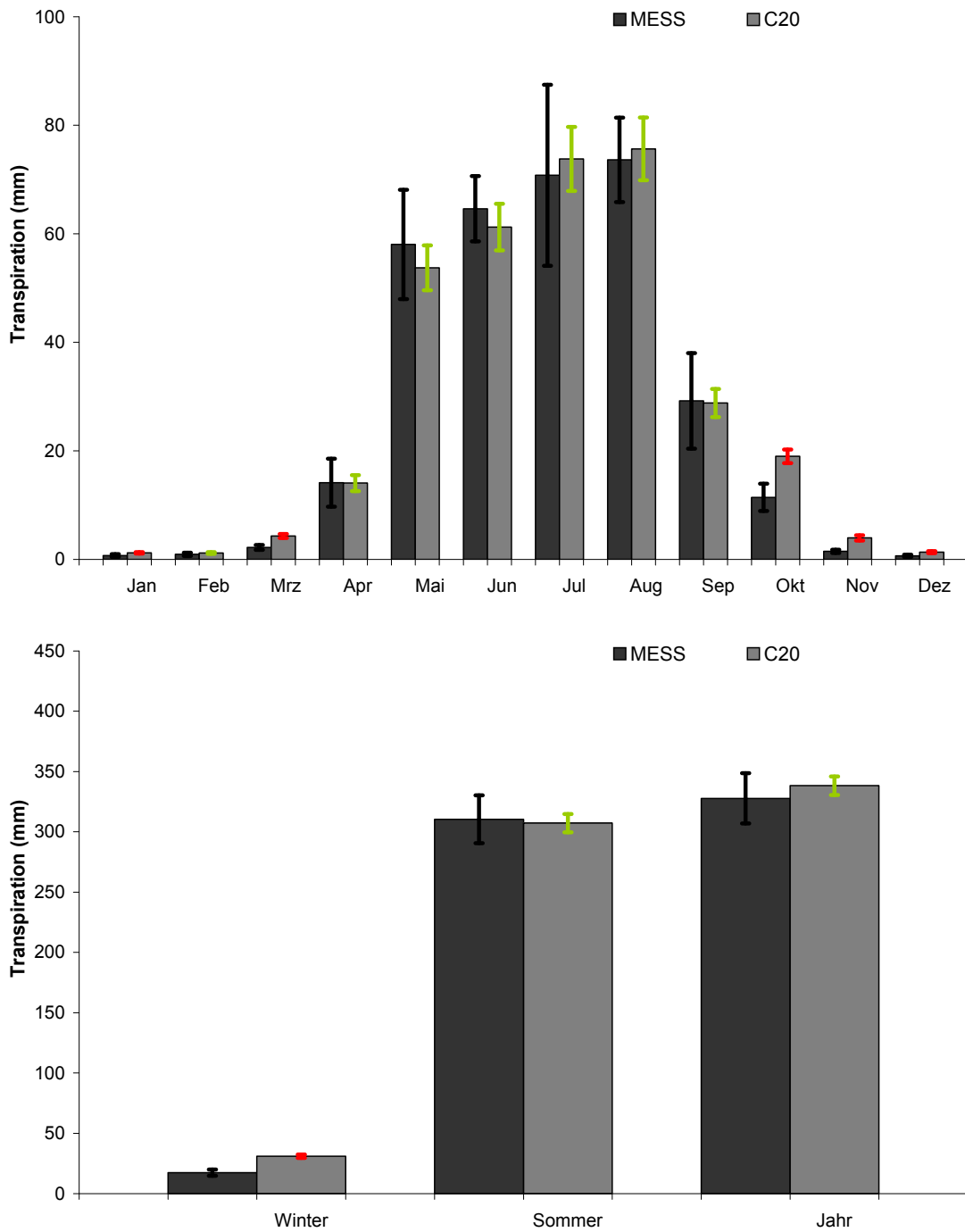


Abbildung 33: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Neuhäusel-Bims).

1.2.4 Evaporation

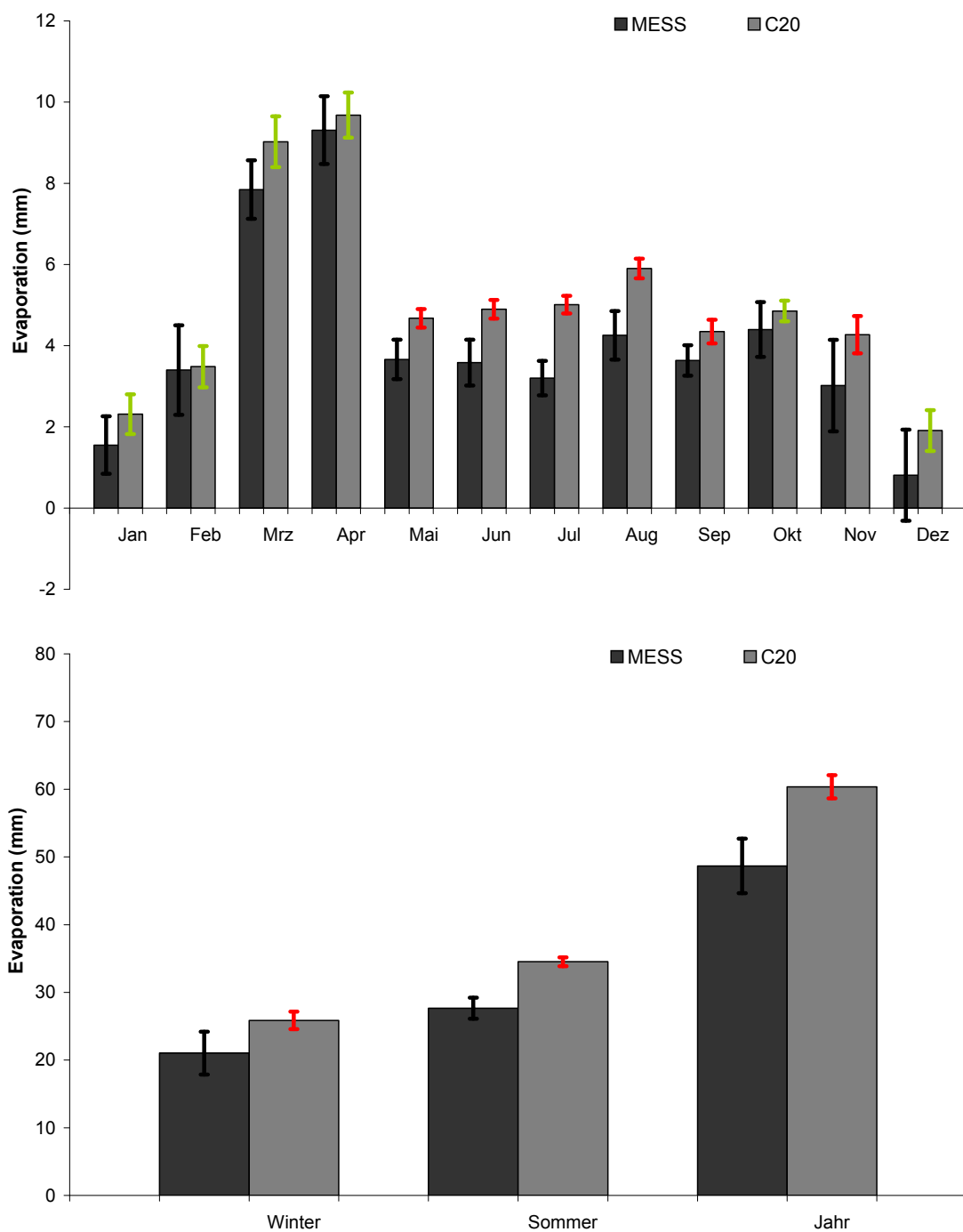


Abbildung 34: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Kirchheimbolanden).
 Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Kirchheimbolanden).

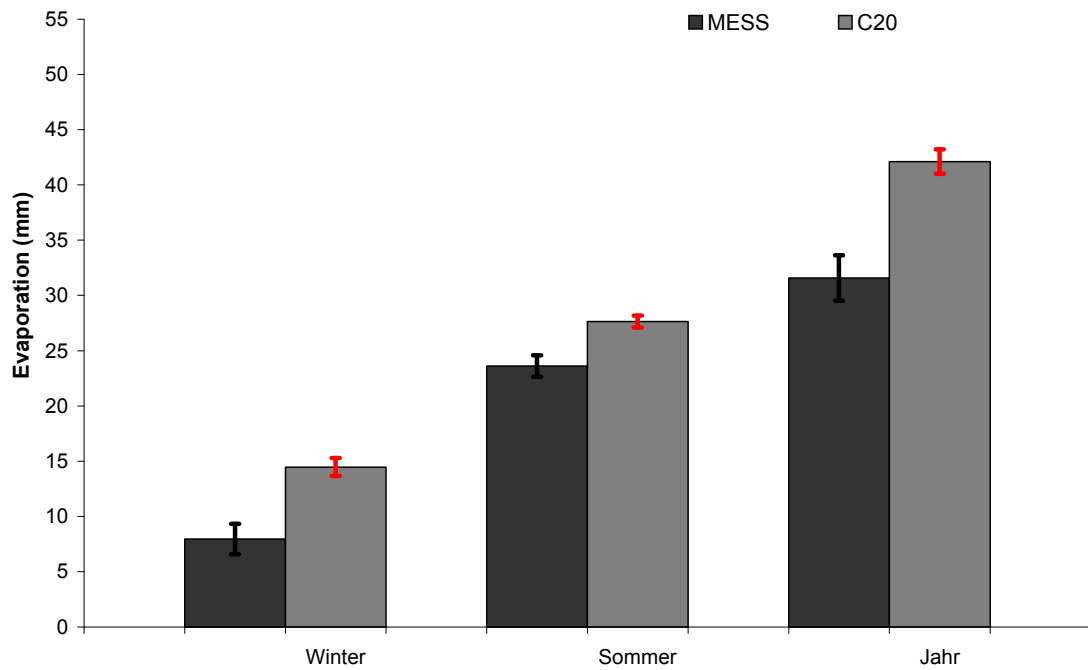
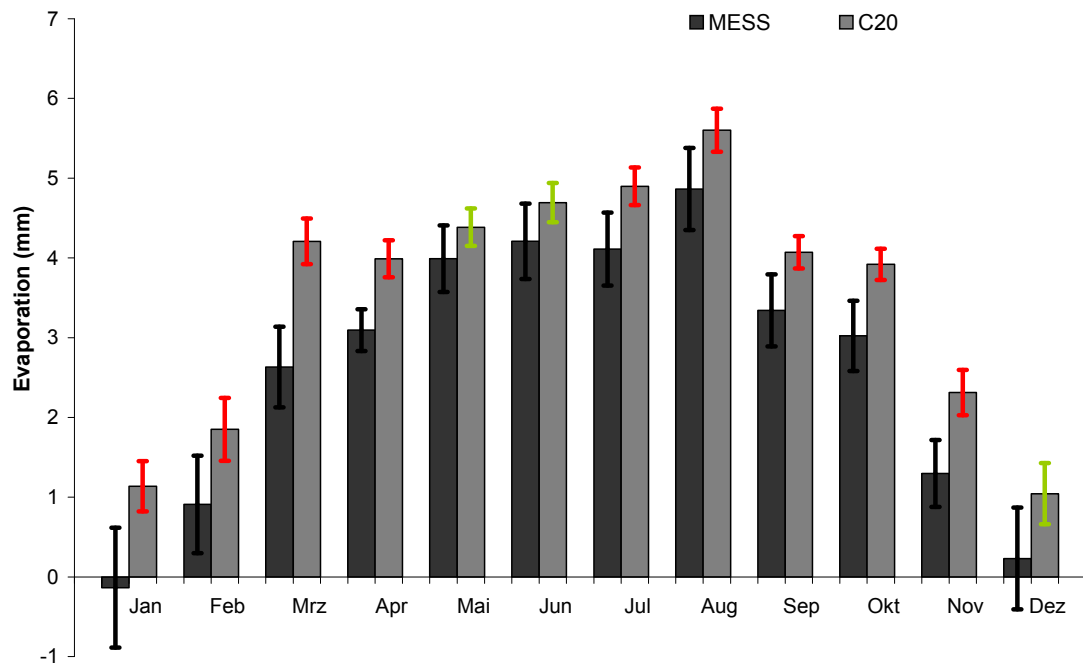


Abbildung 35: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Hermeskeil).
Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Hermeskeil).

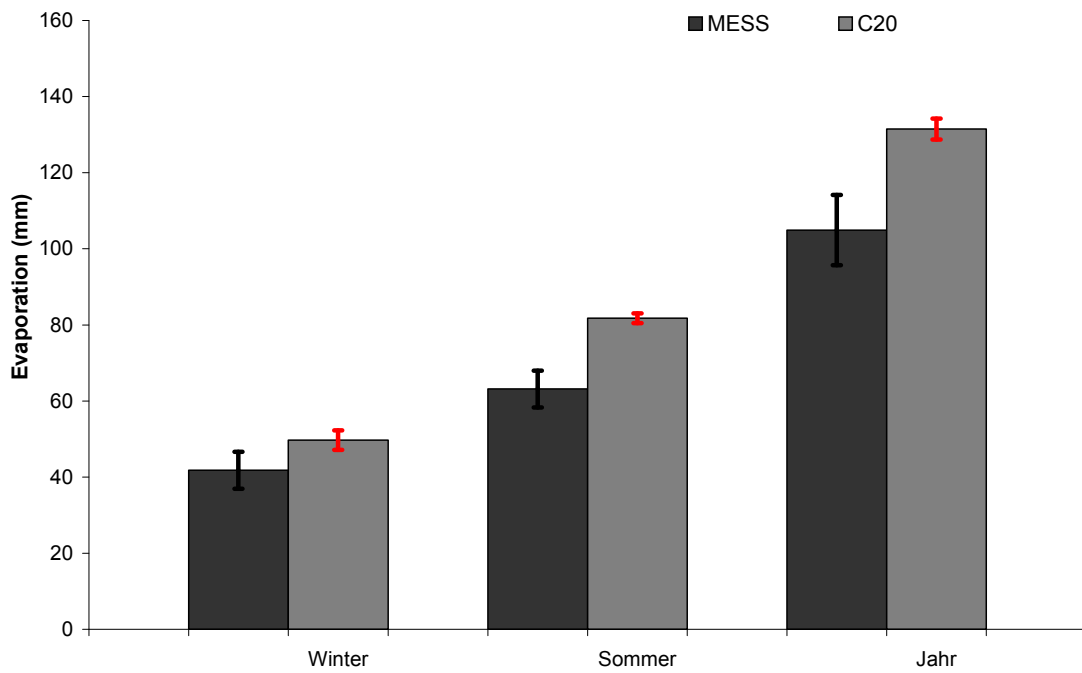
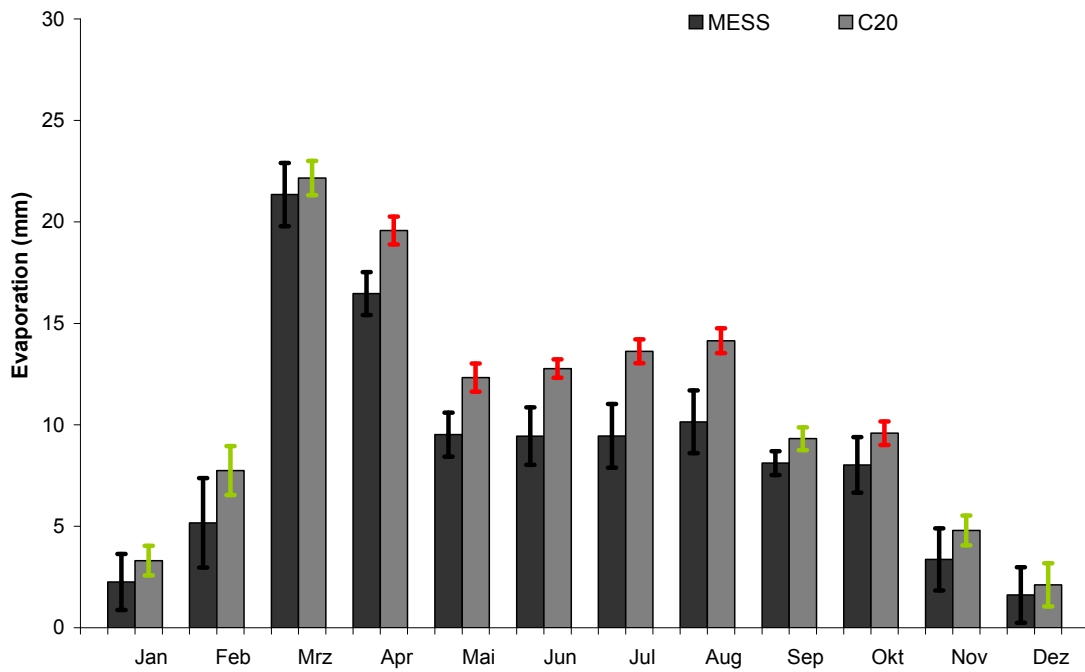


Abbildung 36: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Schaidt).

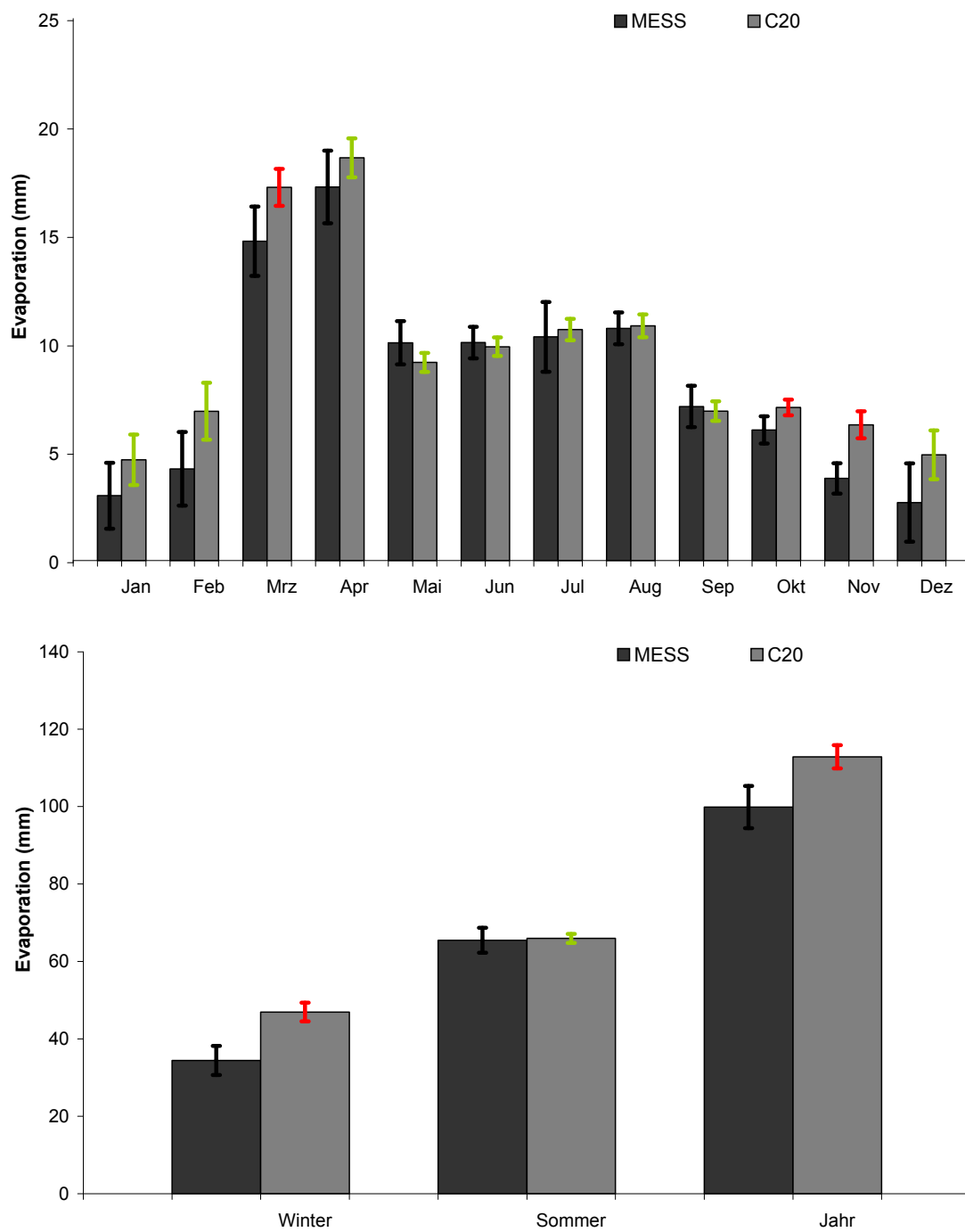


Abbildung 37: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Neuhäusel-Bims).

1.2.5 Vertikale Sickerung

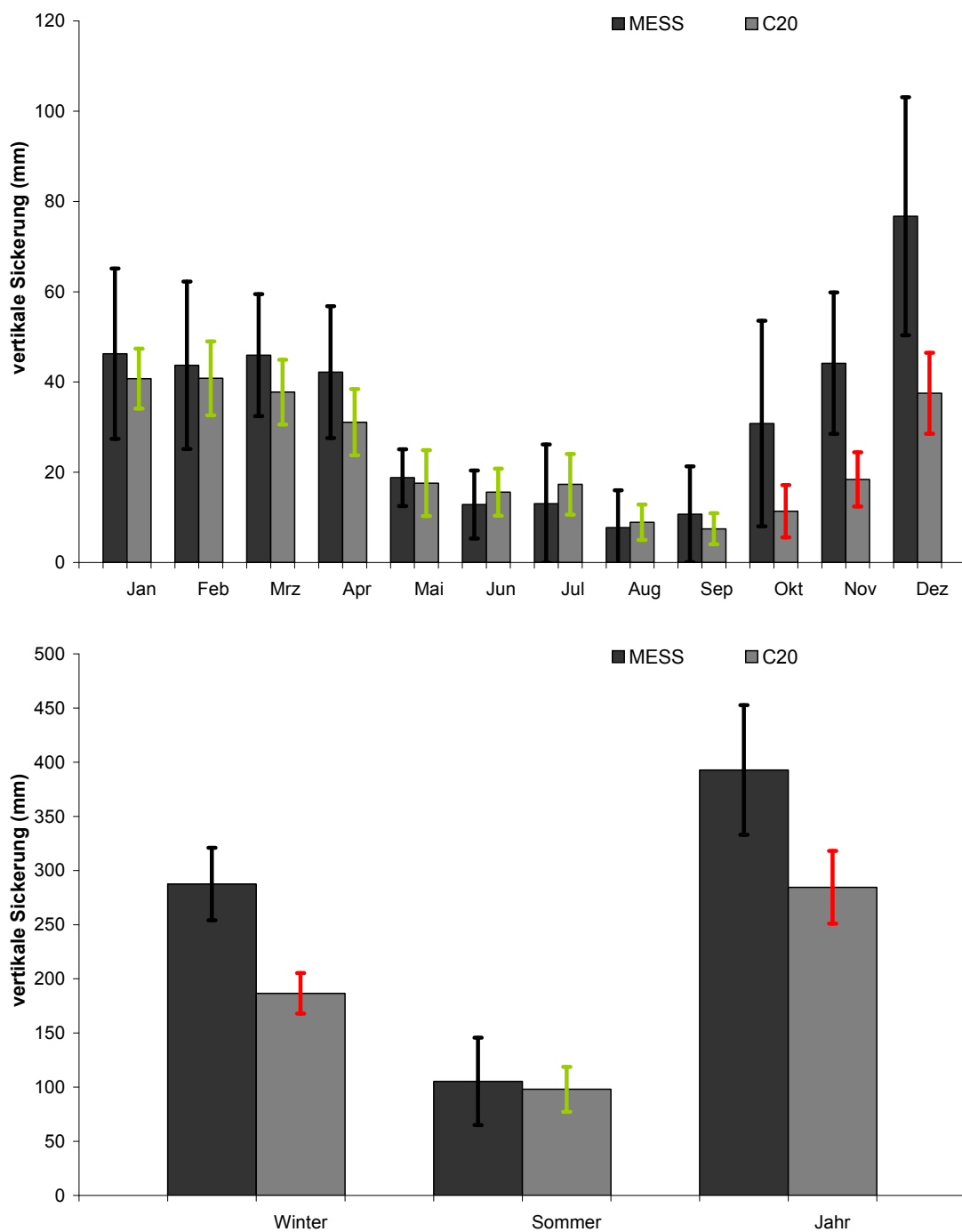


Abbildung 38: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Kirchheimbolanden).

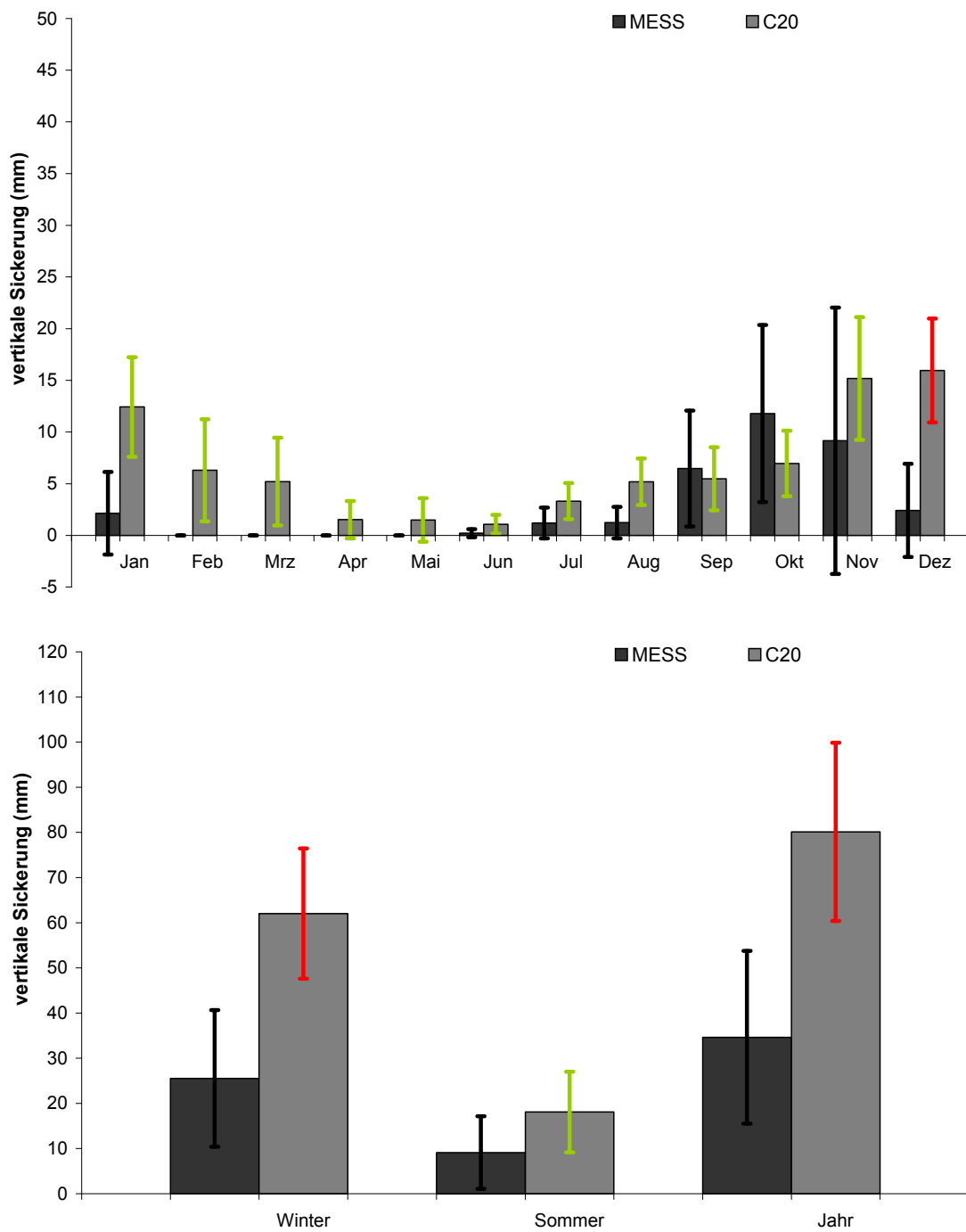


Abbildung 39: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Hermeskeil).

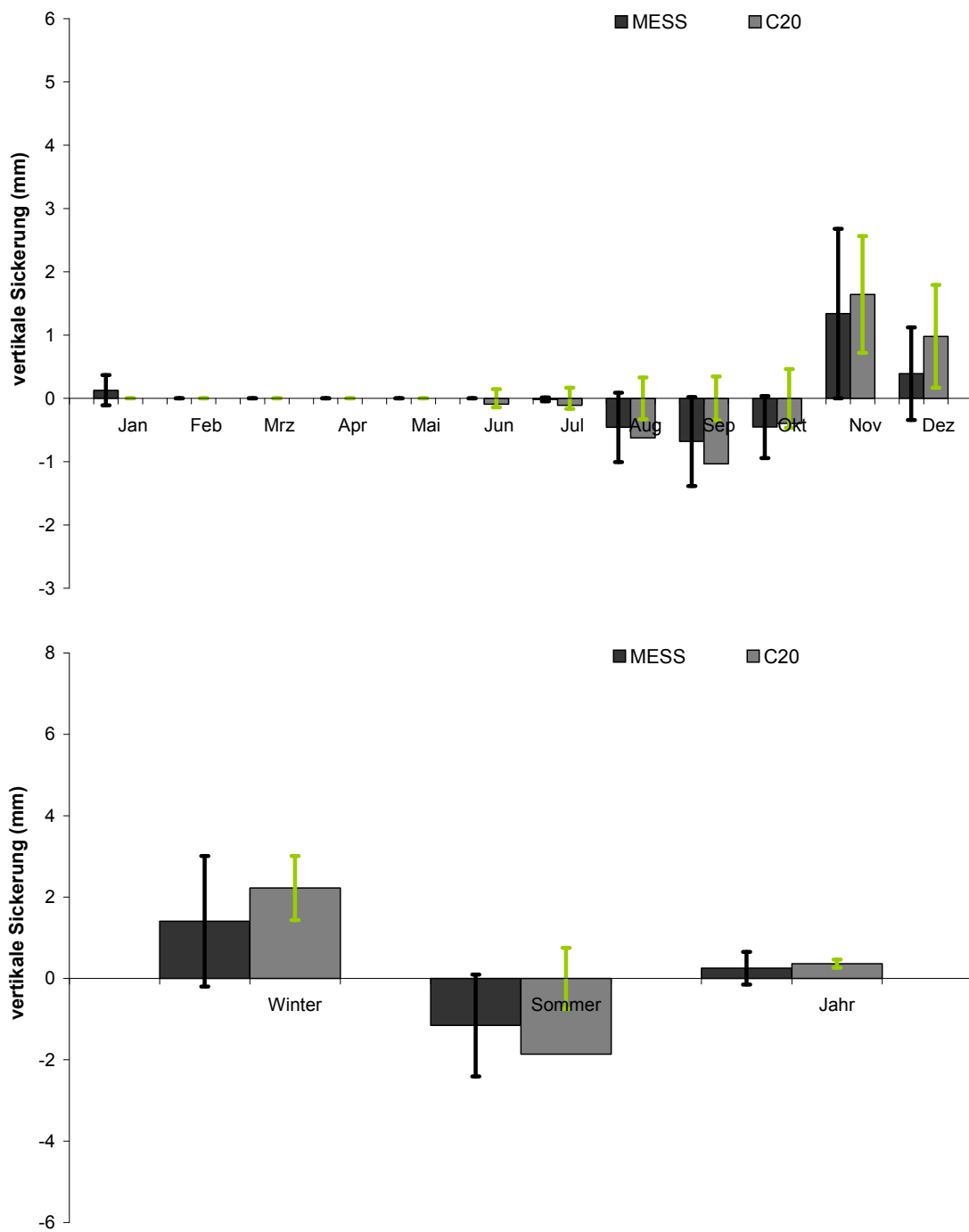


Abbildung 40: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Schaidt).

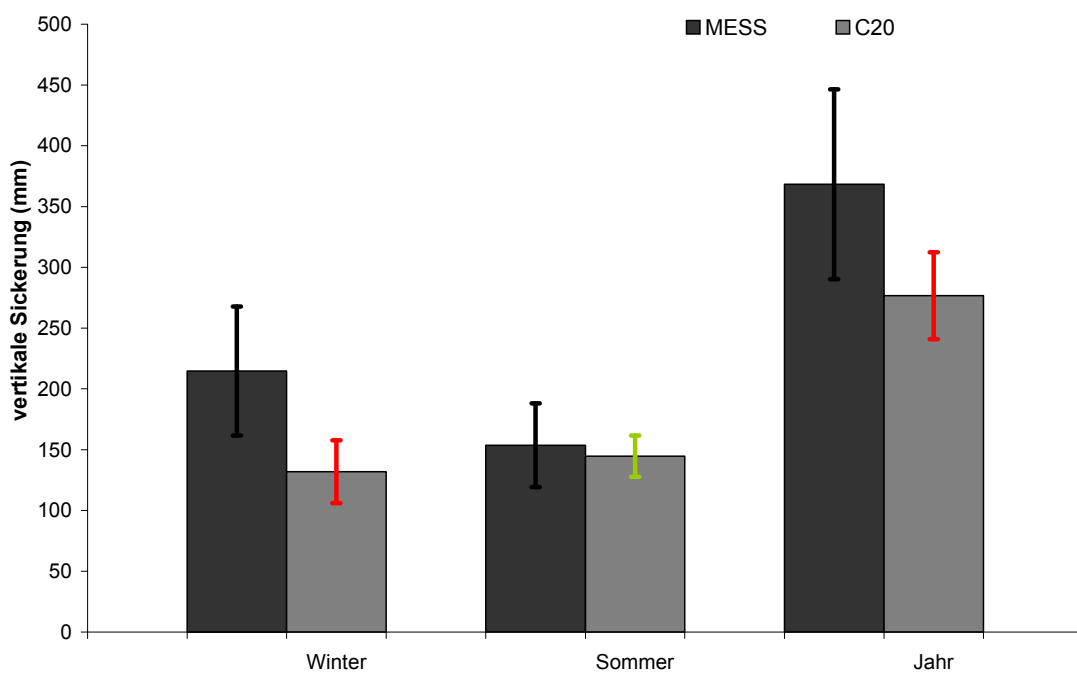
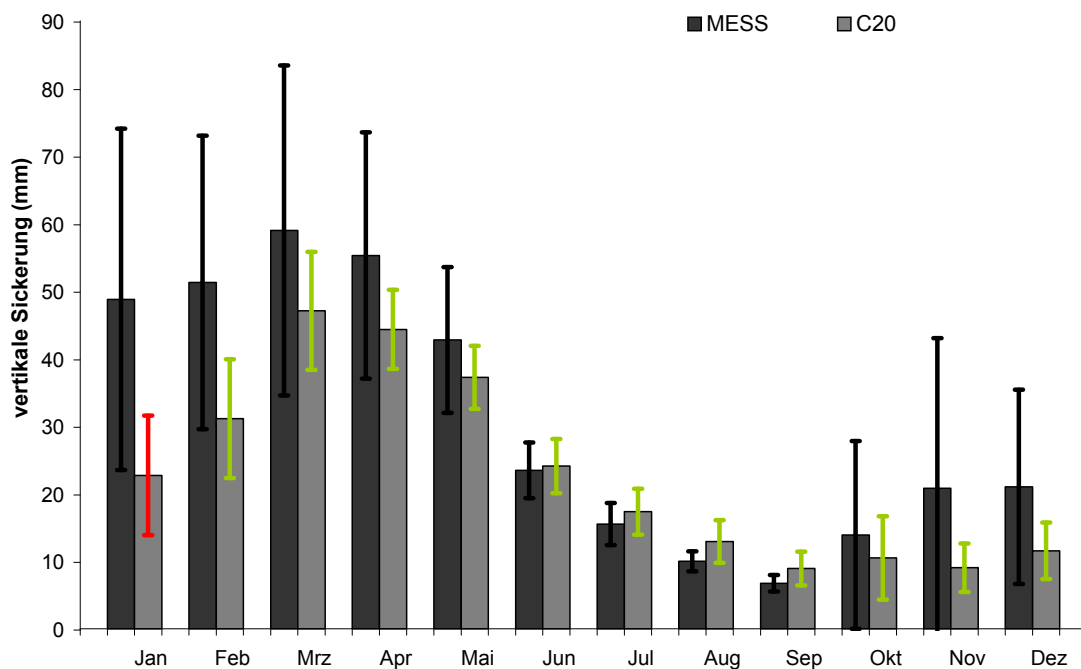


Abbildung 41: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Neuhäusel-Bims).

1.2.6 Lateraler Abfluss

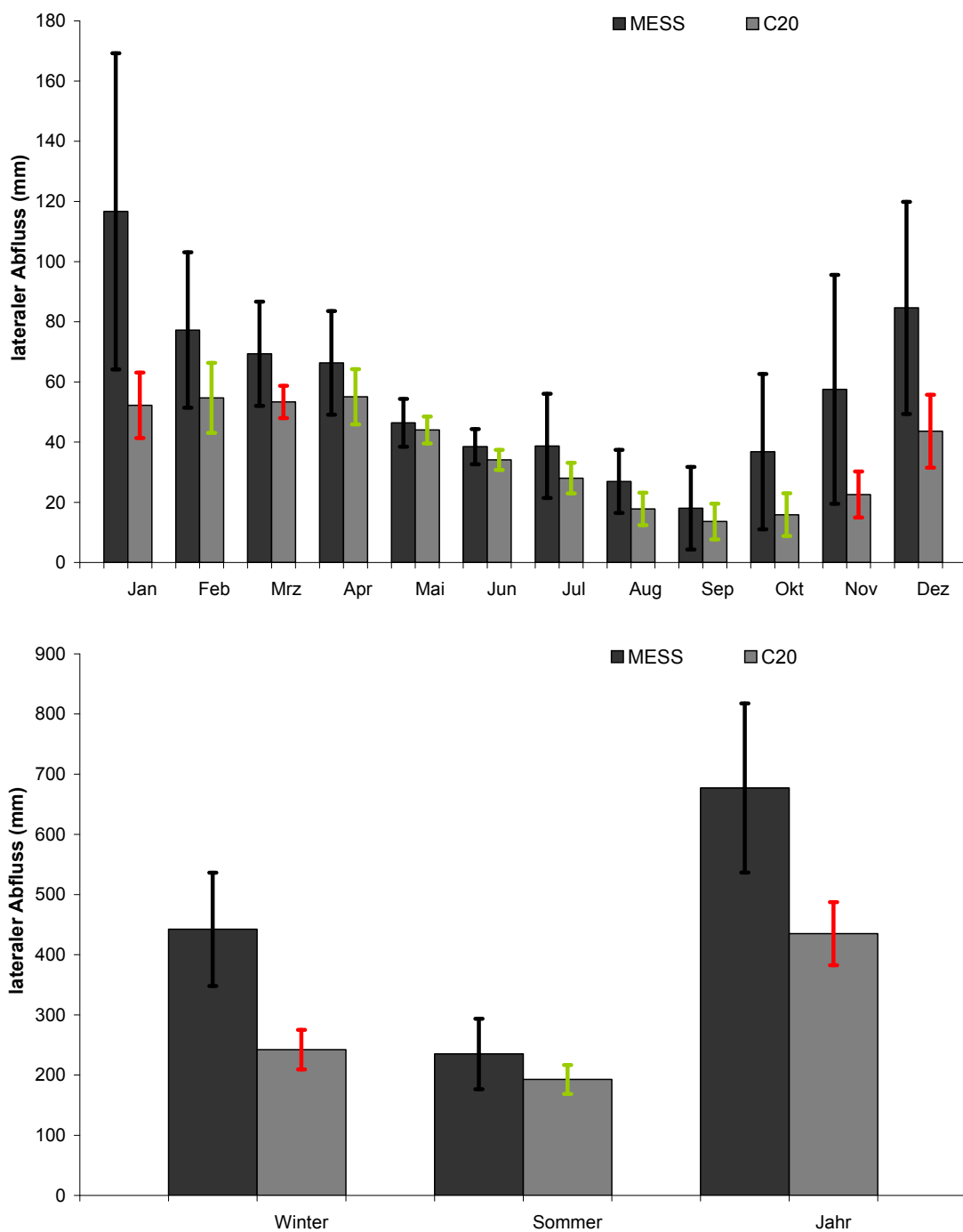


Abbildung 42: Szenarioplausibilität des lateralen Abfluss (hier: Hermeskeil).
Plausibility check of climate scenario, lateral drain (here: Hermeskeil).

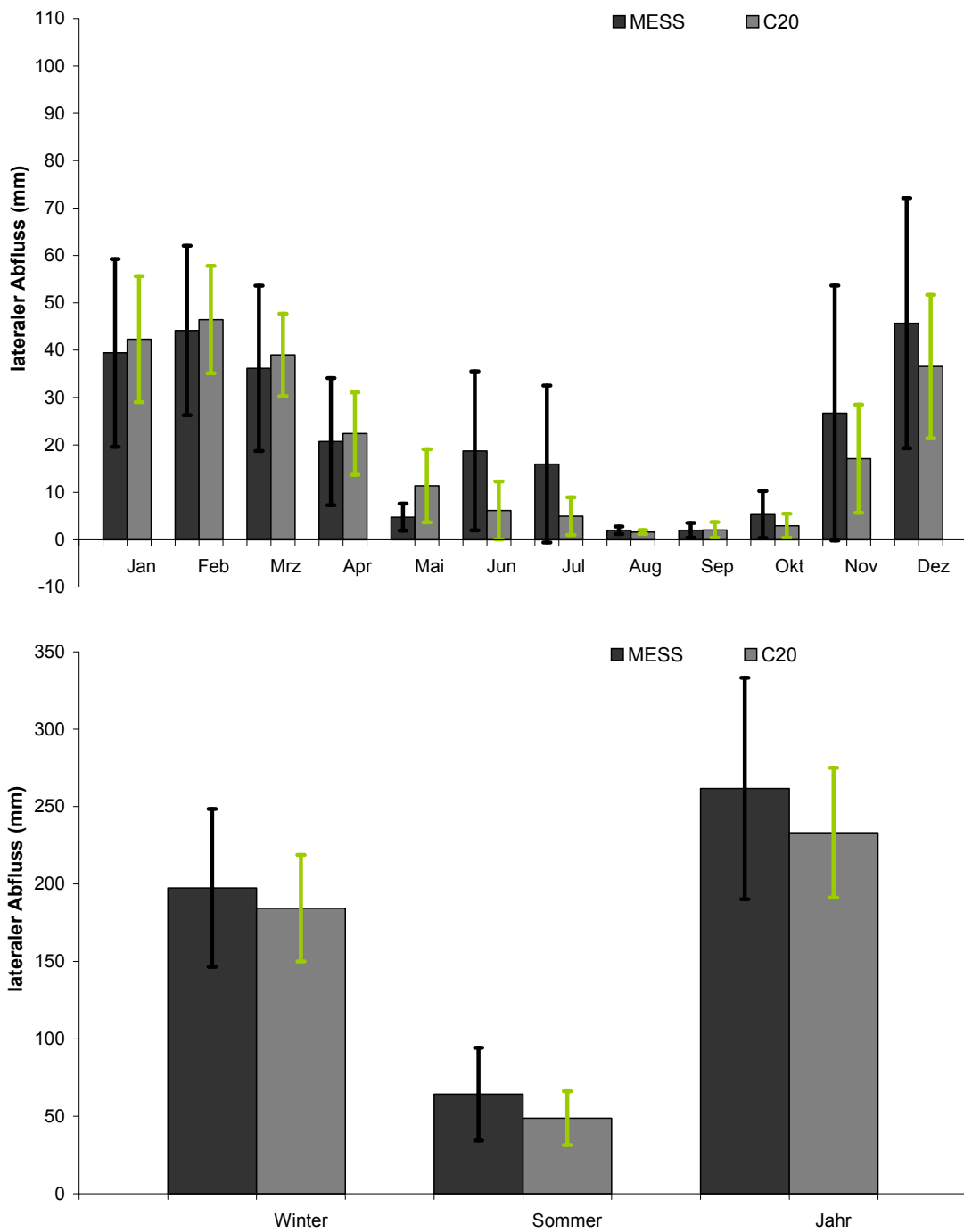


Abbildung 43: Szenarioplausibilität des lateralen Abfluss (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, lateral drain (here: Schaidt).

1.2.7 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat

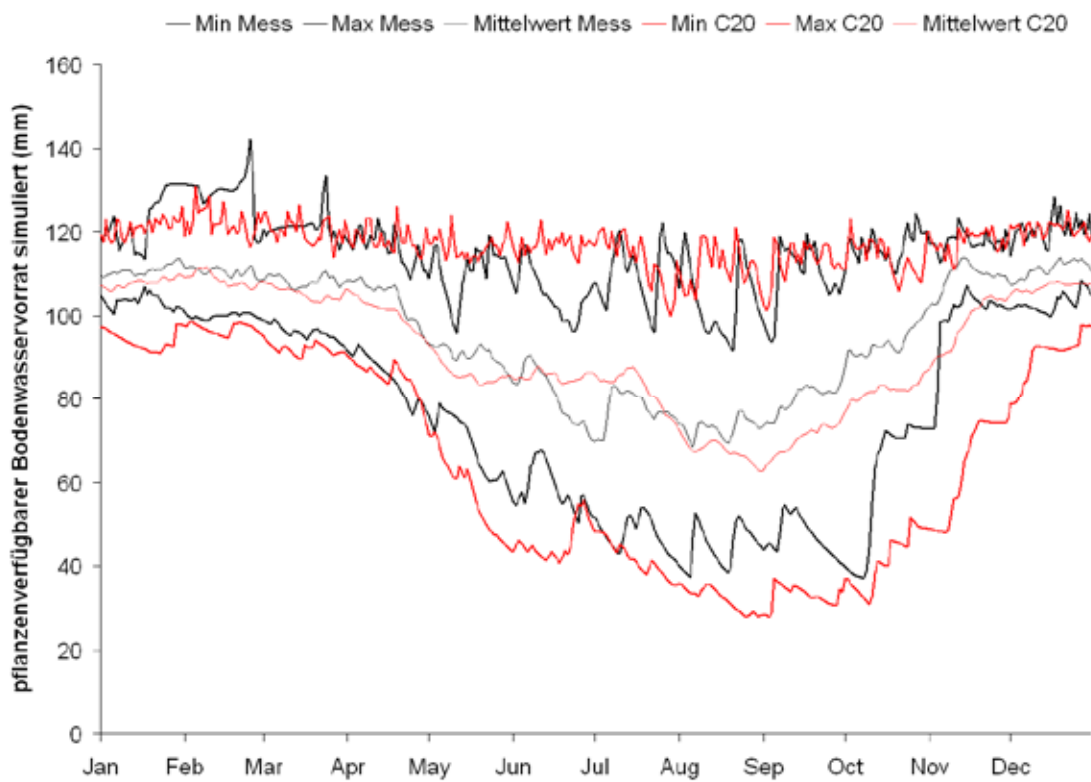


Abbildung 44: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).

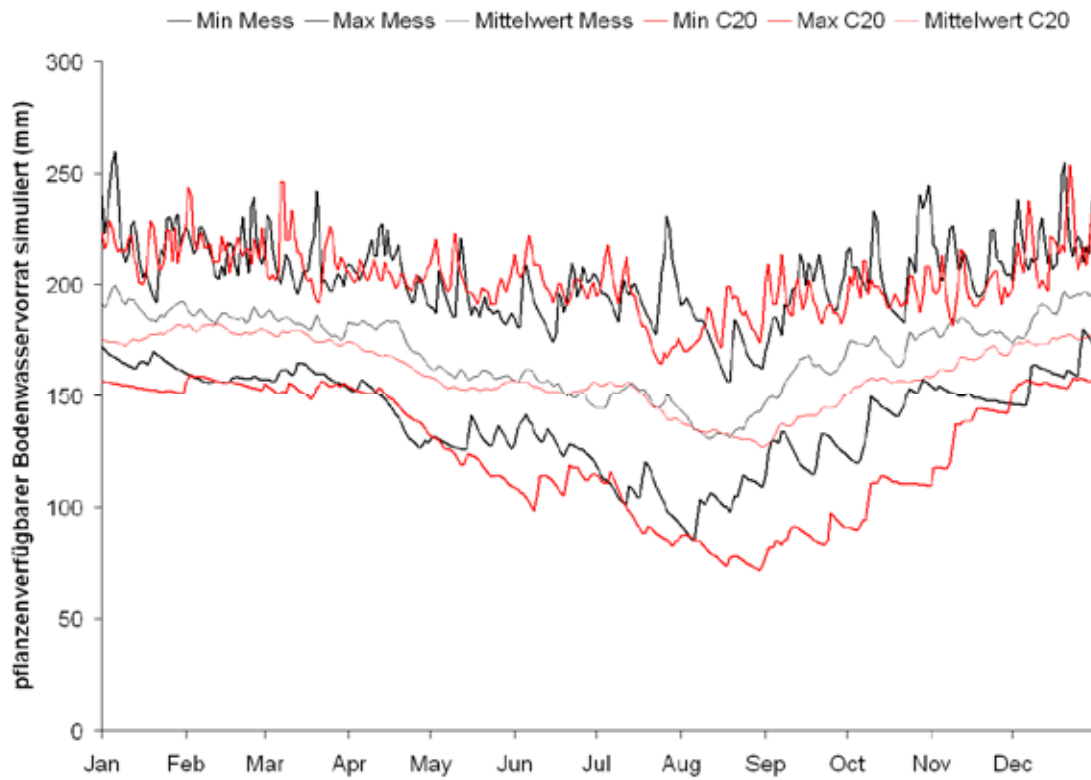


Abbildung 45: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Hermeskeil).

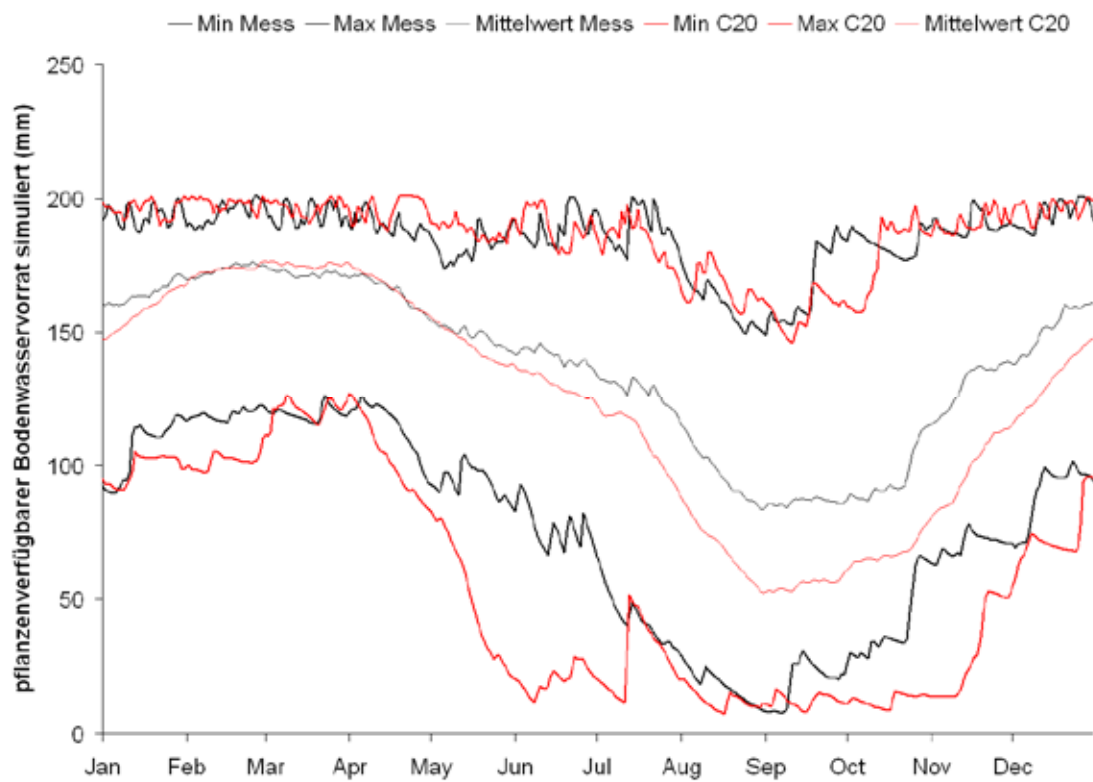


Abbildung 46: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Schaidt).



Abbildung 47: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Neuhäusel-Bims).

1.3 Trockenstress und Sauerstoffmangel

1.3.1 Transpirationsdifferenz T_{diff}

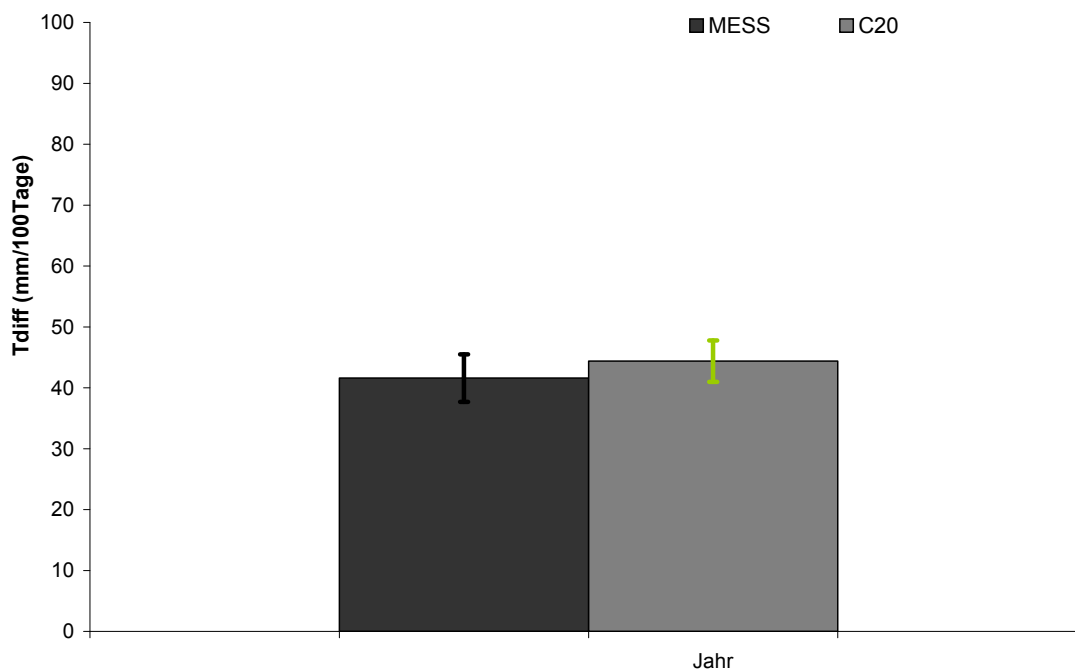


Abbildung 48: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Kirchheimbolanden).

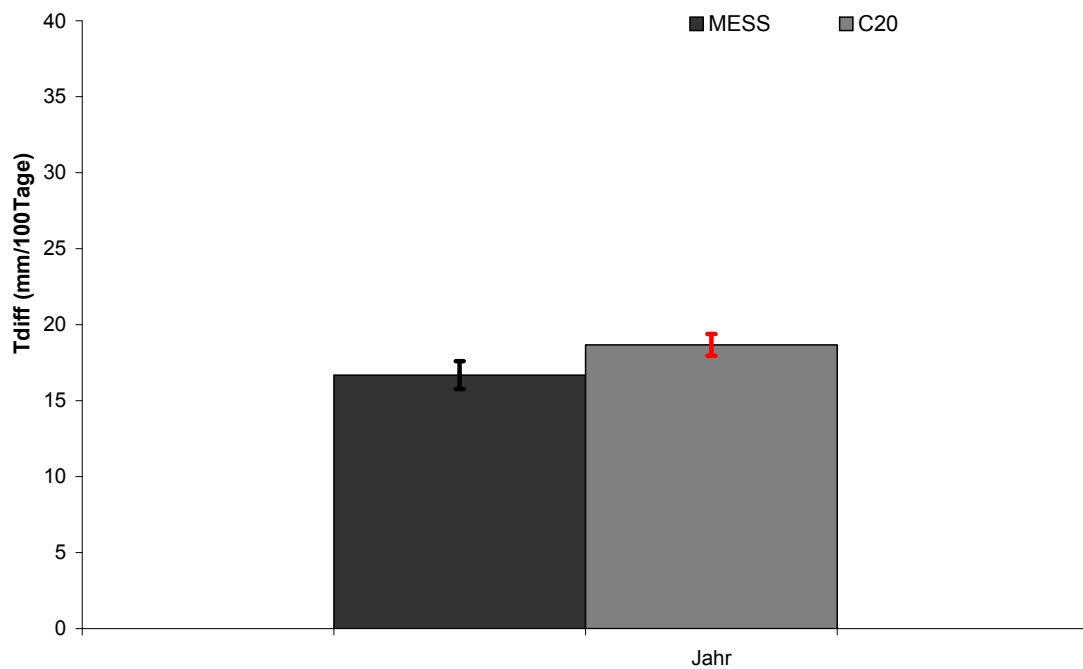


Abbildung 49: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Hermeskeil).

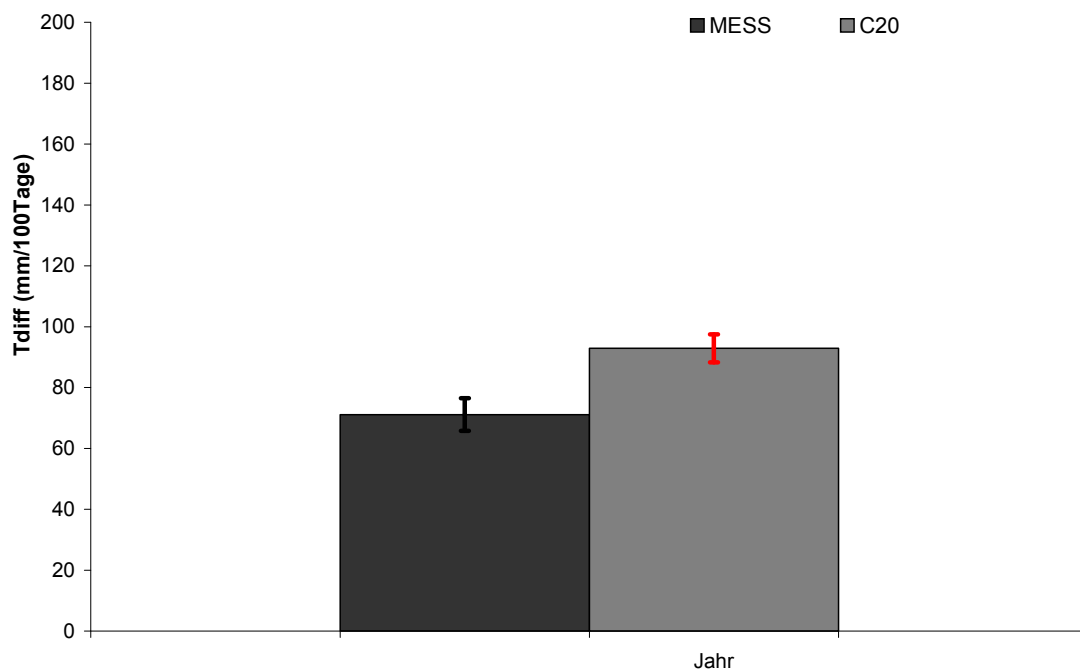


Abbildung 50: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Schaidt).

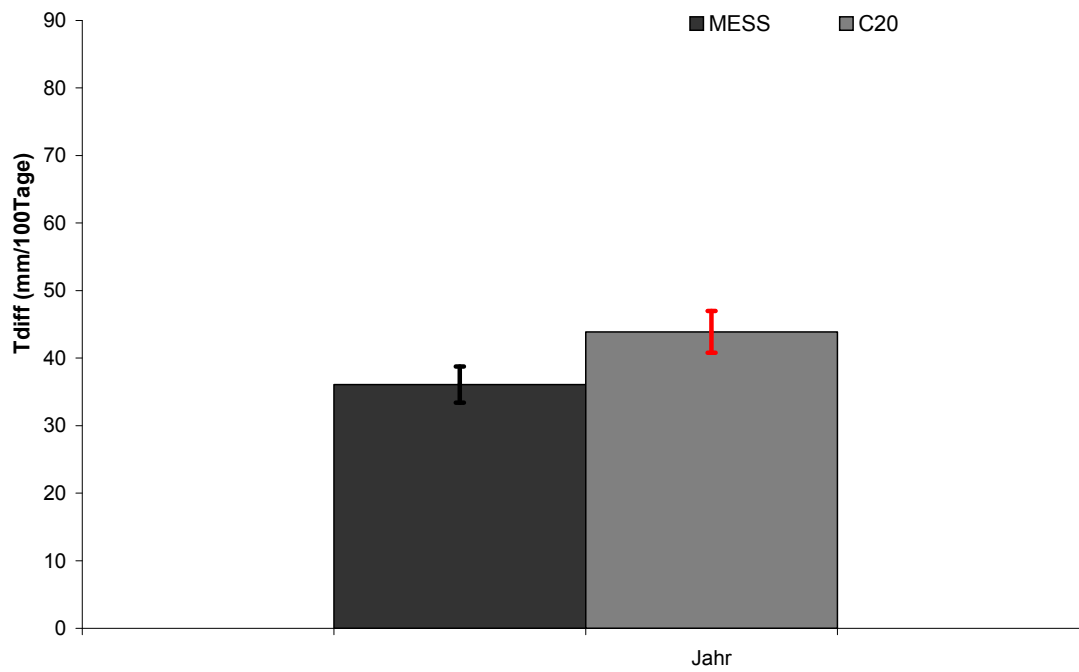


Abbildung 51: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz Tdiff (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, transpiration difference Tdiff (here: Neuhäusel-Bims).

1.3.2 Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum Wp_{akt}

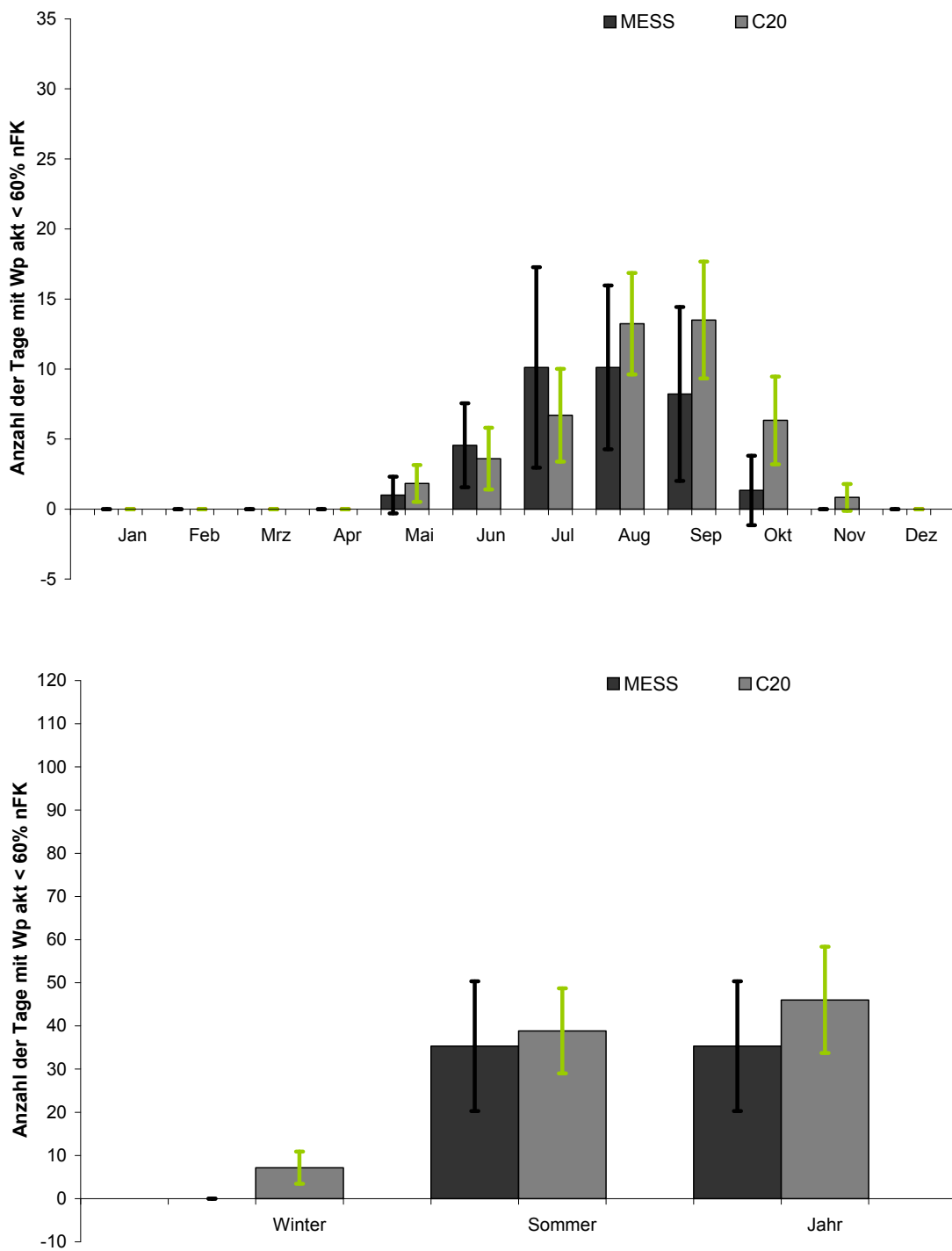


Abbildung 52: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $Wp_{akt} < 60\%$ nFK (hier: Kirchheimbolanden).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $Wp_{akt} < 60\%$ nFK (here: Kirchheimbolanden).

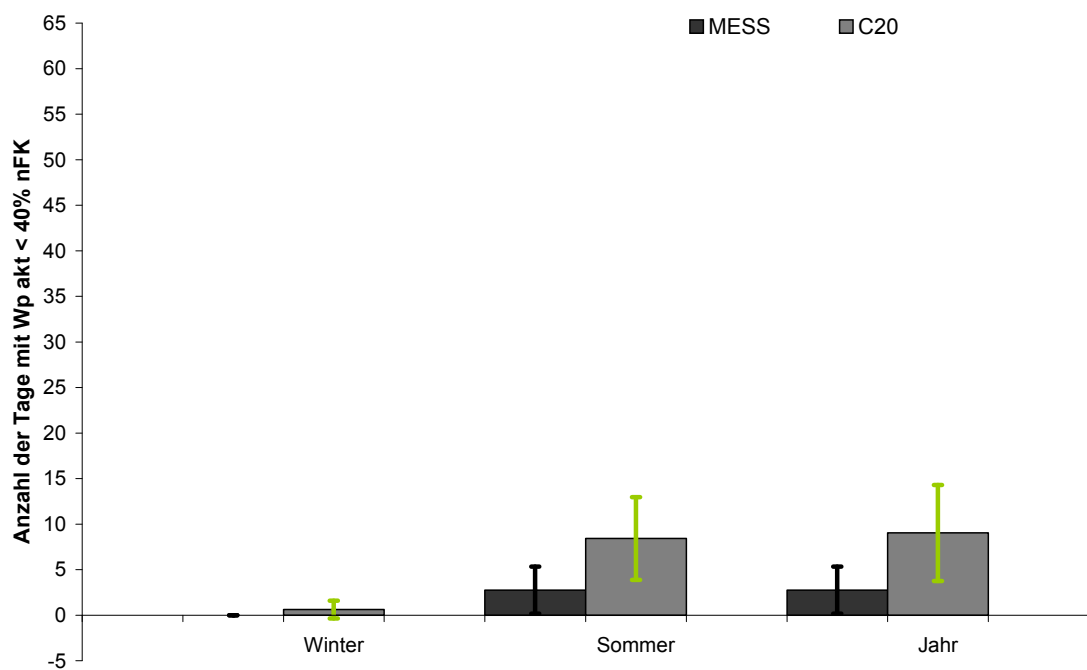
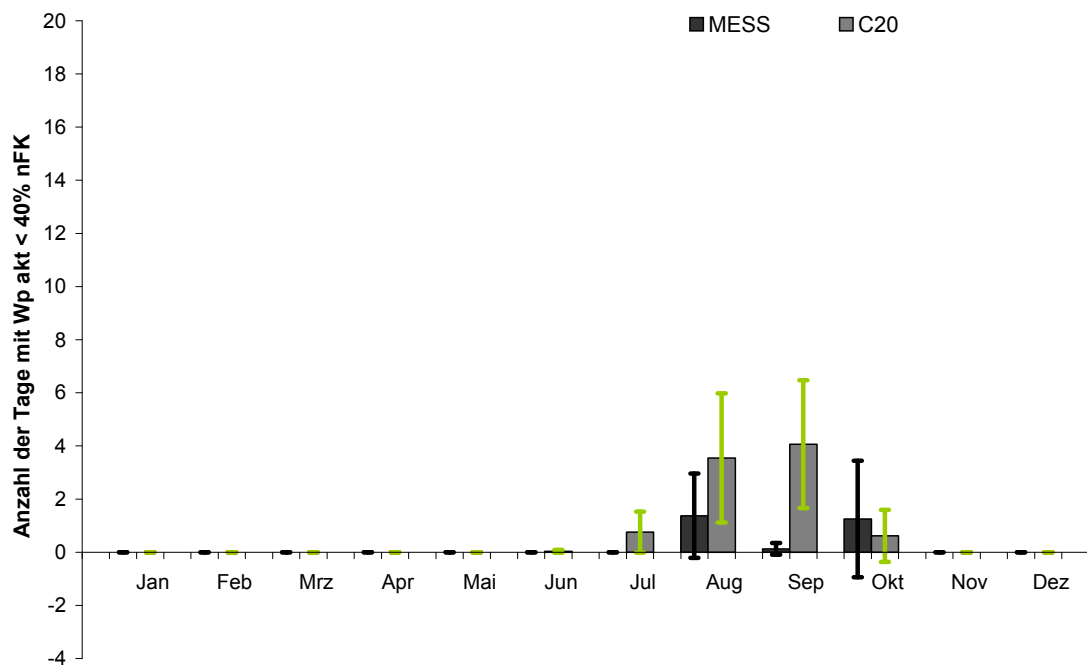


Abbildung 53: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 40% nFK (hier: Kirchheimbolanden).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with W_p akt < 40% nFK (here: Kirchheimbolanden).

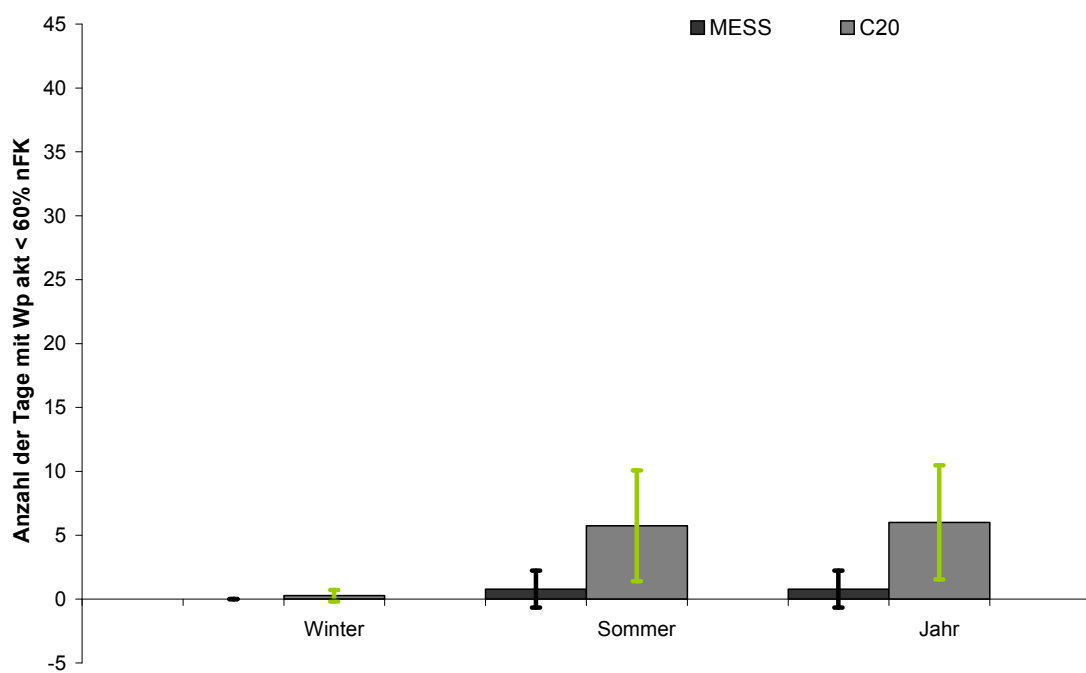
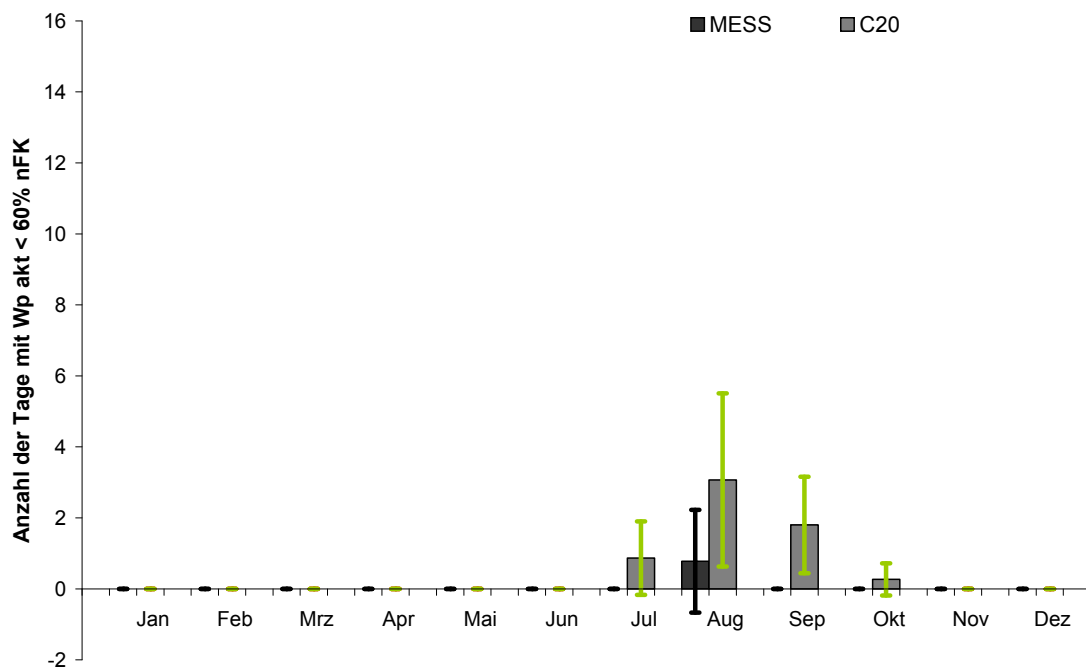


Abbildung 54: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 60% nFK (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with W_p akt < 60% nFK (here: Hermeskeil).

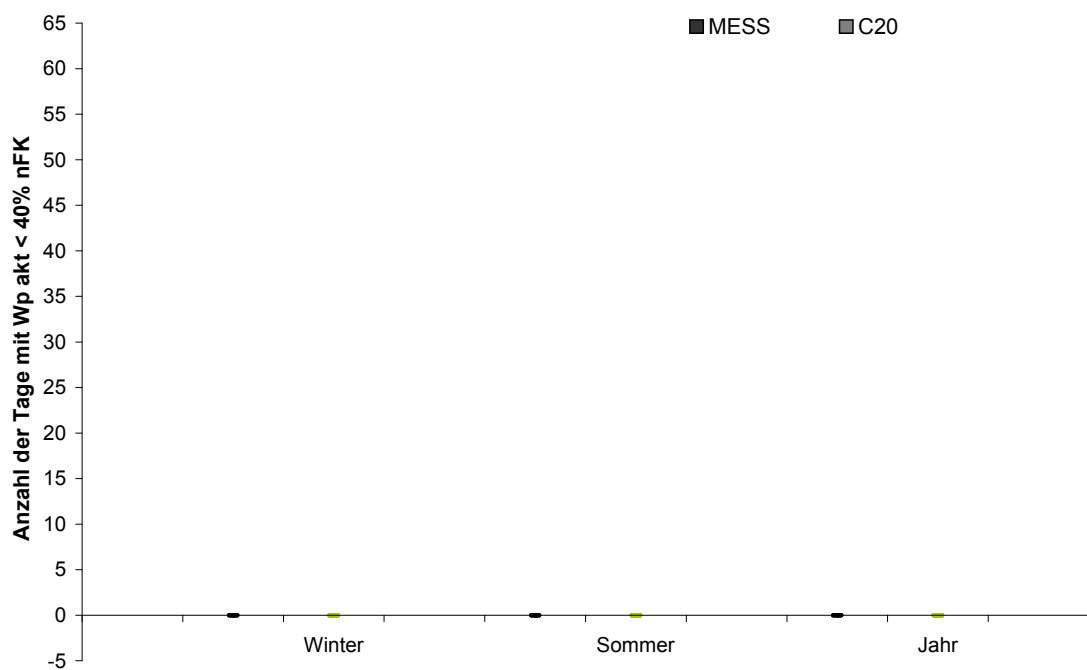
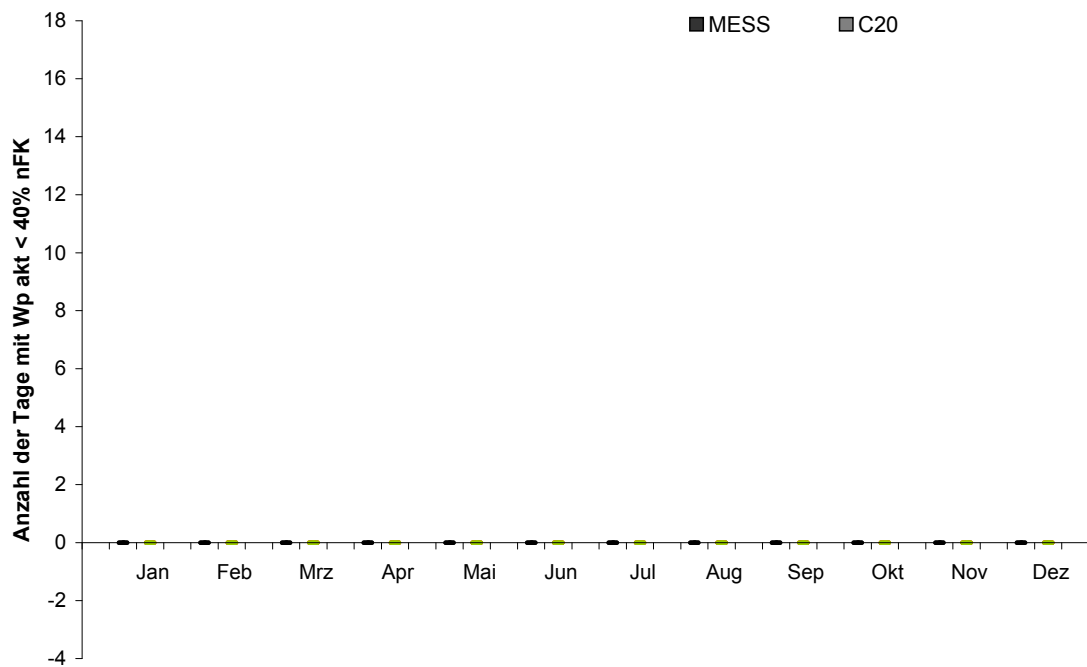


Abbildung 55: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Hermeskeil).

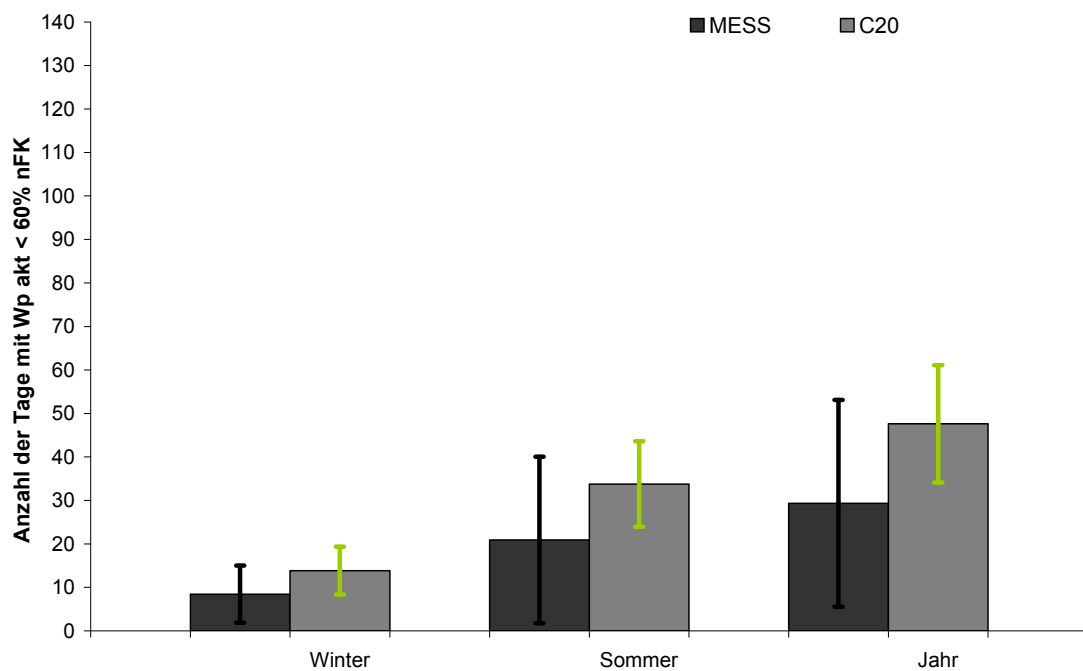
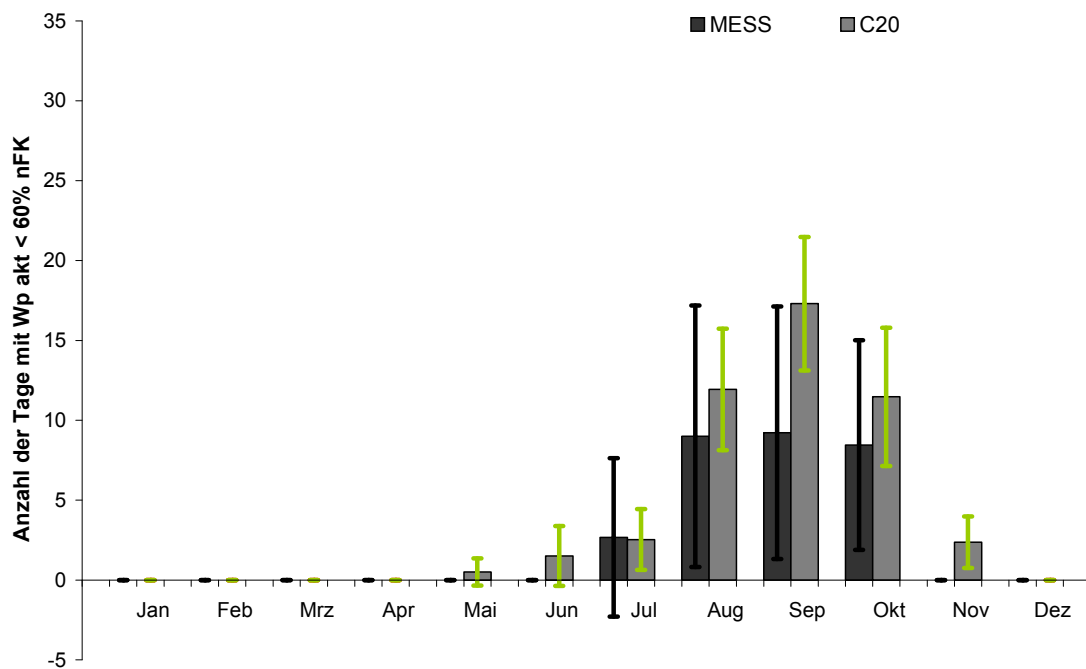


Abbildung 56: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 60% nFK (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with W_p akt < 60% nFK (here: Schaidt).

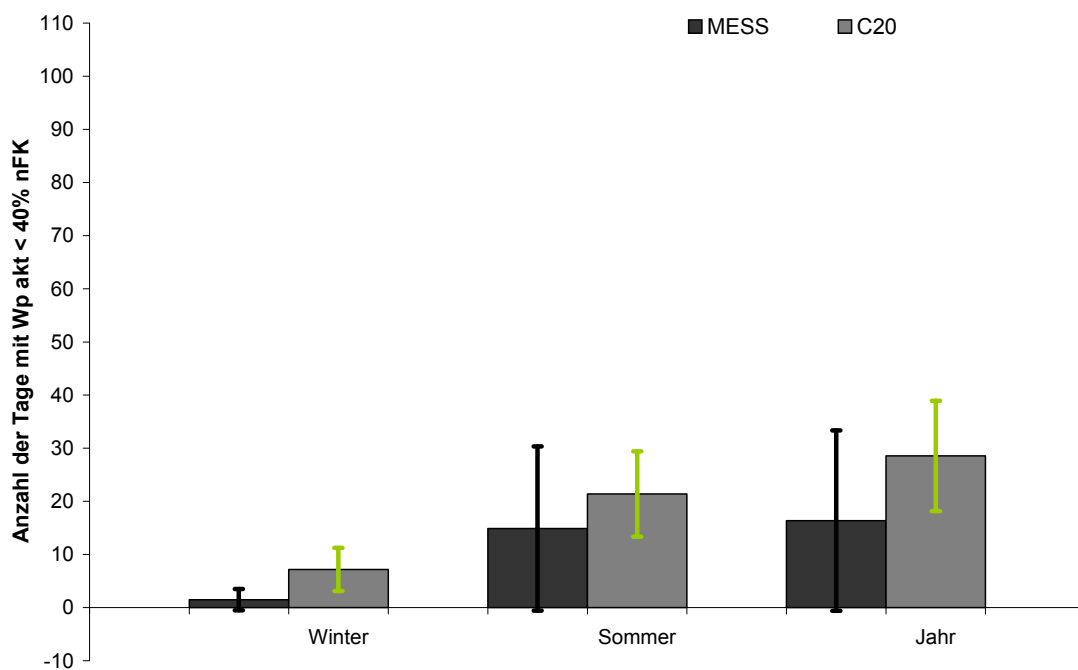
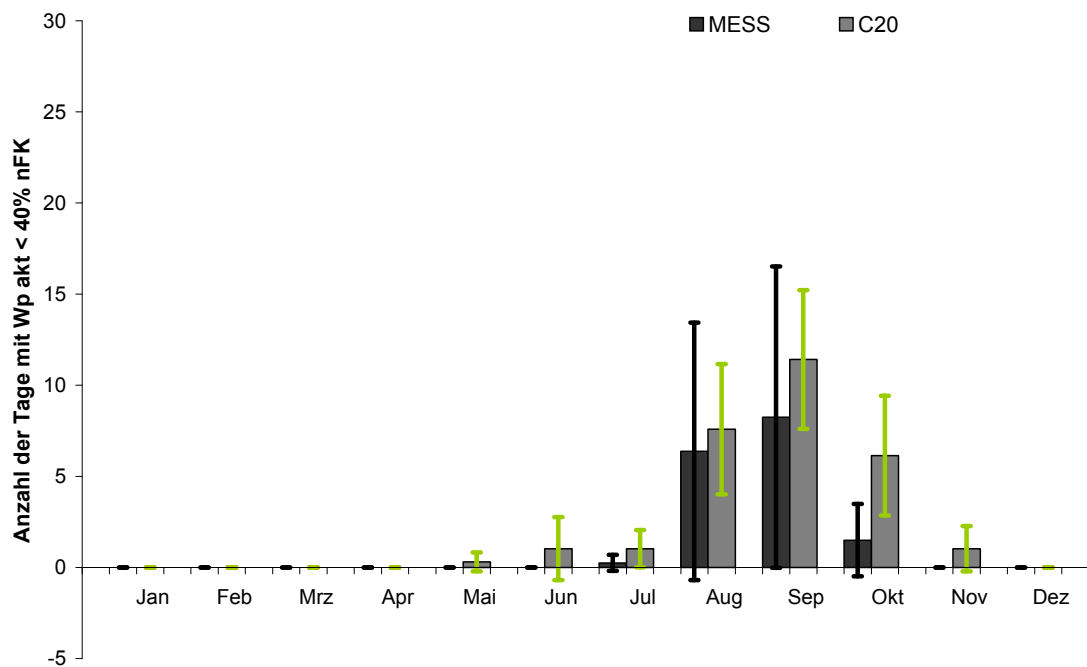


Abbildung 57: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 40% nFK (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with W_p akt < 40% nFK (here: Schaidt).

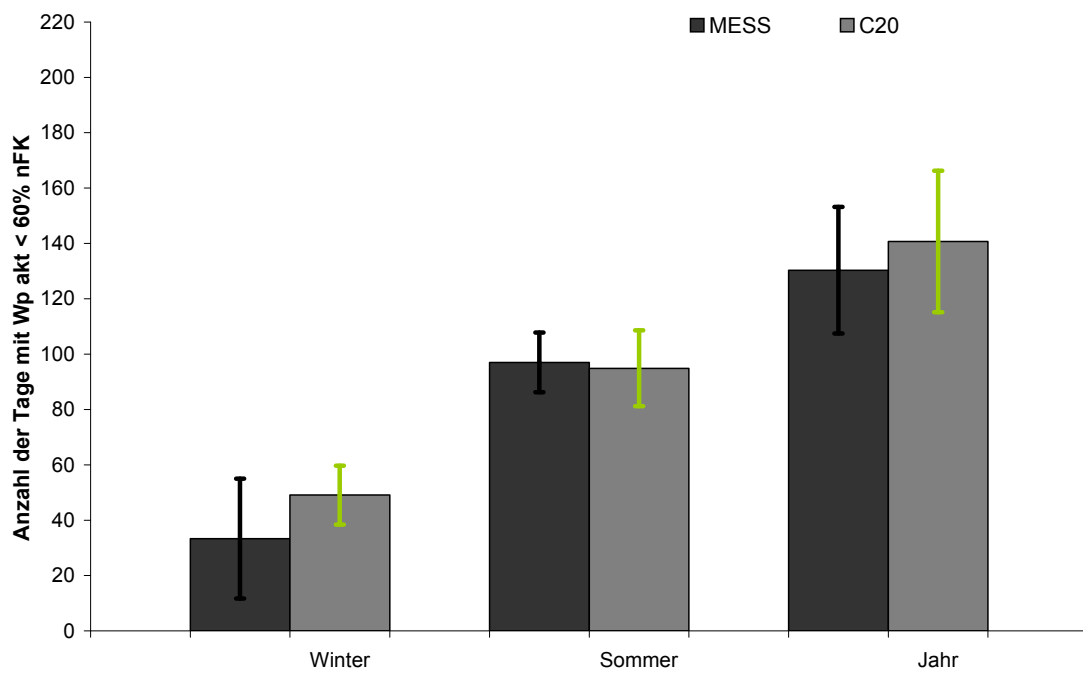
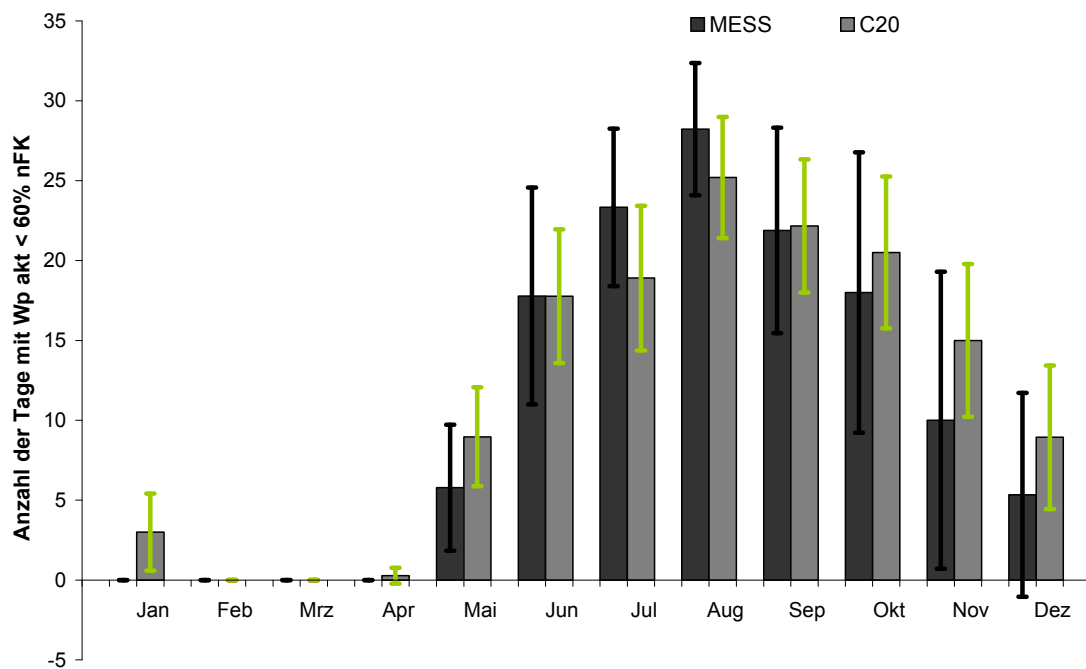


Abbildung 58: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit Wp akt < 60% nFK (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with Wp akt < 60% nFK (here: Neuhäusel-Bims).

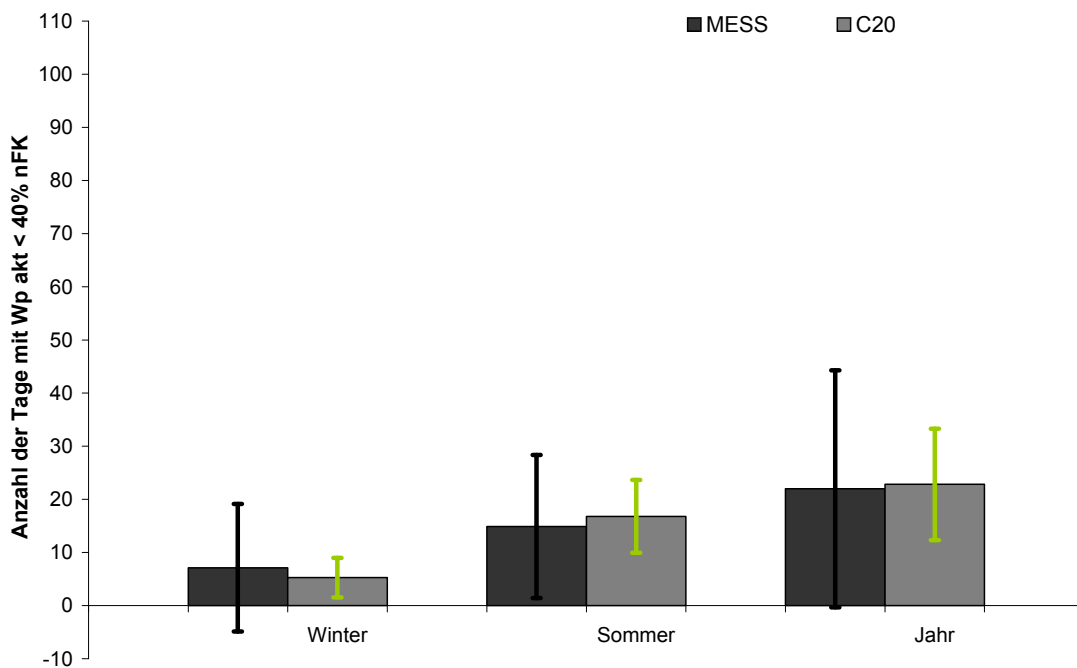
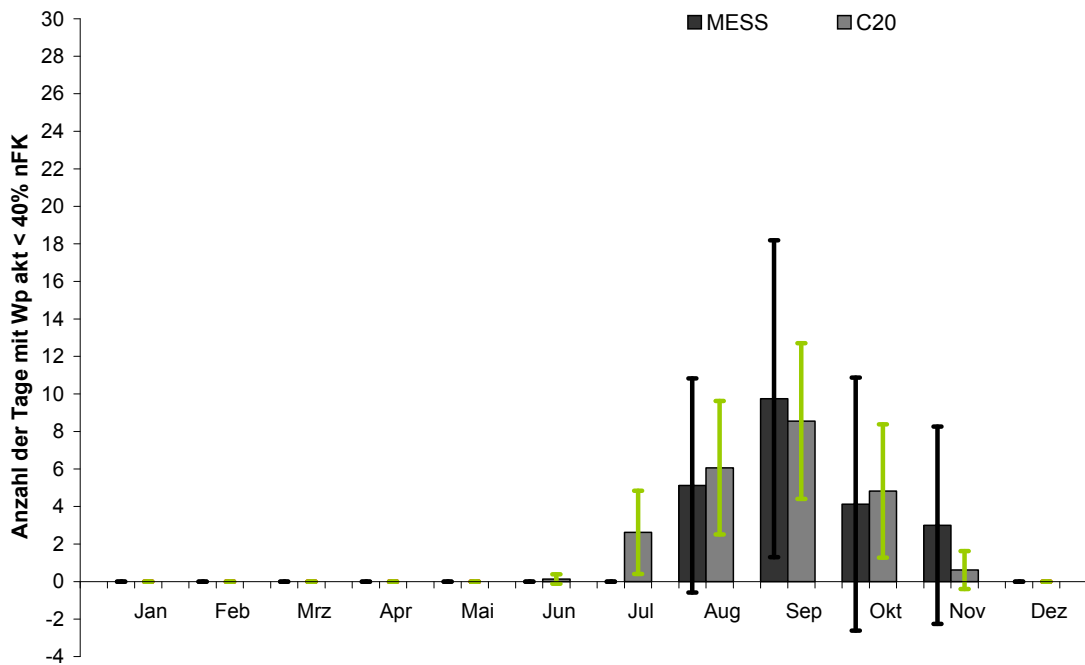


Abbildung 59: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 40% nFK (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with W_p akt < 40% nFK (here: Neuhäusel-Bims).

1.3.3 AIR30

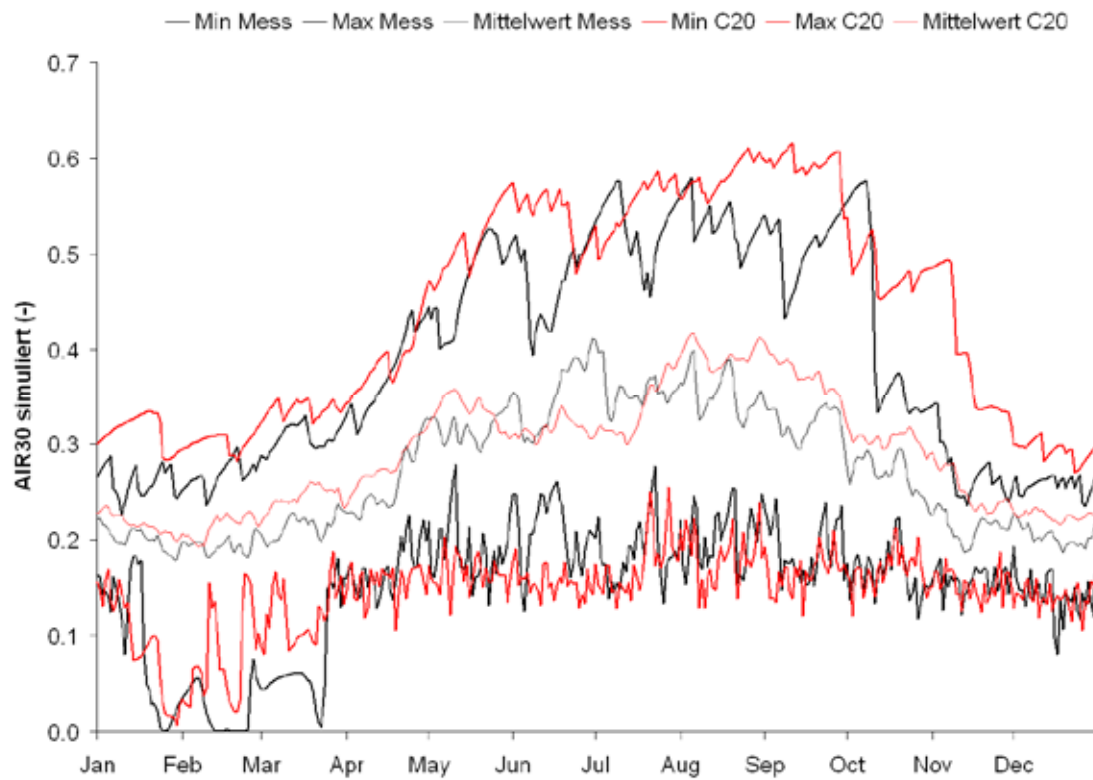


Abbildung 60. Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Kirchheimbolanden).
Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Kirchheimbolanden).

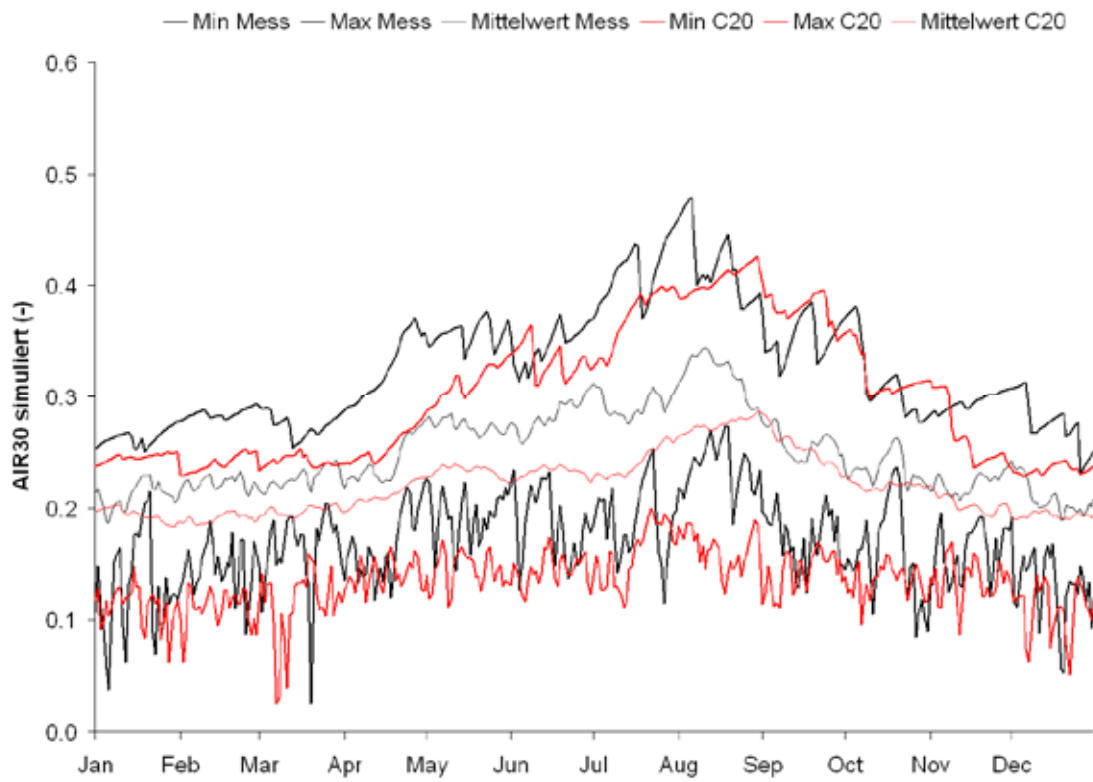


Abbildung 61: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Hermeskeil).
 Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Hermeskeil).

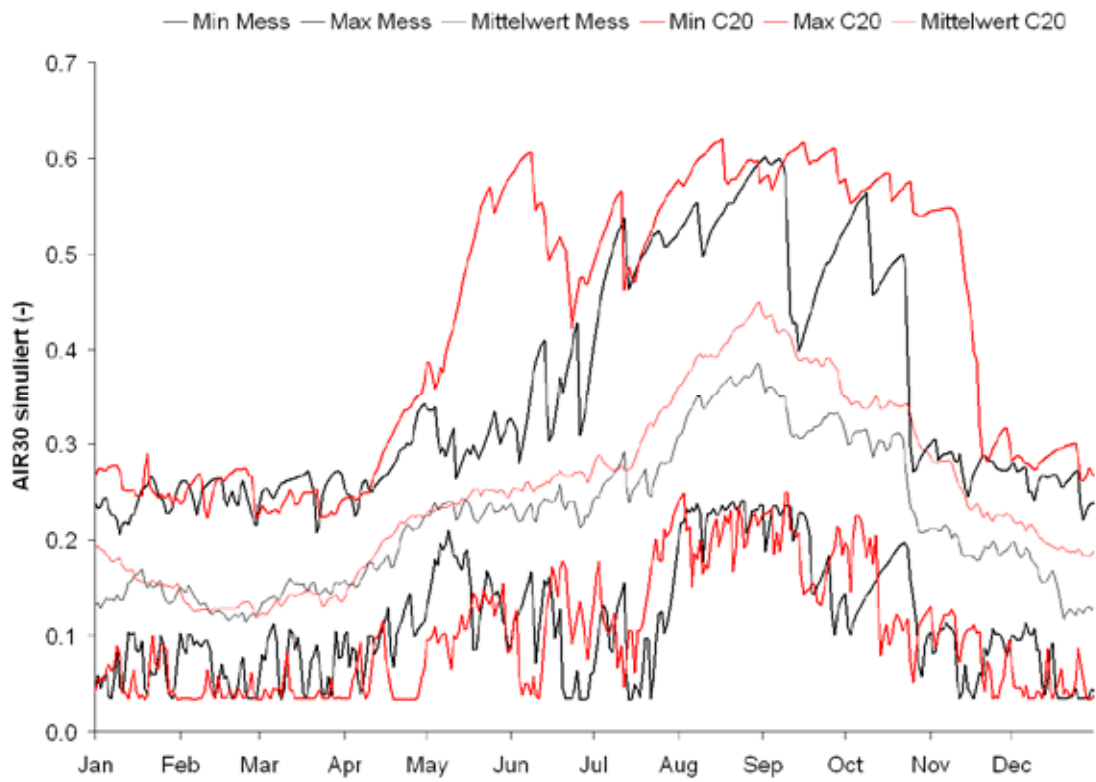


Abbildung 62: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt).
 Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).

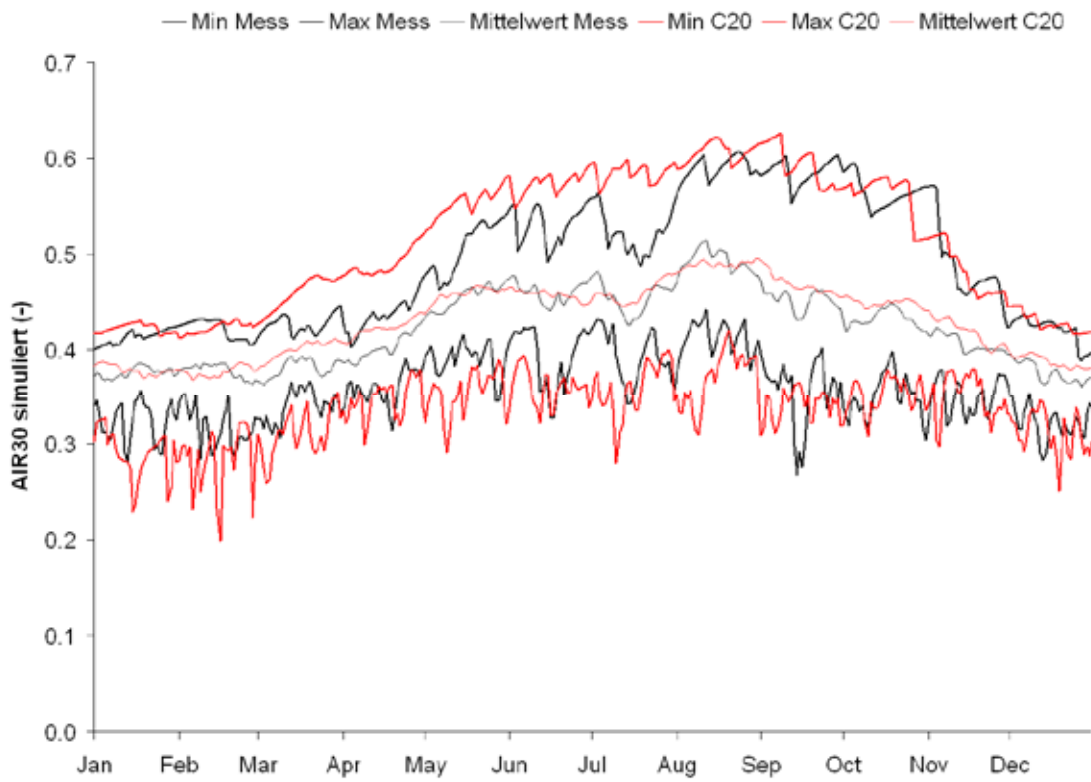


Abbildung 63: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Neuhäusel-Bims).
 Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Neuhäusel-Bims).

2 Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt

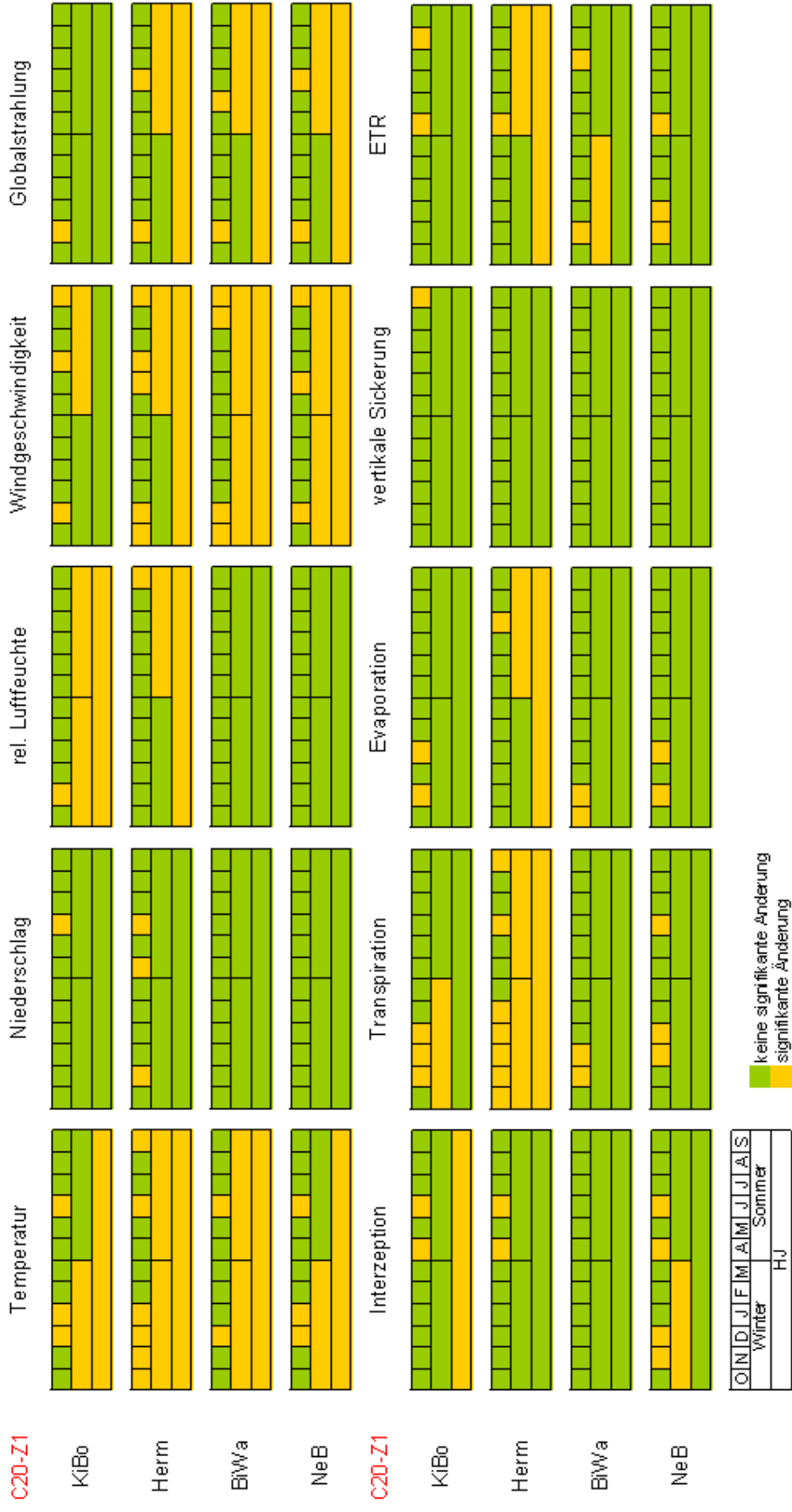


Abbildung 64: Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt (C20-Z1), Signifikanzprüfung: KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.
 Future change of climate and water balance (C20-Z2), check for significance: KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.

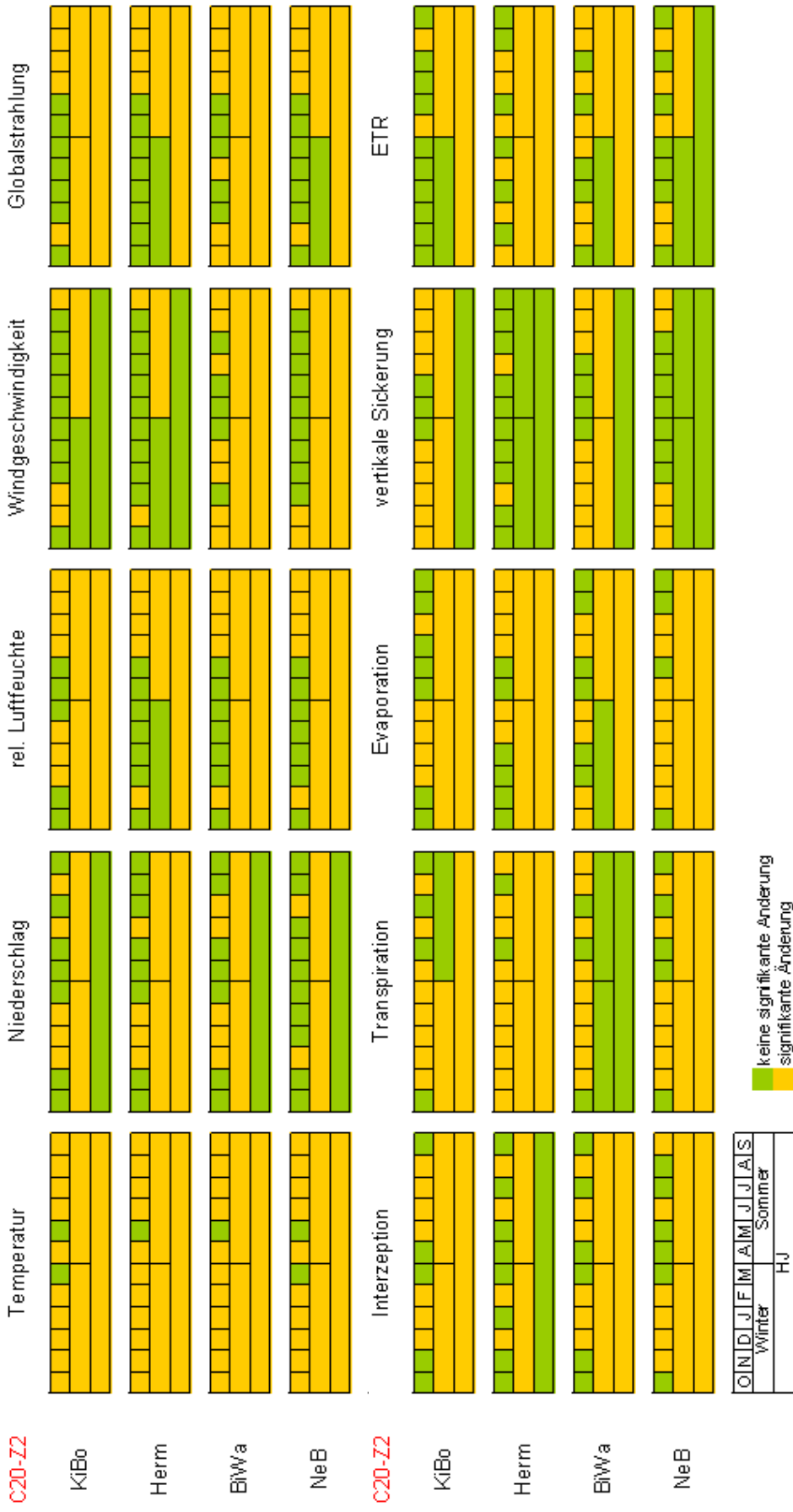


Abbildung 65: Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt (C20-Z2), Signifikanzprüfung: KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.
 Future change of climate and water balance (C20-Z2), check for significance: KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.

2.1 Klimadaten

2.1.1 Temperatur

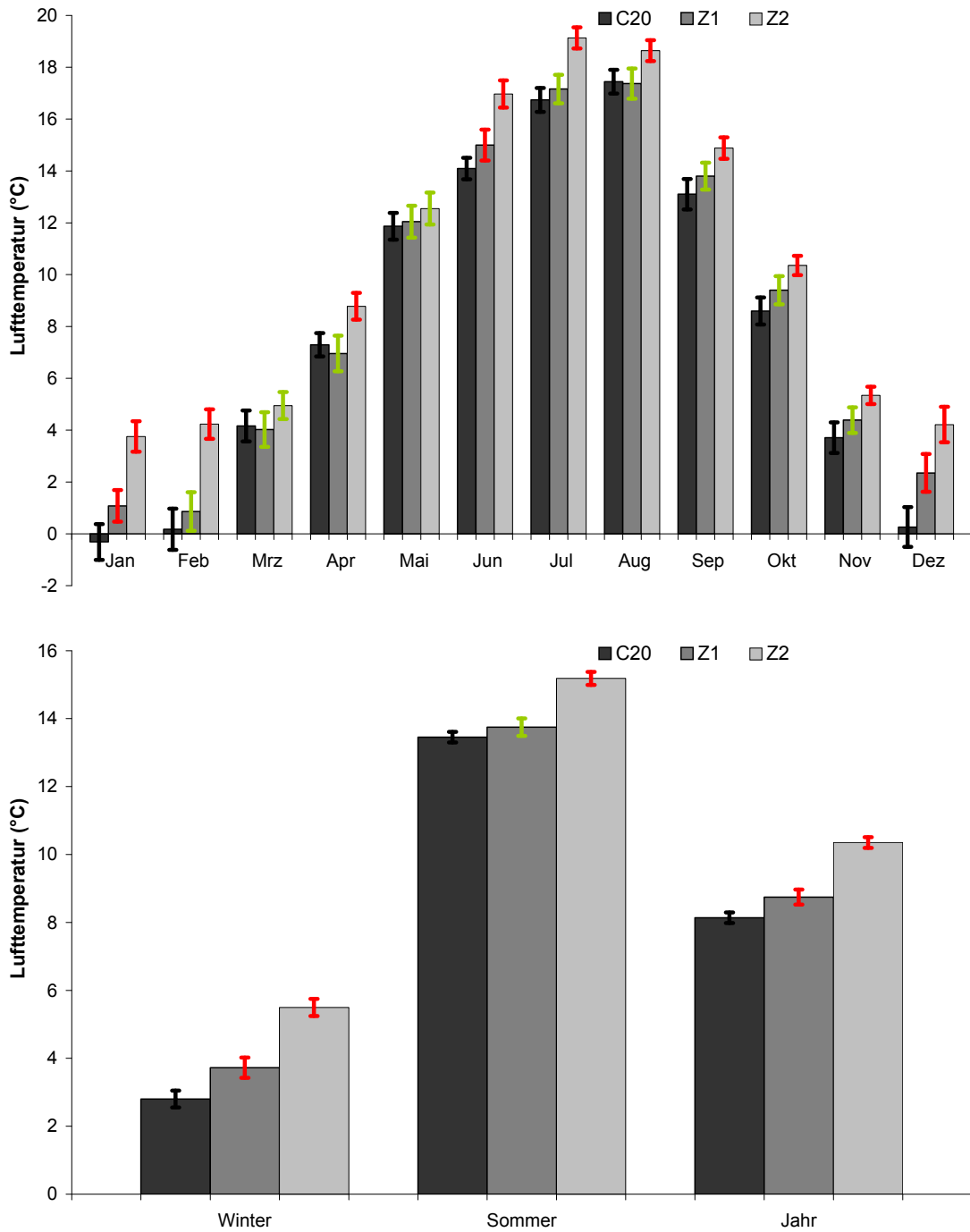


Abbildung 66: Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of air temperature (here: Kirchheimbolanden).

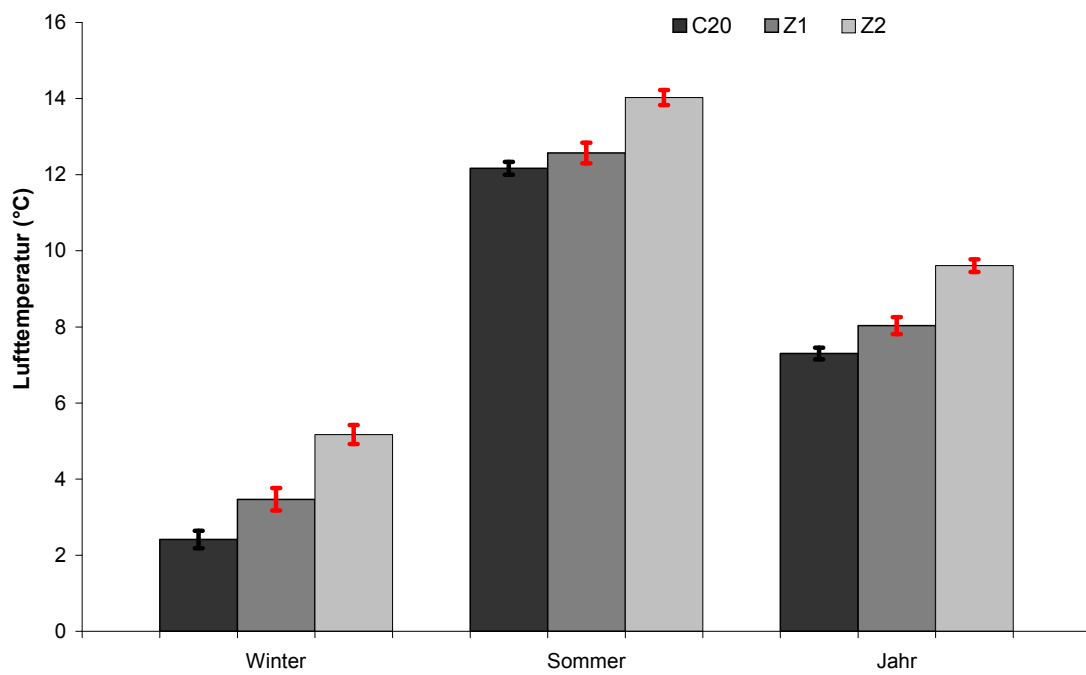
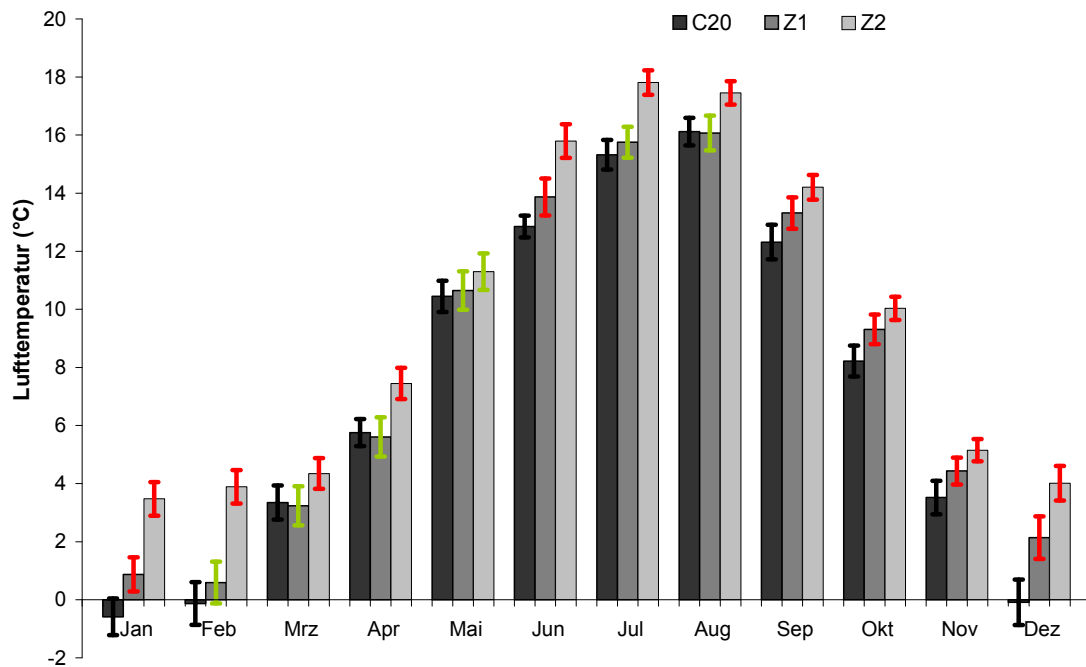


Abbildung 67: *Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Hermeskeil).*
Future change of air temperature (here: Hermeskeil).

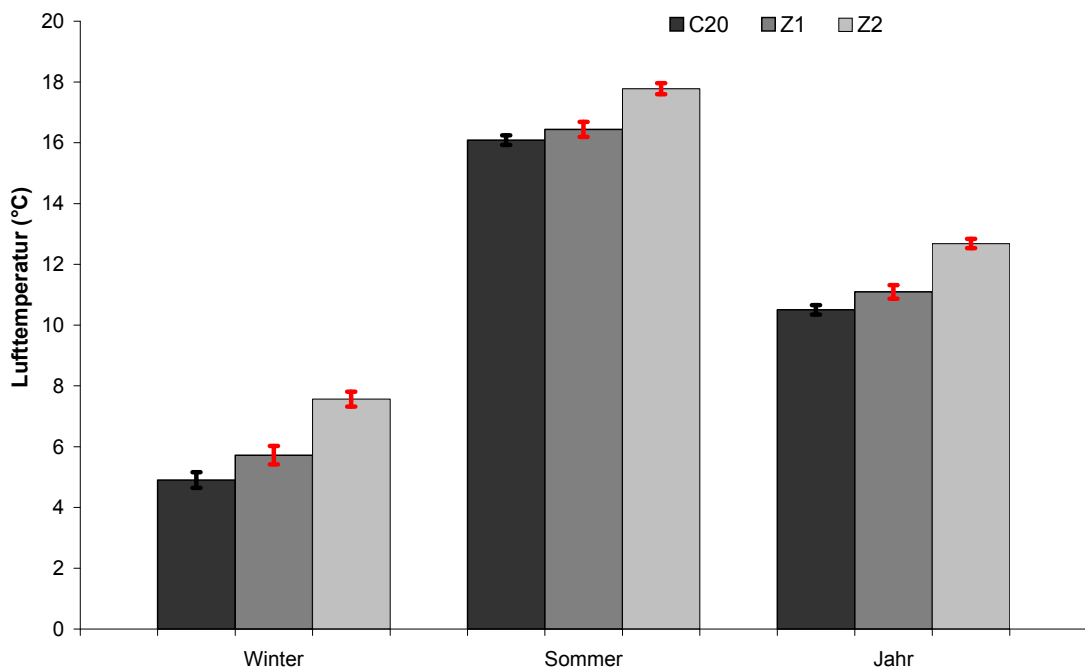
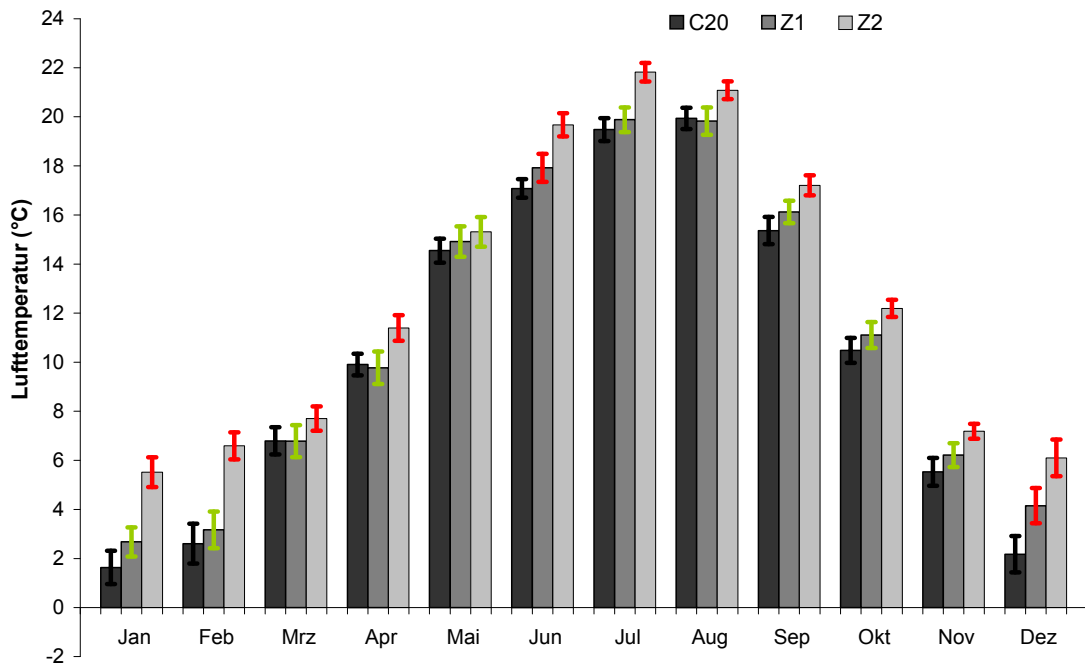


Abbildung 68: *Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Schaidt).*
Future change of air temperature (here: Schaidt).

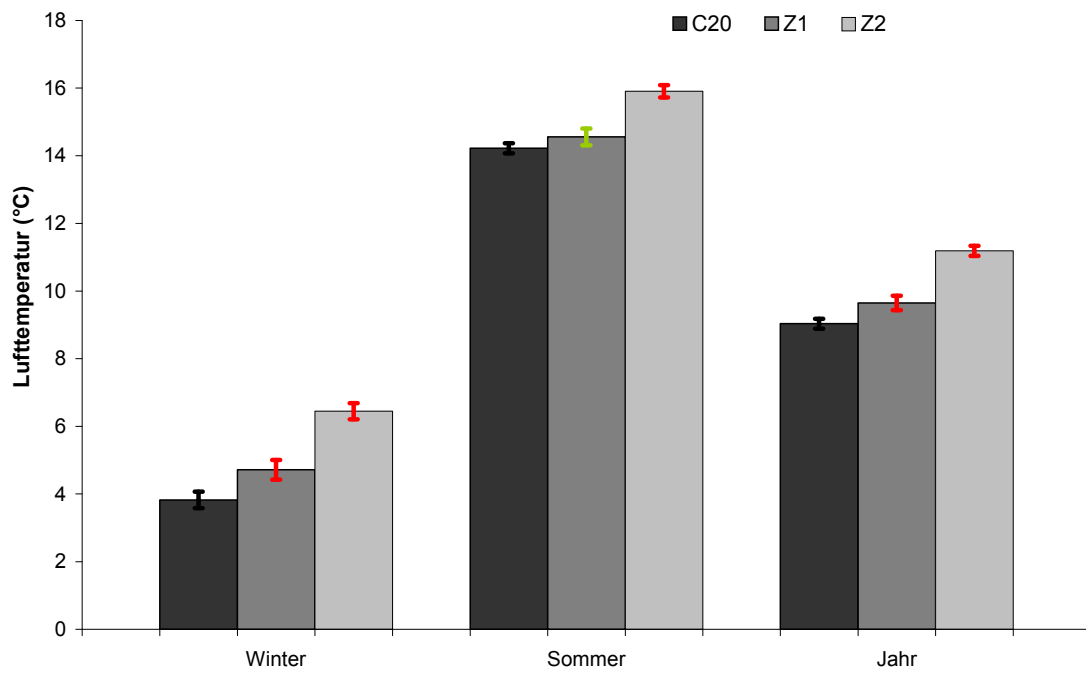
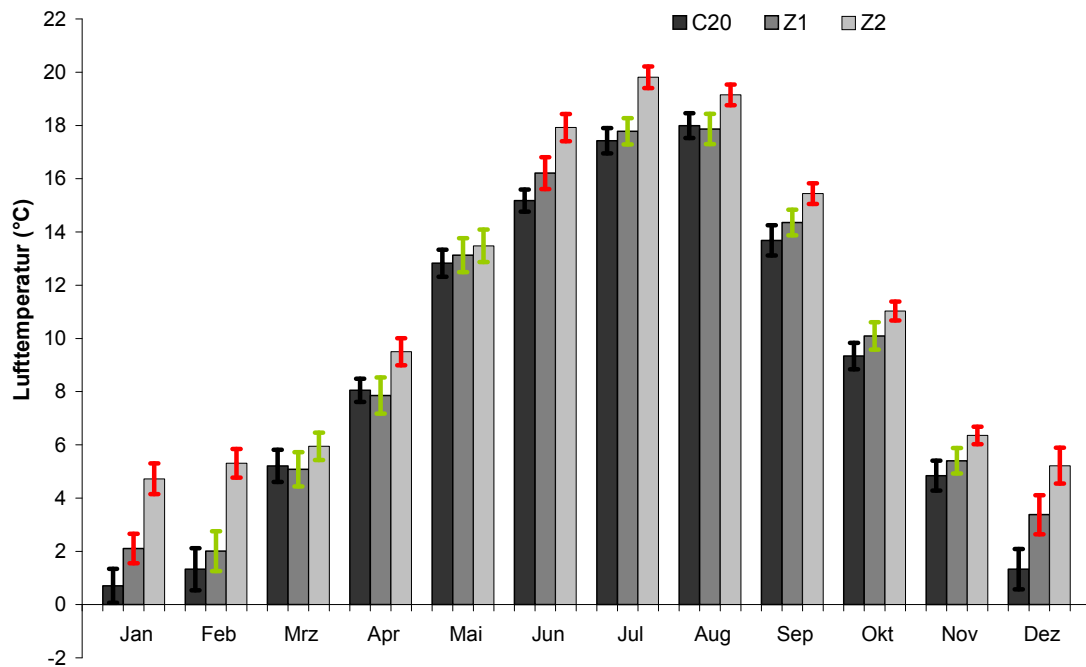


Abbildung 69: *Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Neuhäusel-Bims).*
Future change of air temperature (here: Neuhäusel-Bims).

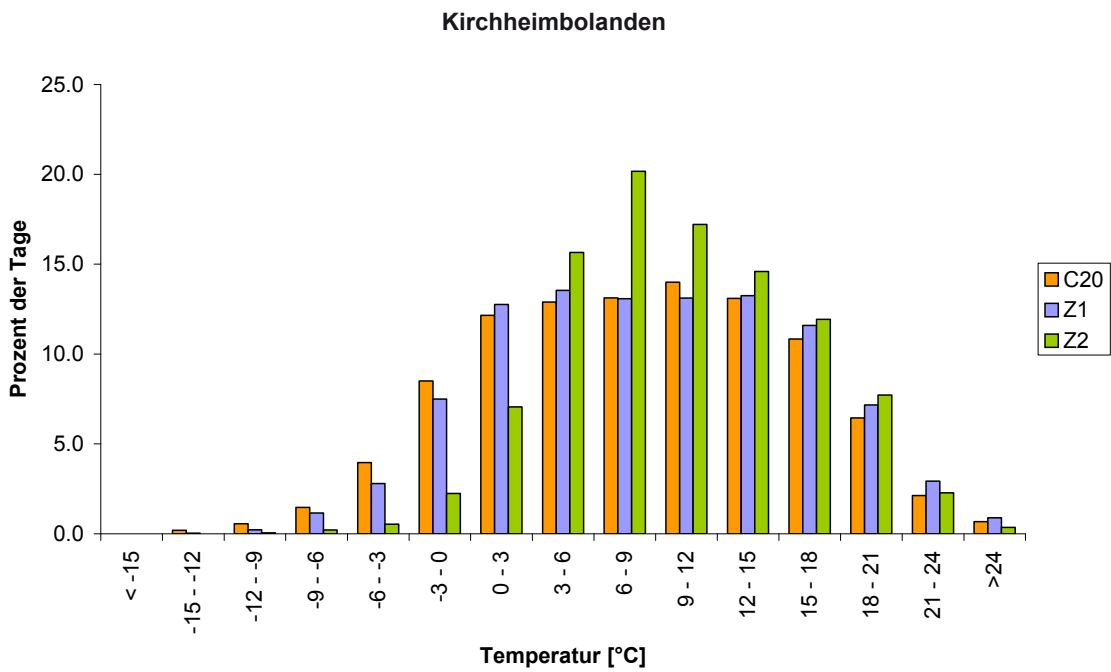


Abbildung 70: Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of daily air temperature (here: Kirchheimbolanden).

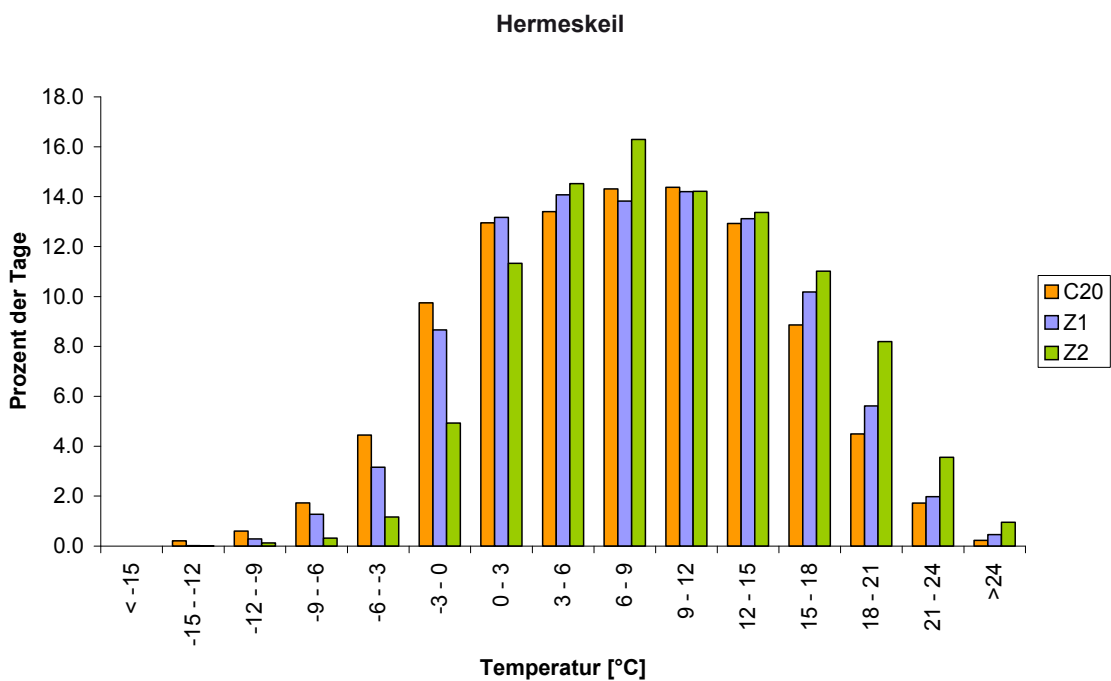


Abbildung 71: Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Hermeskeil).
 Future change of daily air temperature (here: Hermeskeil).

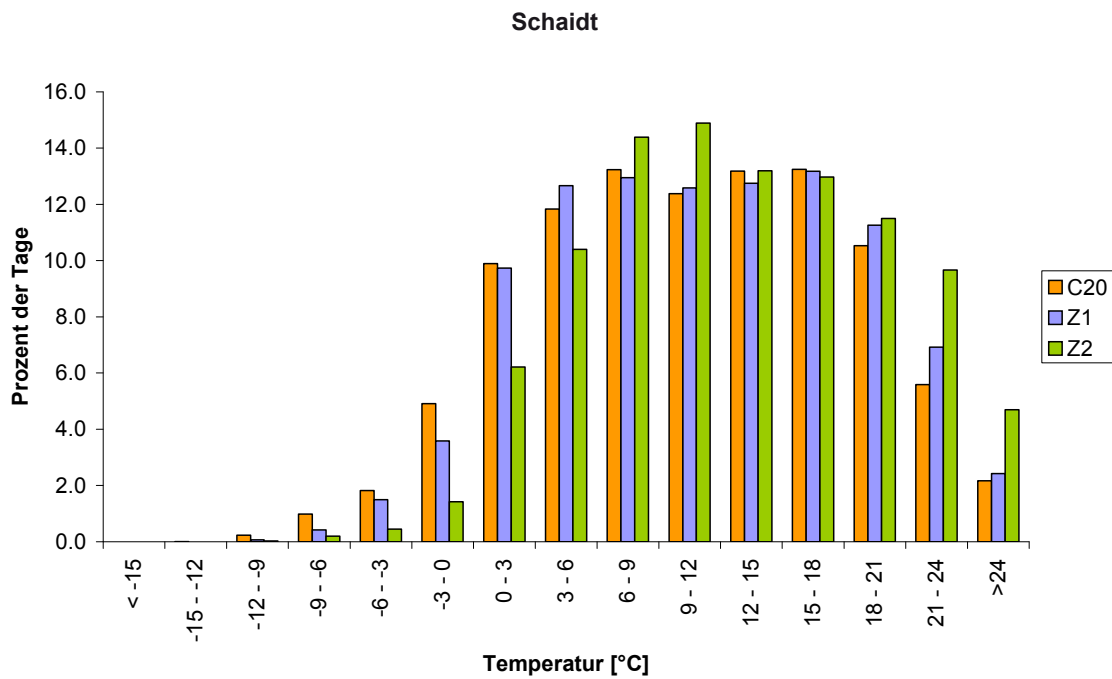


Abbildung 72: Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Schaidt).
 Future change of daily air temperature (here: Schaidt).

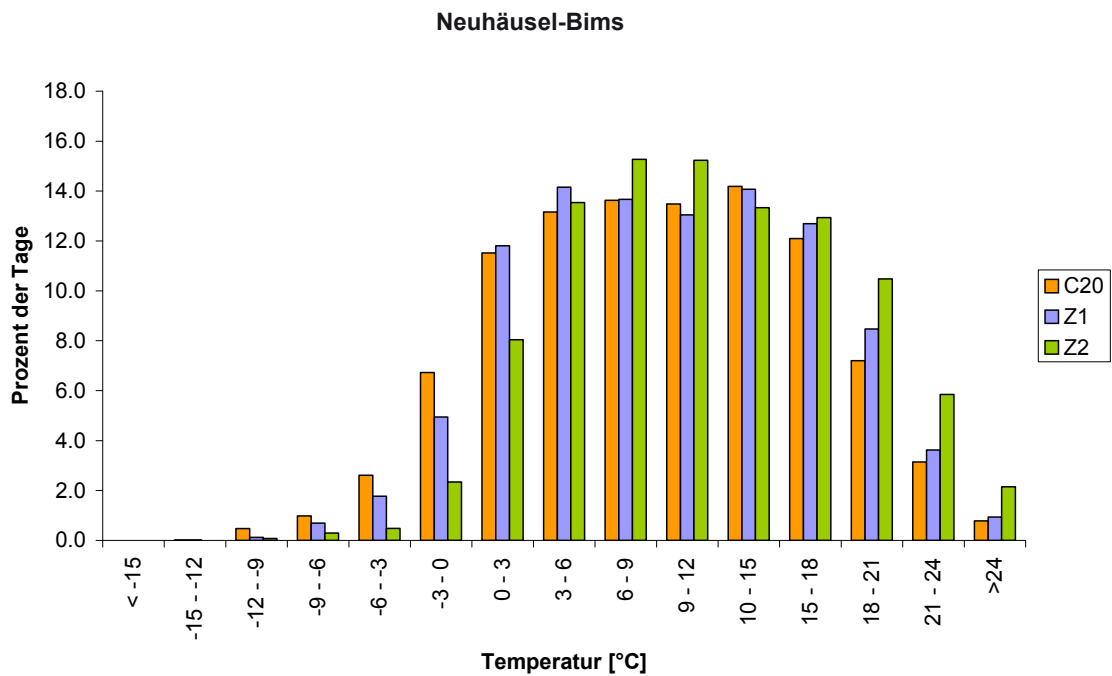


Abbildung 73: Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of daily air temperature (here: Neuhäusel-Bims).

2.1.2 Niederschlag

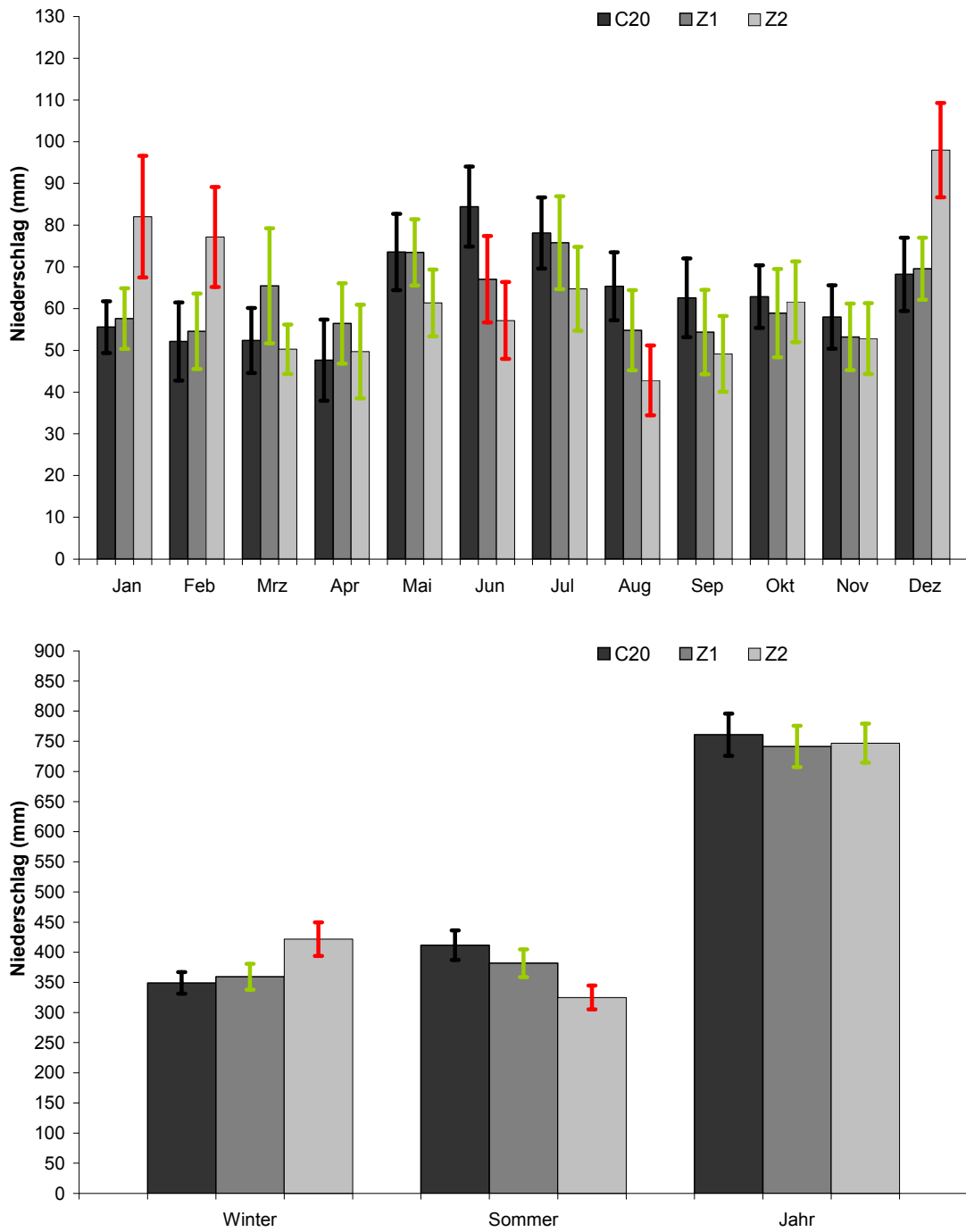


Abbildung 74: Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of precipitation (here: Kirchheimbolanden).

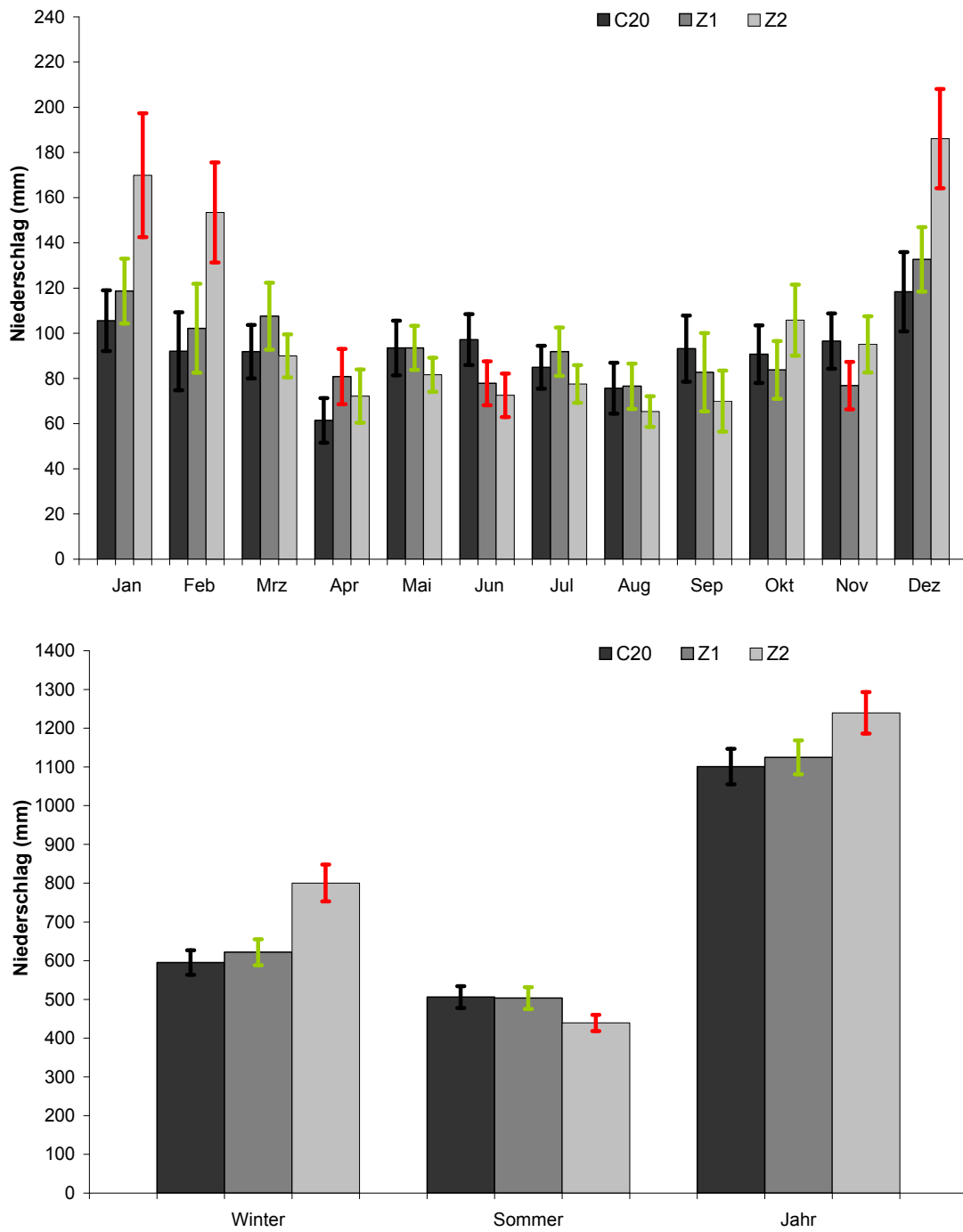


Abbildung 75. *Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Hermeskeil).*
Future change of precipitation (here: Hermeskeil).

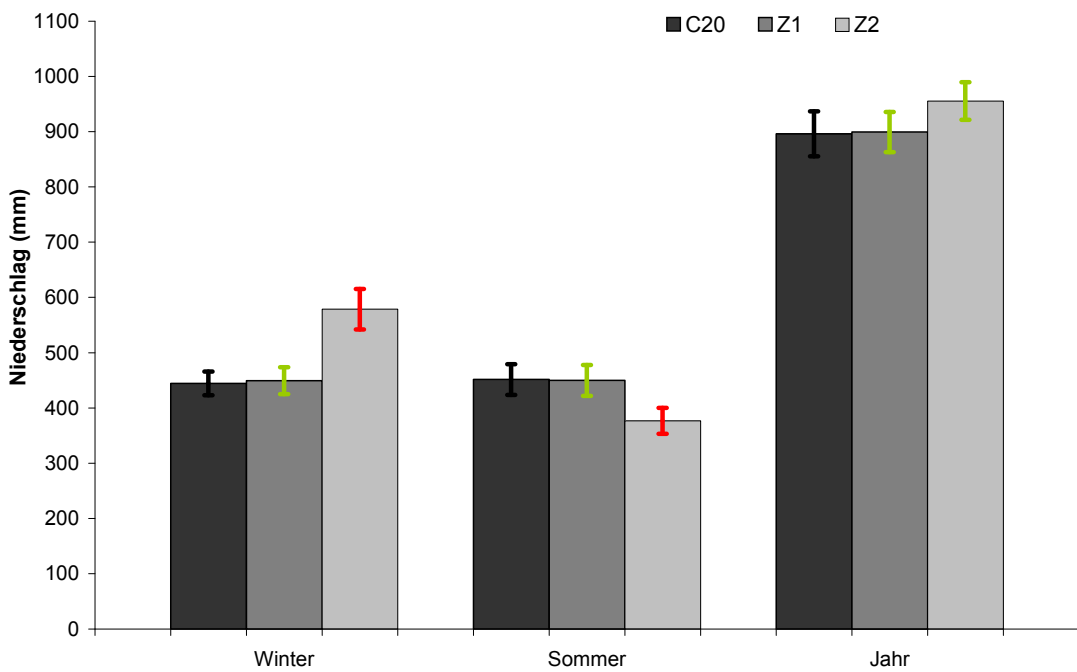
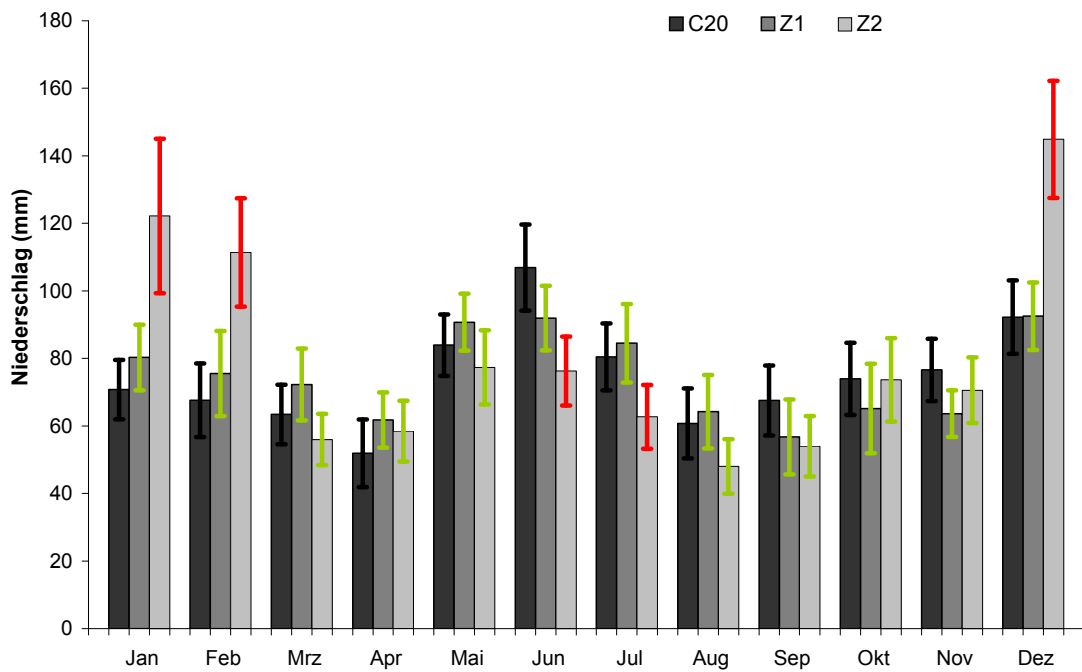


Abbildung 76: Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Schaidt).
 Future change of precipitation (here: Schaidt).

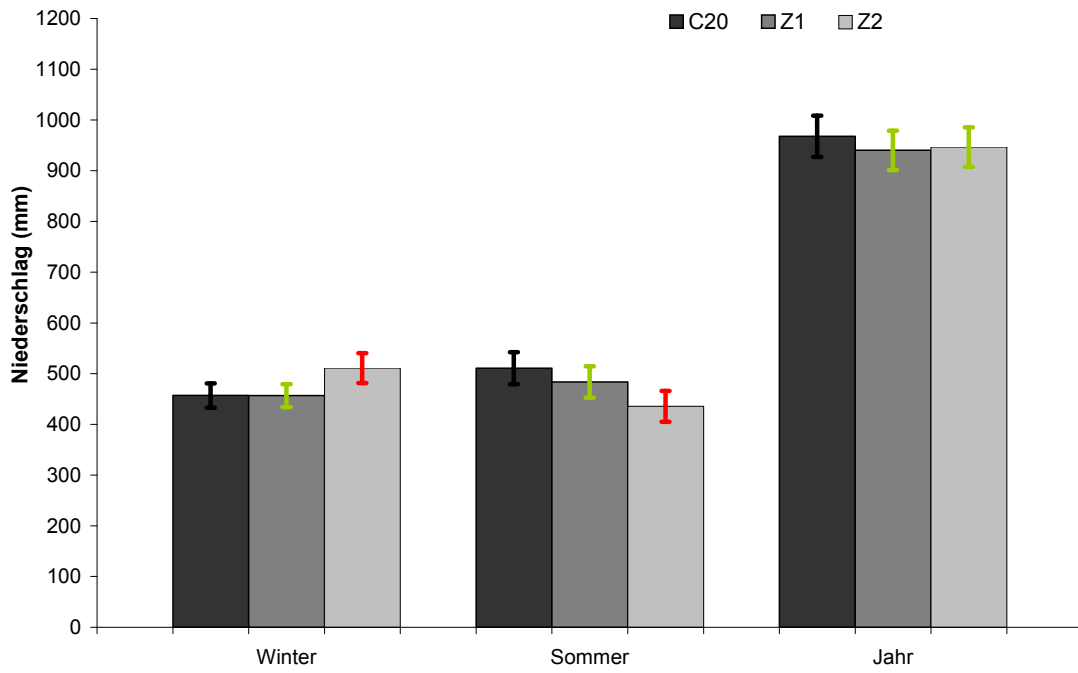
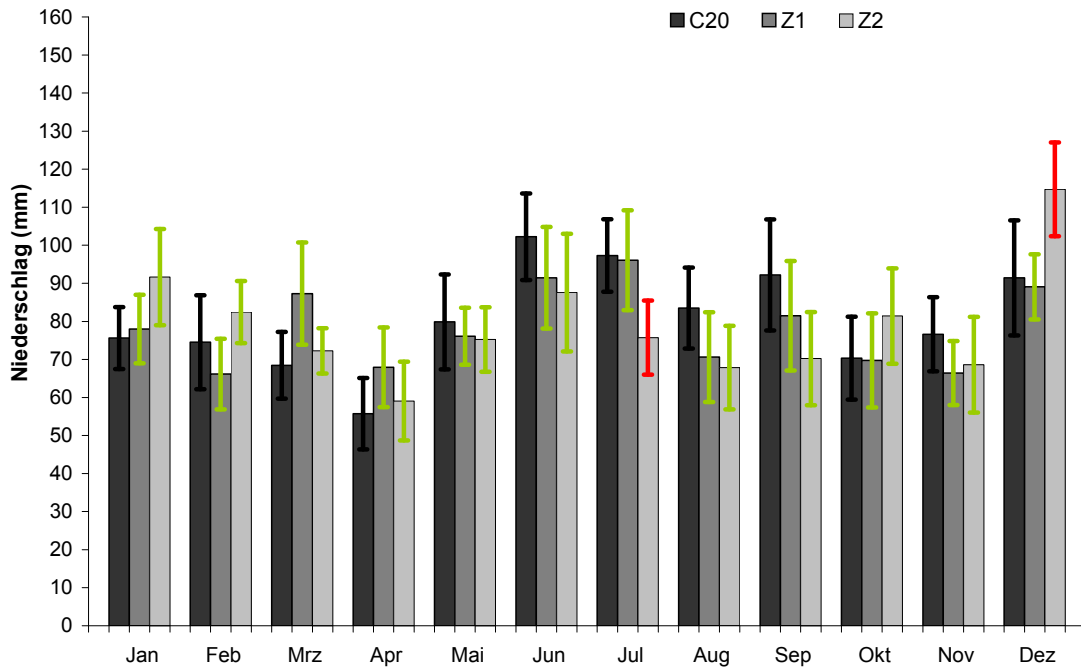


Abbildung 77. *Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Neuhäusel-Bims).*
Future change of precipitation (here: Neuhäusel-Bims).

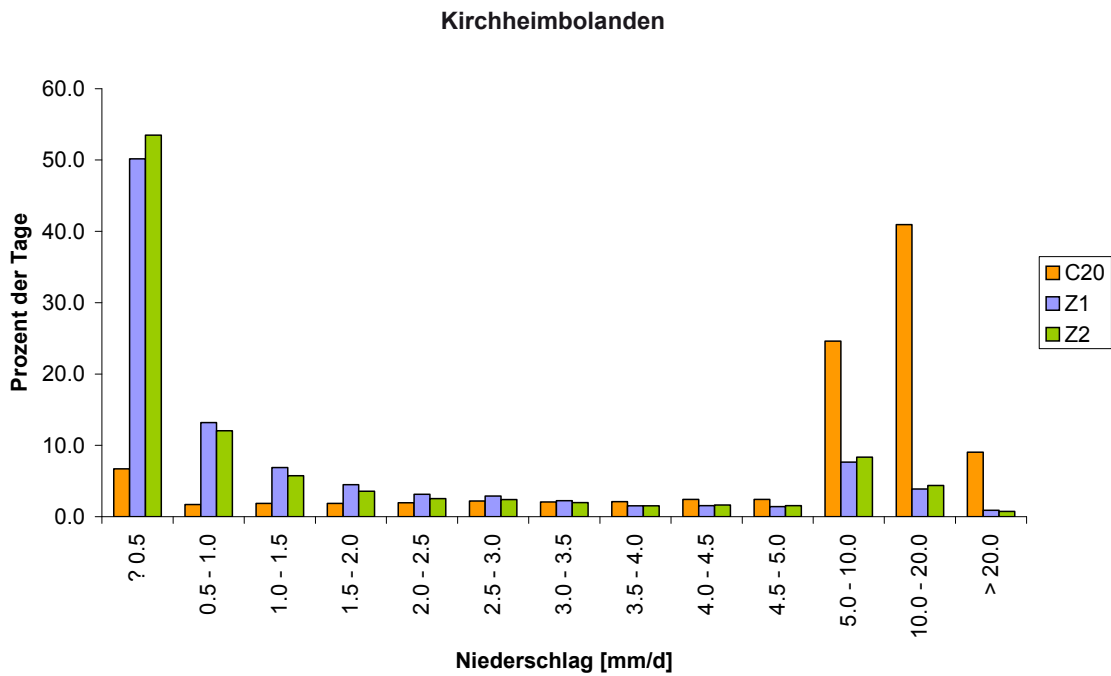


Abbildung 78: Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of daily precipitation (here: Kirchheimbolanden).

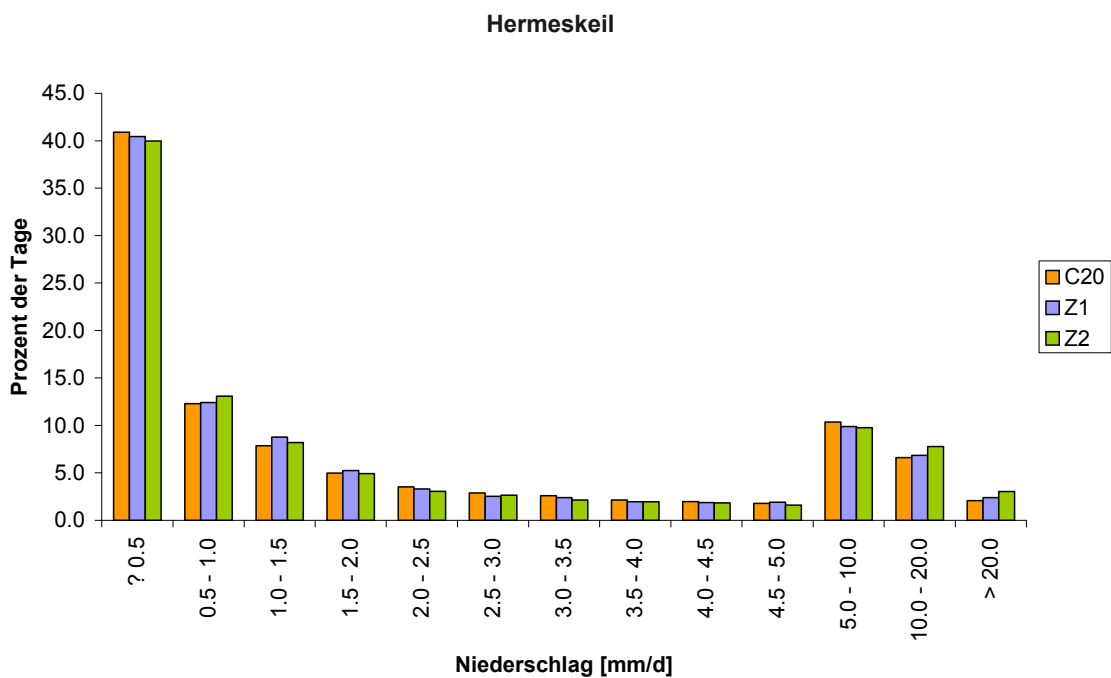


Abbildung 79: Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Hermeskeil).
 Future change of daily precipitation (here: Hermeskeil).

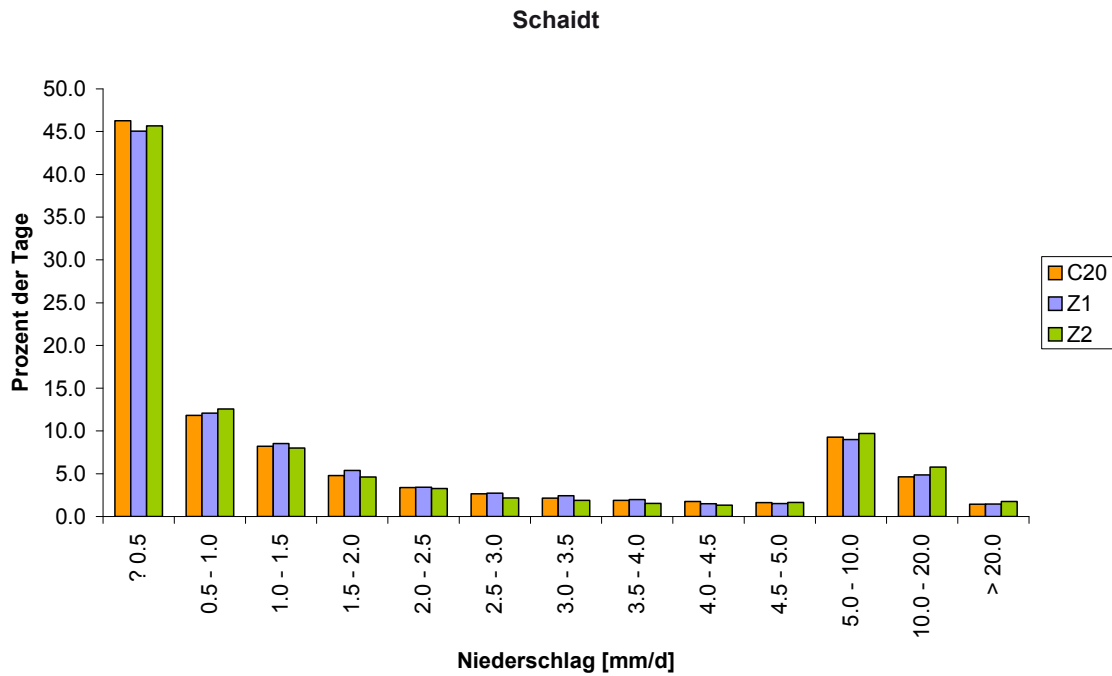


Abbildung 80: *Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Schaidt).
Future change of daily precipitation (here: Schaidt).*

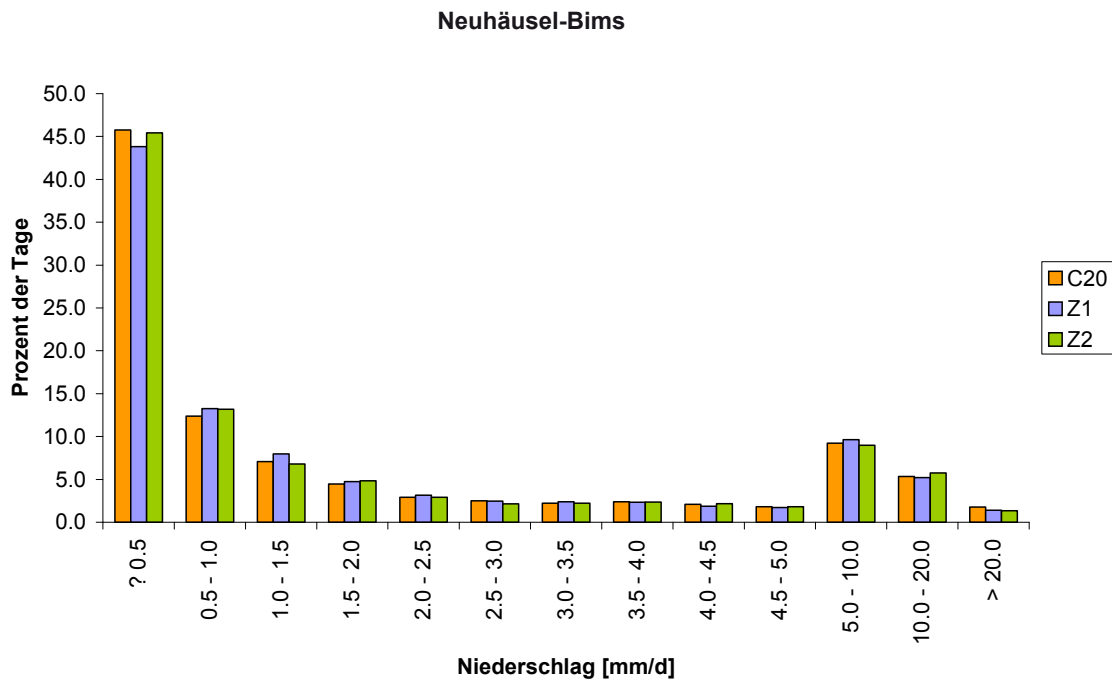


Abbildung 81: *Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Neuhäusel-Bims).
Future change of daily precipitation (here: Neuhäusel-Bims).*

2.1.3 Relative Luftfeuchte

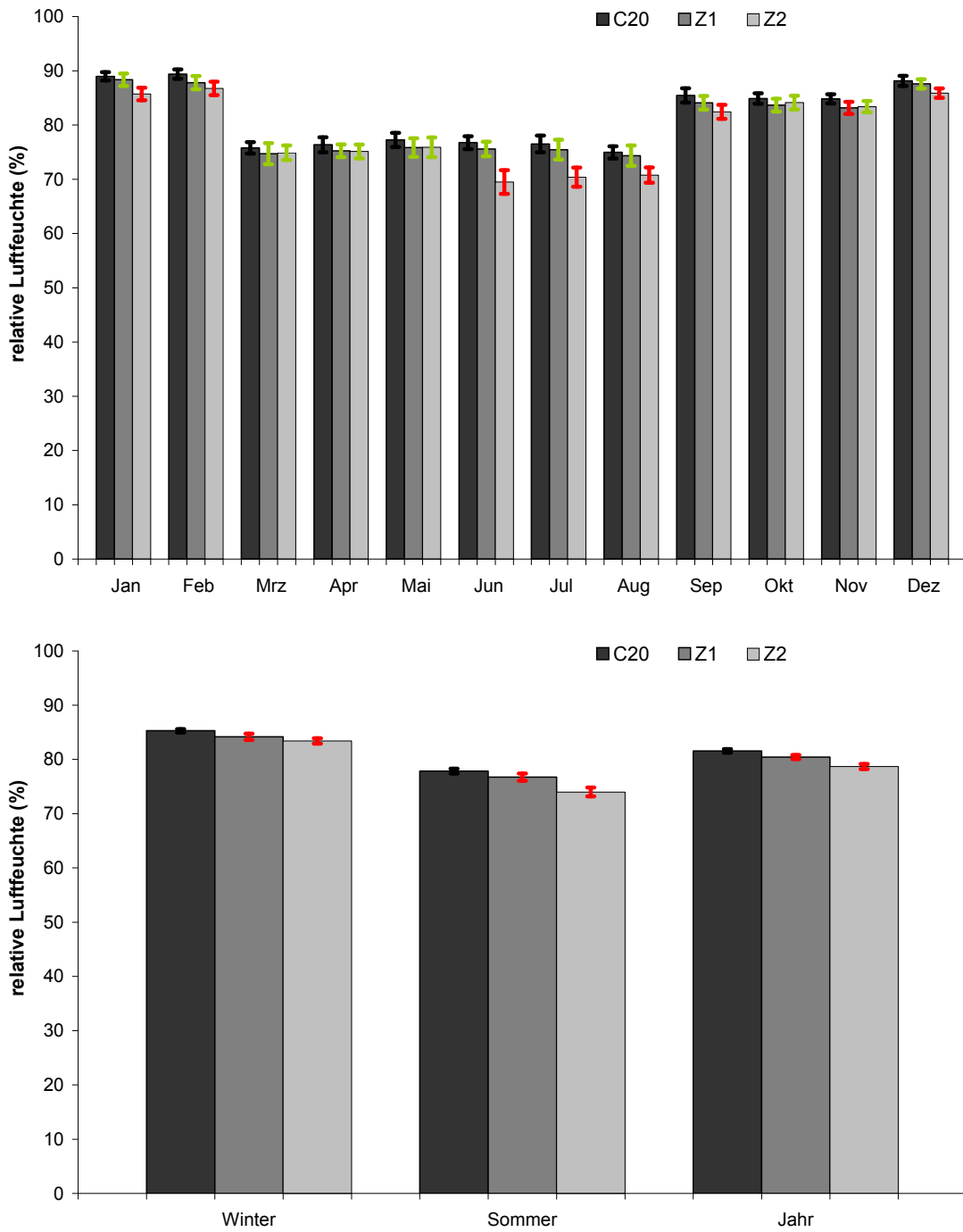


Abbildung 82: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of relative humidity (here: Kirchheimbolanden).

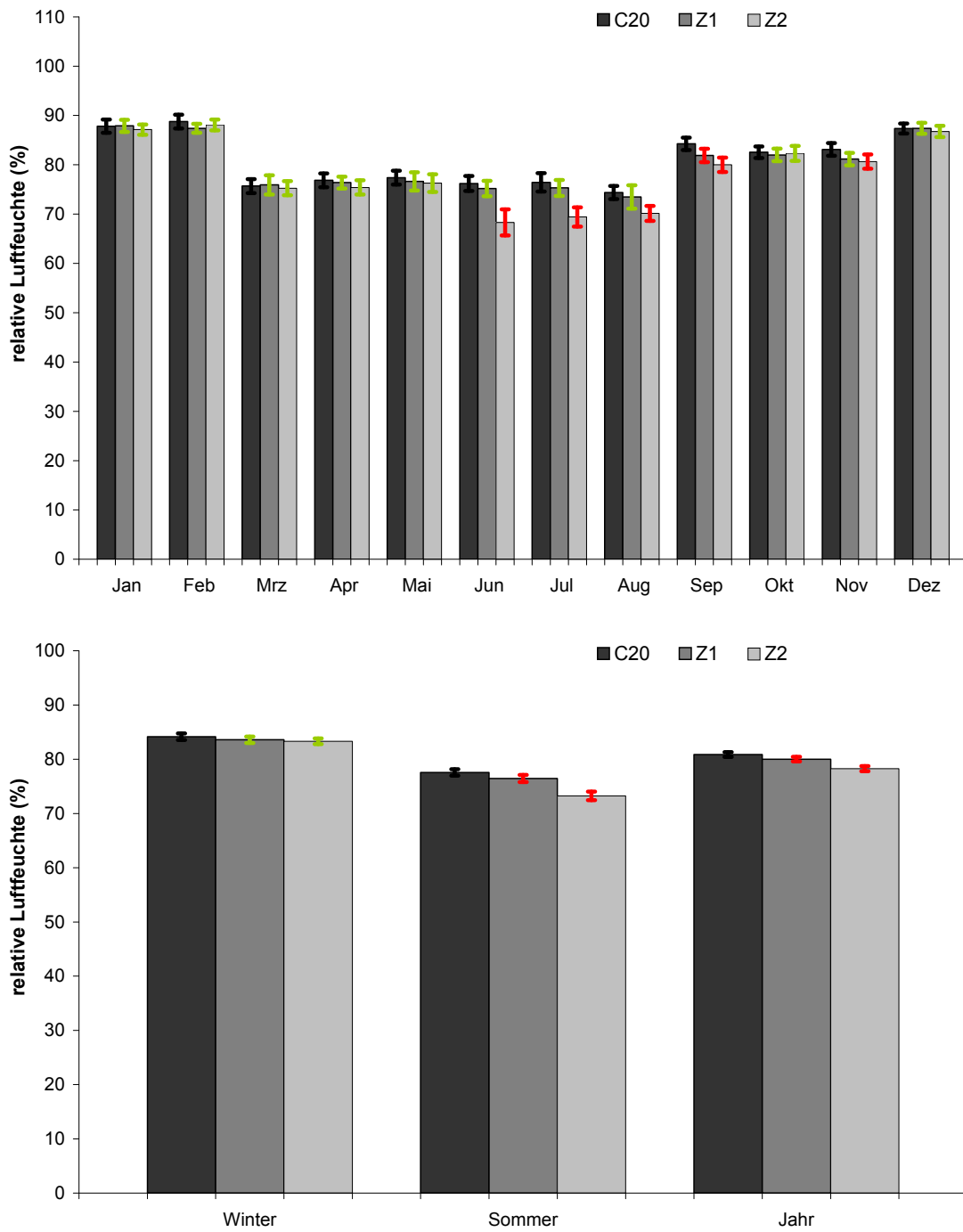


Abbildung 83: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Hermeskeil).
 Future change of relative humidity (here: Hermeskeil).

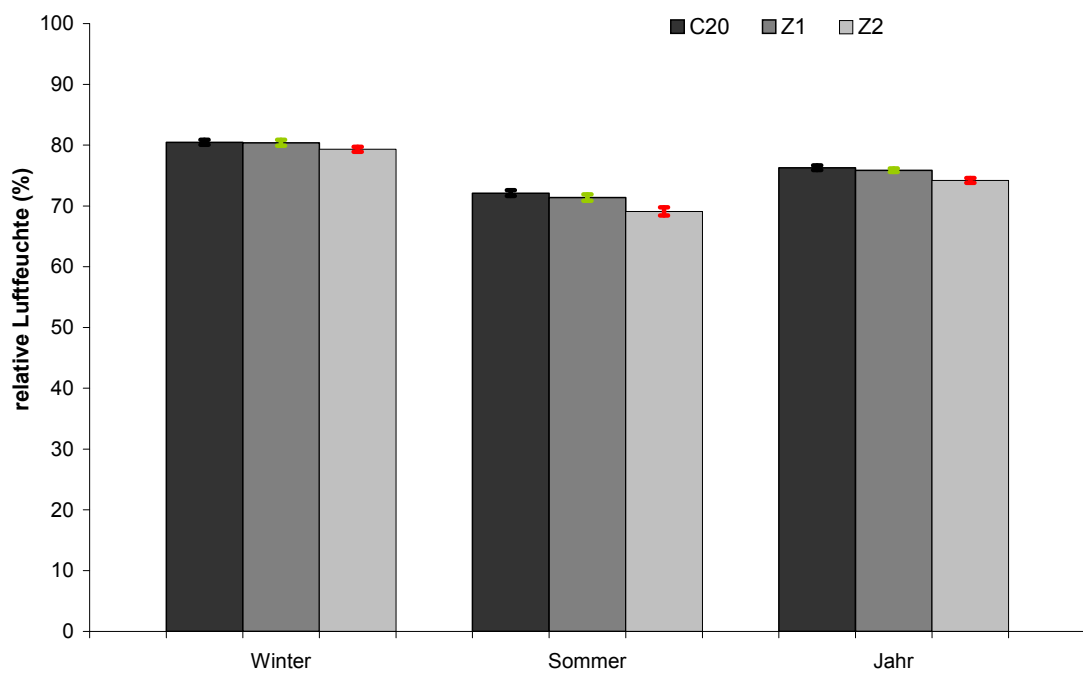
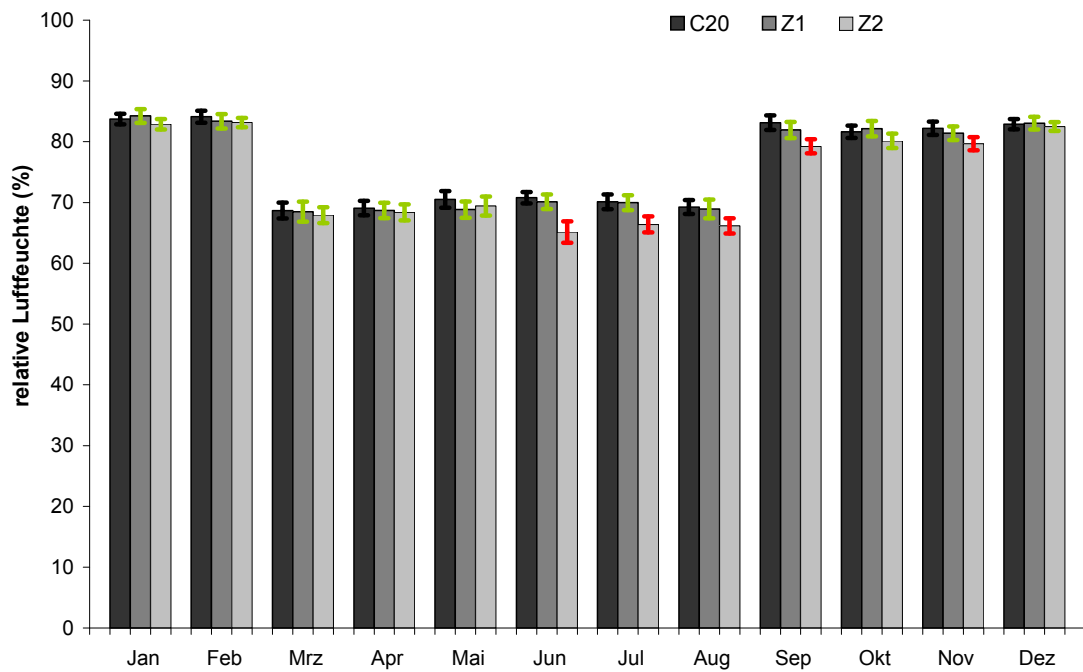


Abbildung 84: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Schaidt).
 Future change of relative humidity (here: Schaidt).

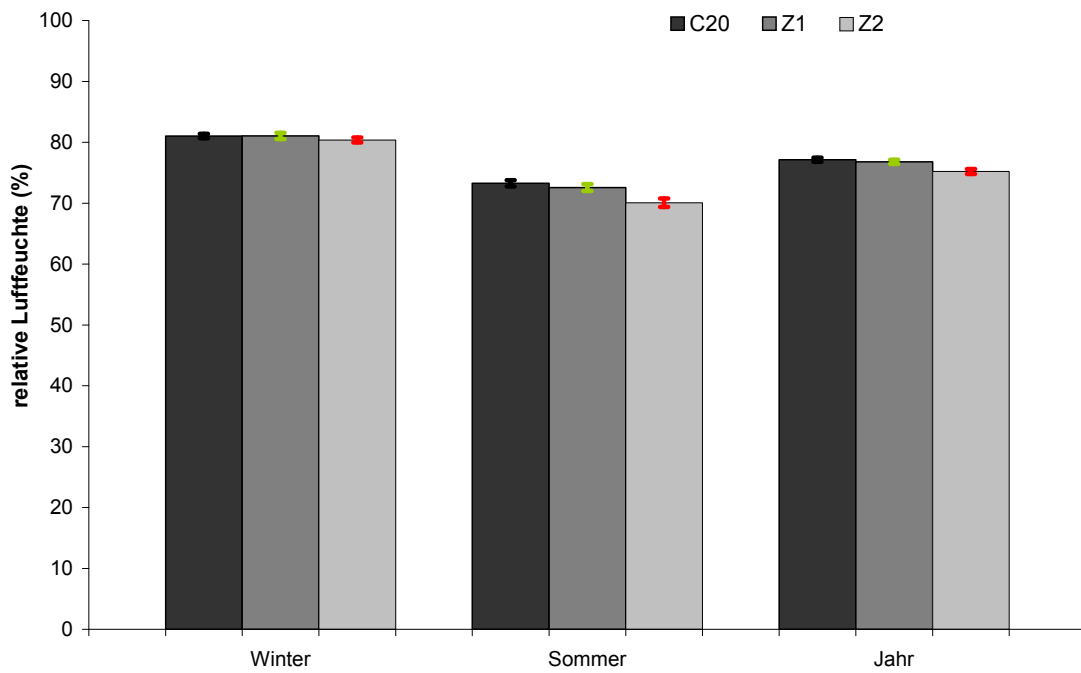
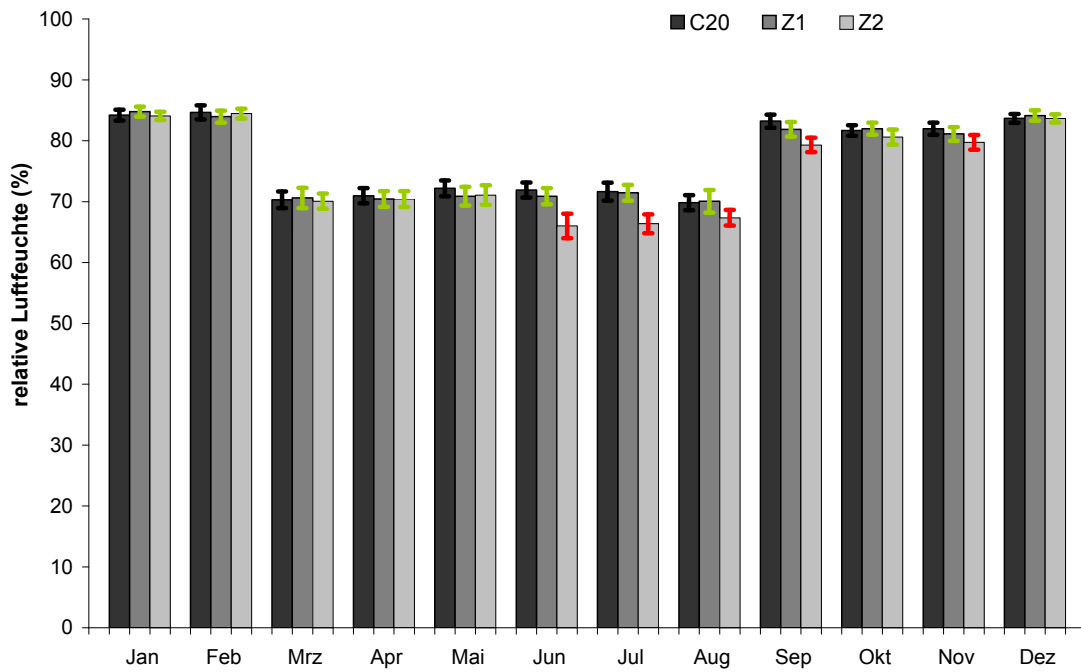


Abbildung 85: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of relative humidity (here: Neuhäusel-Bims).

2.1.4 Windgeschwindigkeit

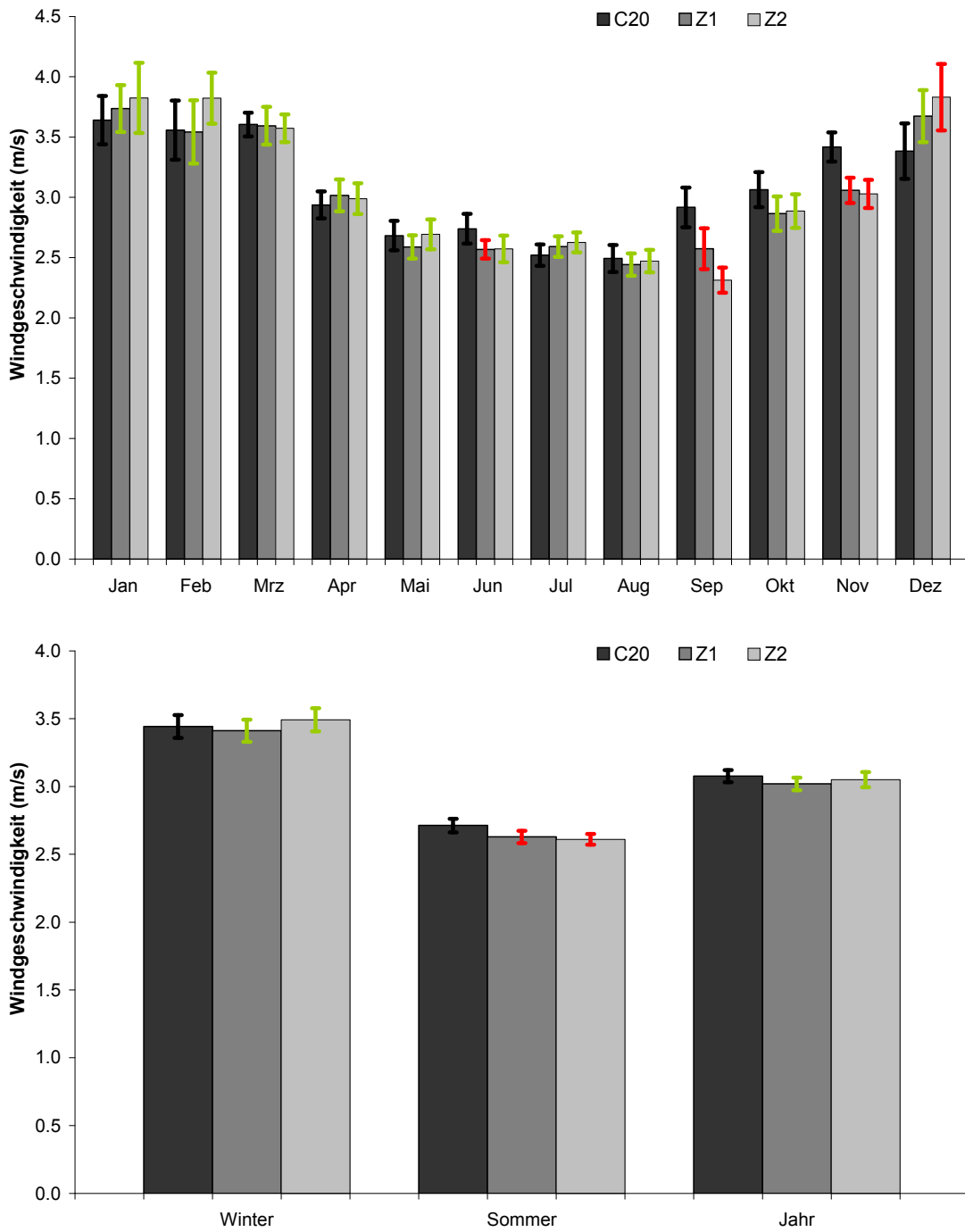


Abbildung 86: Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of wind speed (here: Kirchheimbolanden).

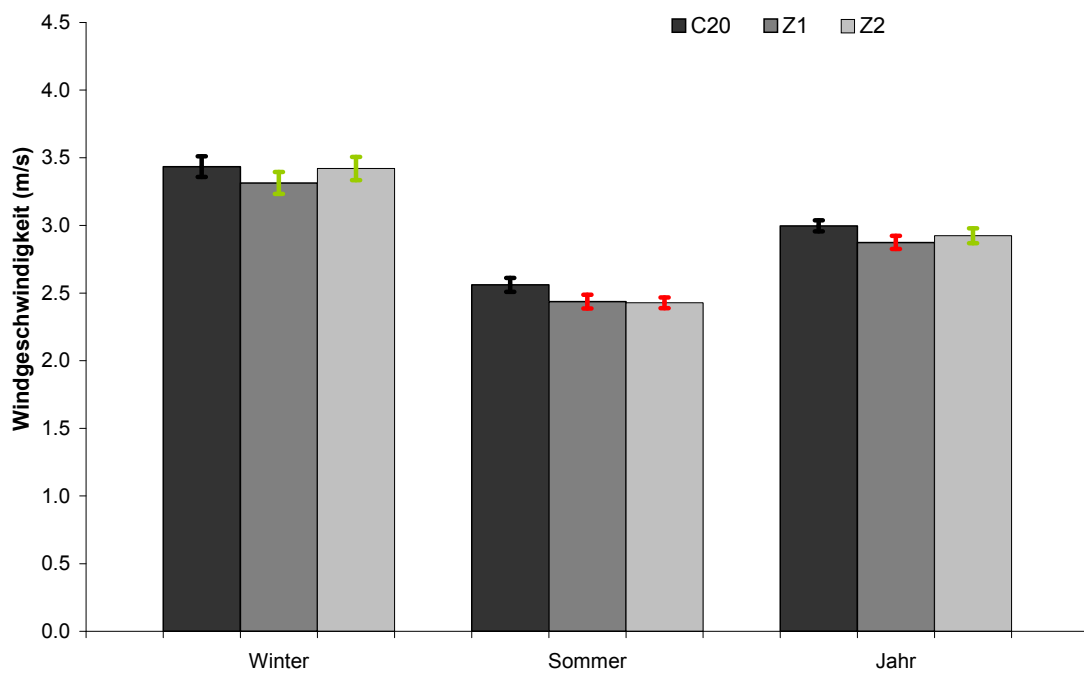
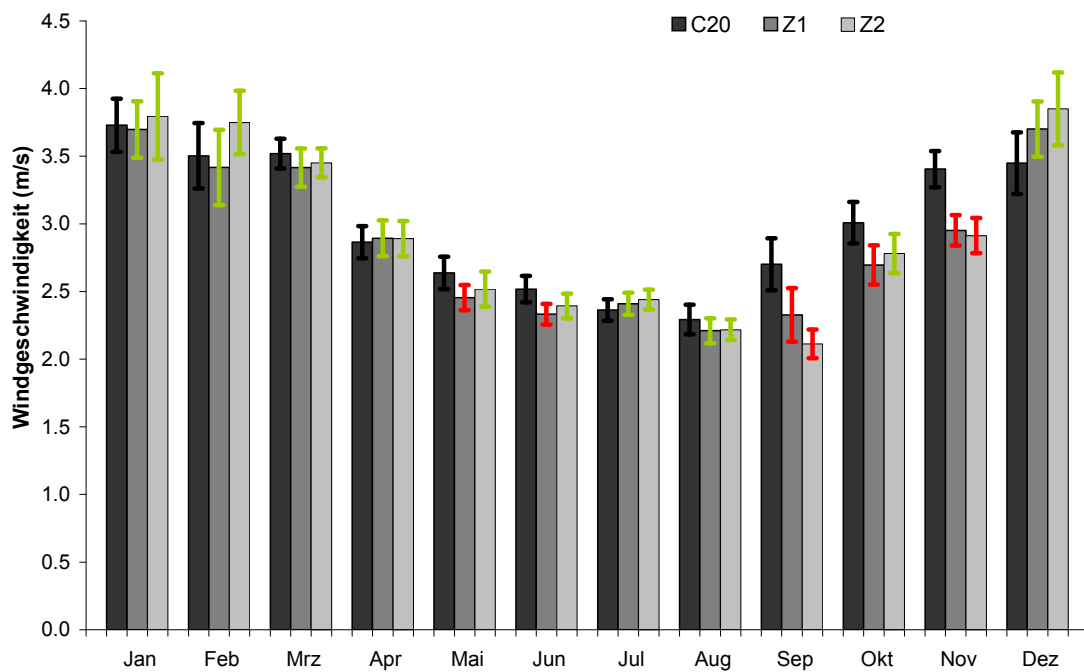


Abbildung 87: *Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Hermeskeil).*
Future change of wind speed (here: Hermeskeil).

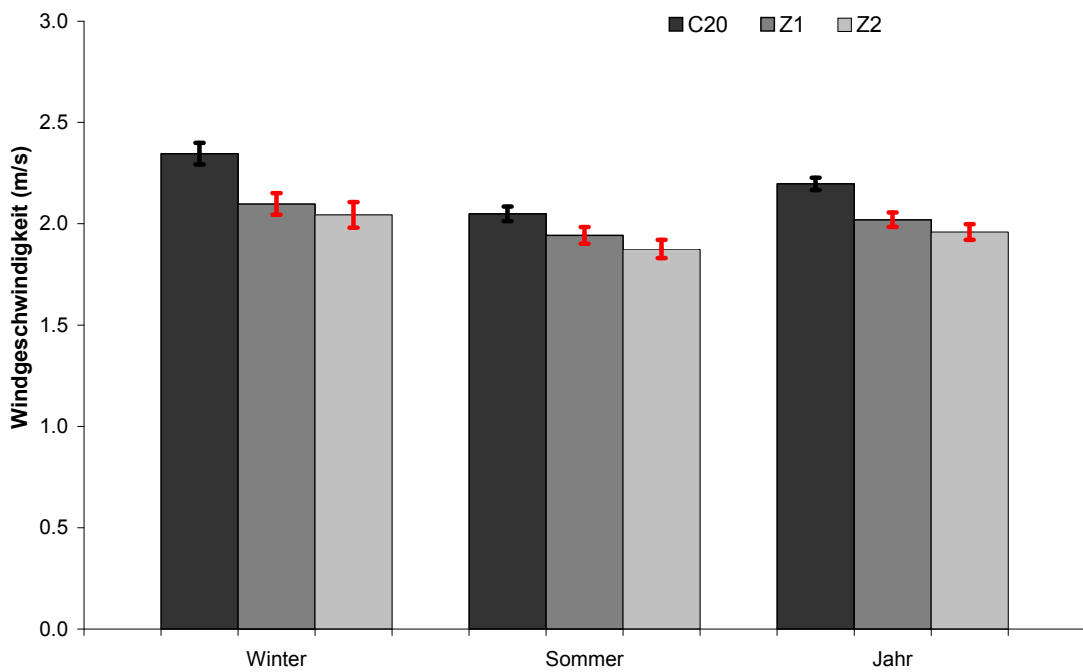
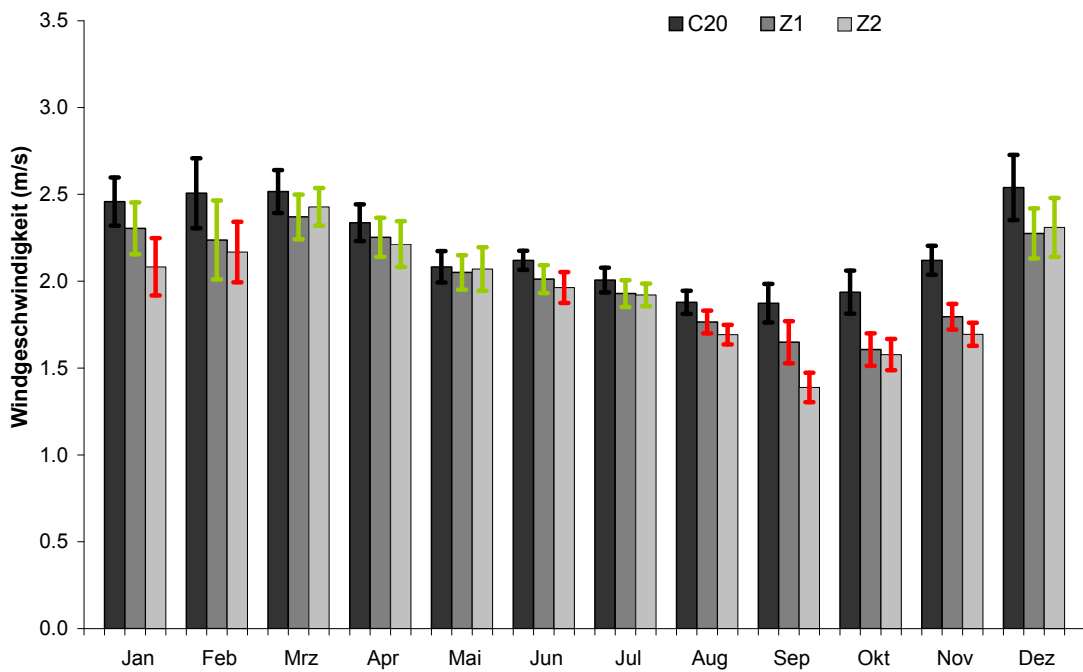


Abbildung 88: *Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Schaidt).*
Future change of wind speed (here: Schaidt).

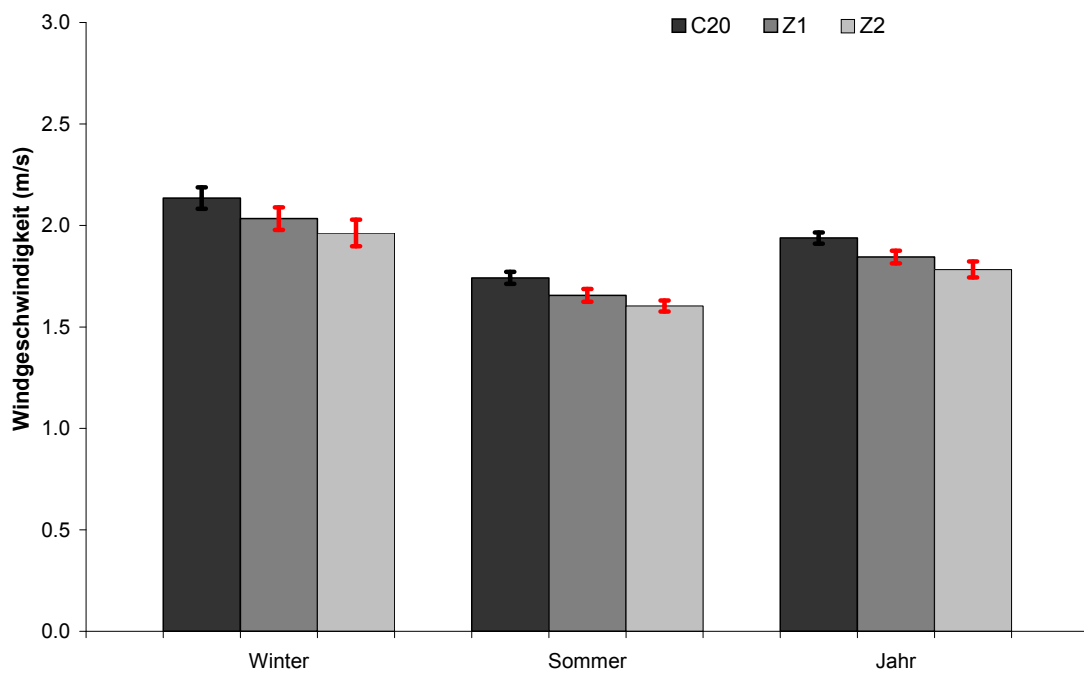
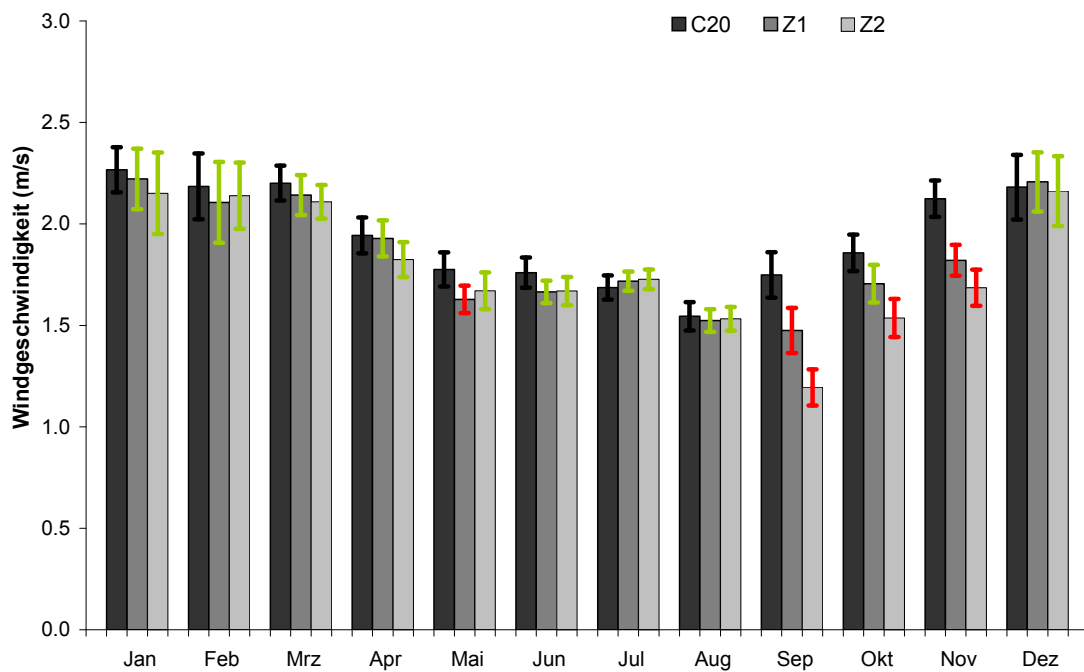


Abbildung 89: *Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Neuhäusel-Bims).*
Future change of wind speed (here: Neuhäusel-Bims).

2.1.5 Globalstrahlung

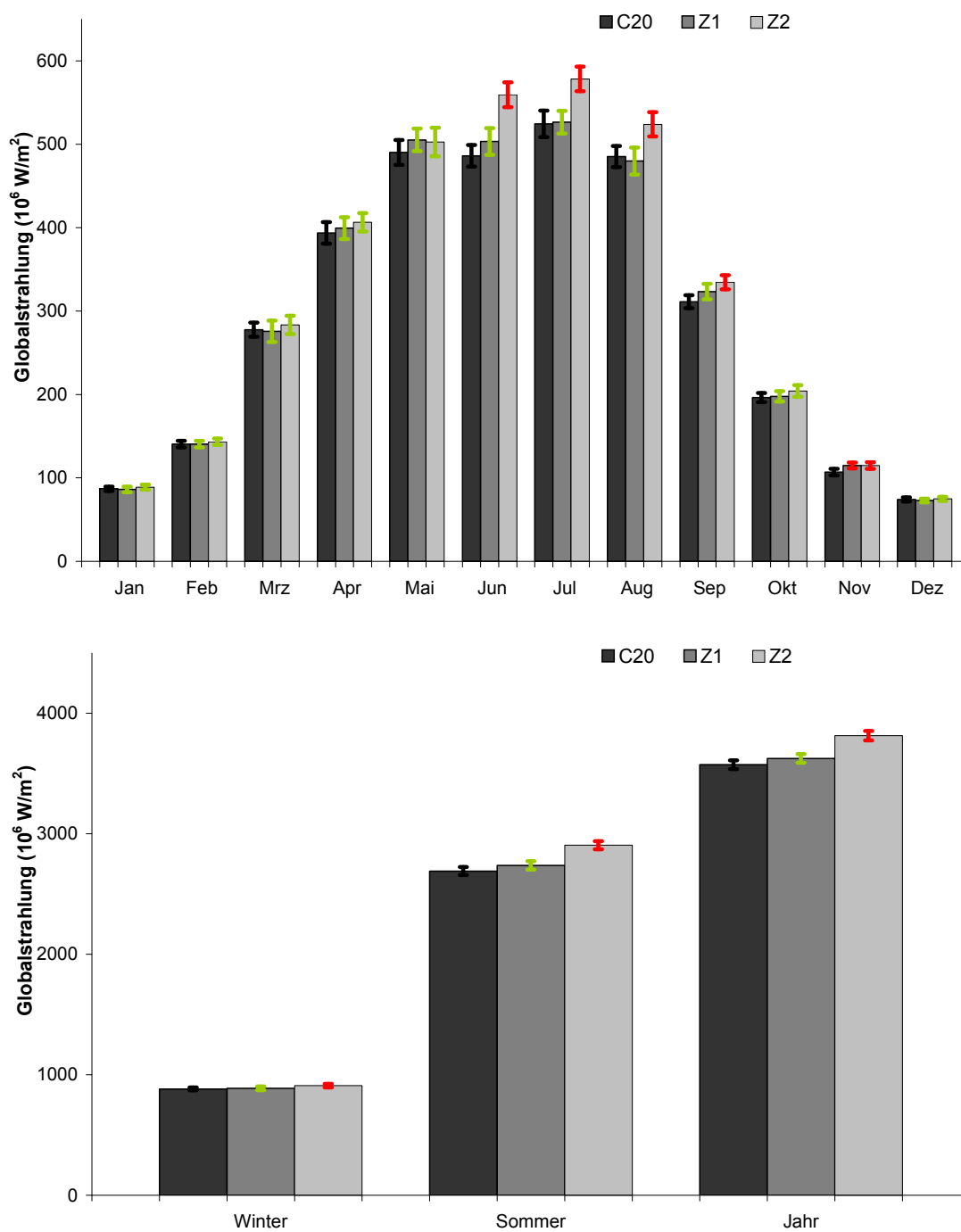


Abbildung 90: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of global radiation (here: Kirchheimbolanden).

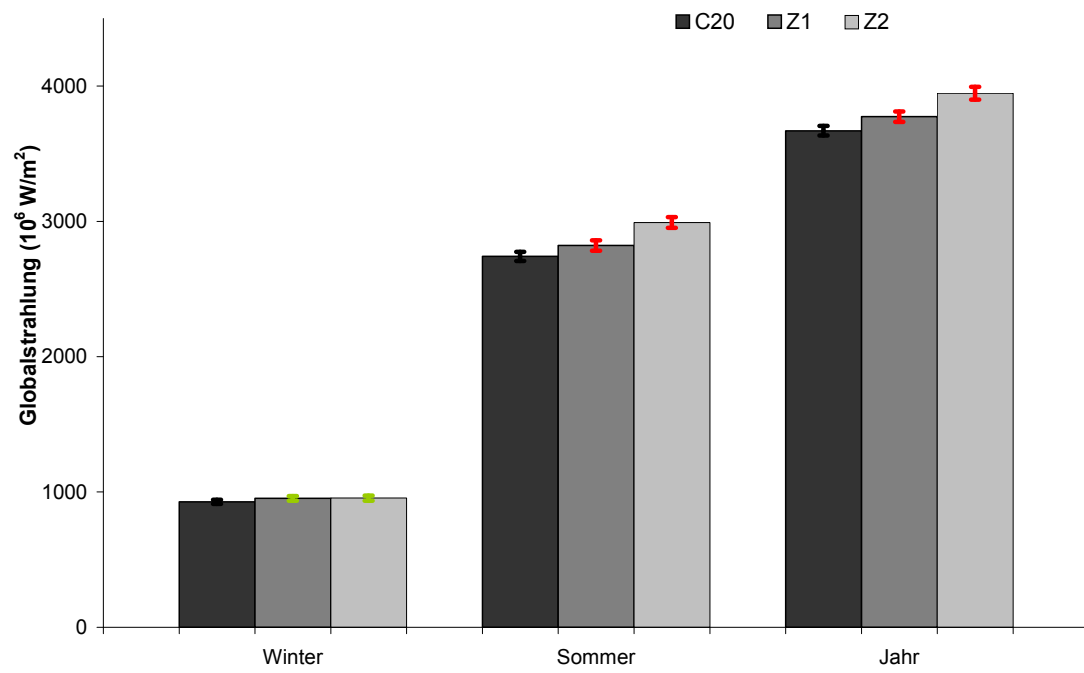
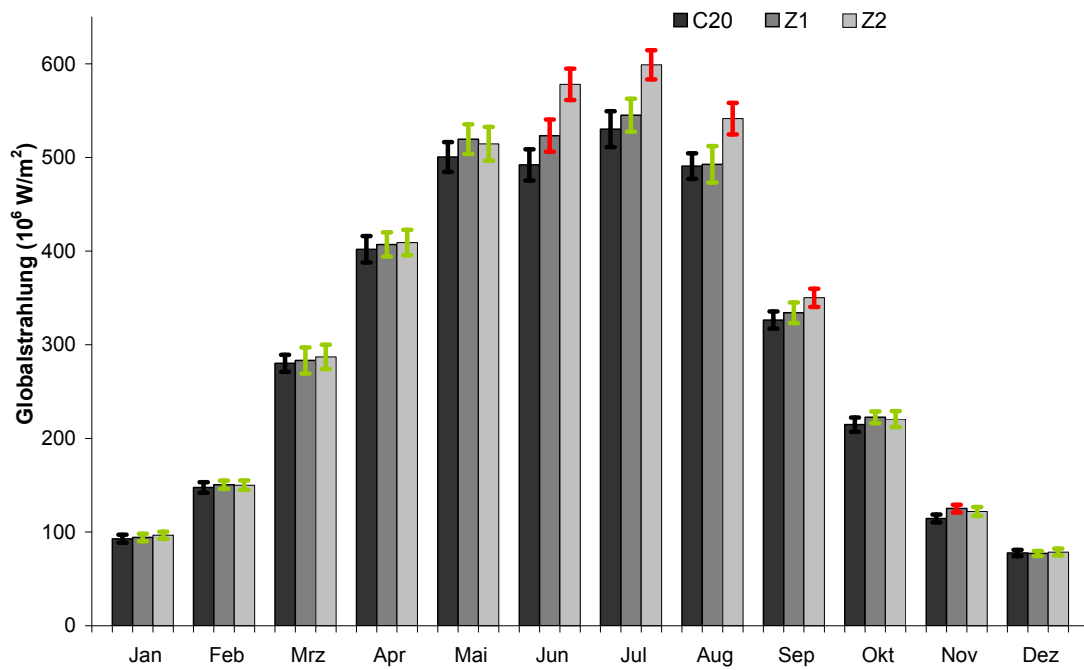


Abbildung 91: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Hermeskeil).
 Future change of global radiation (here: Hermeskeil).

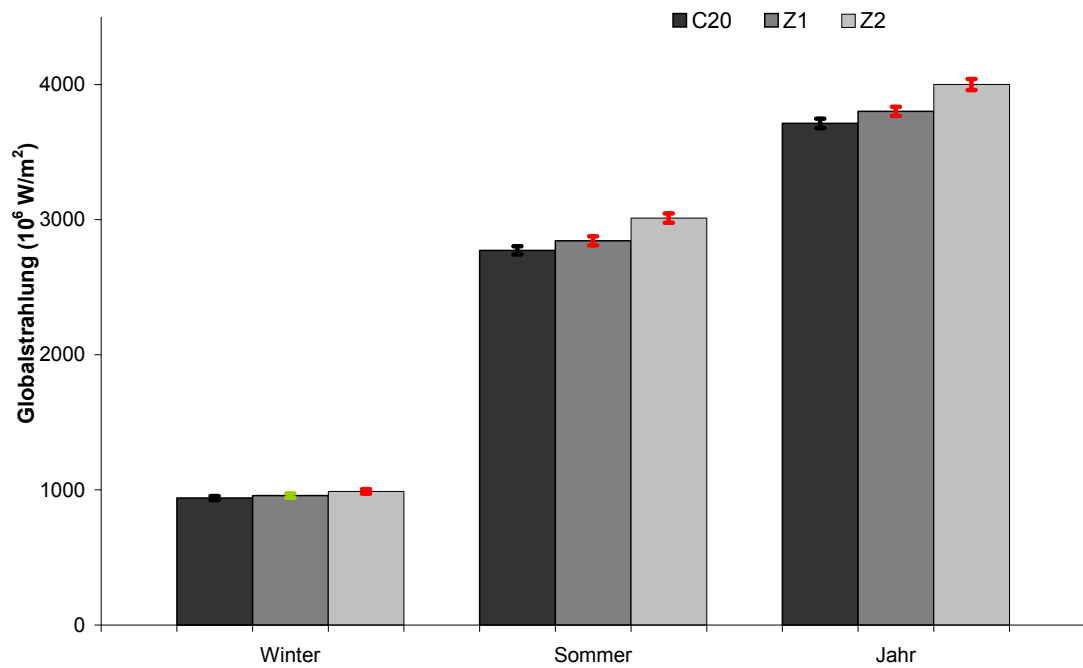
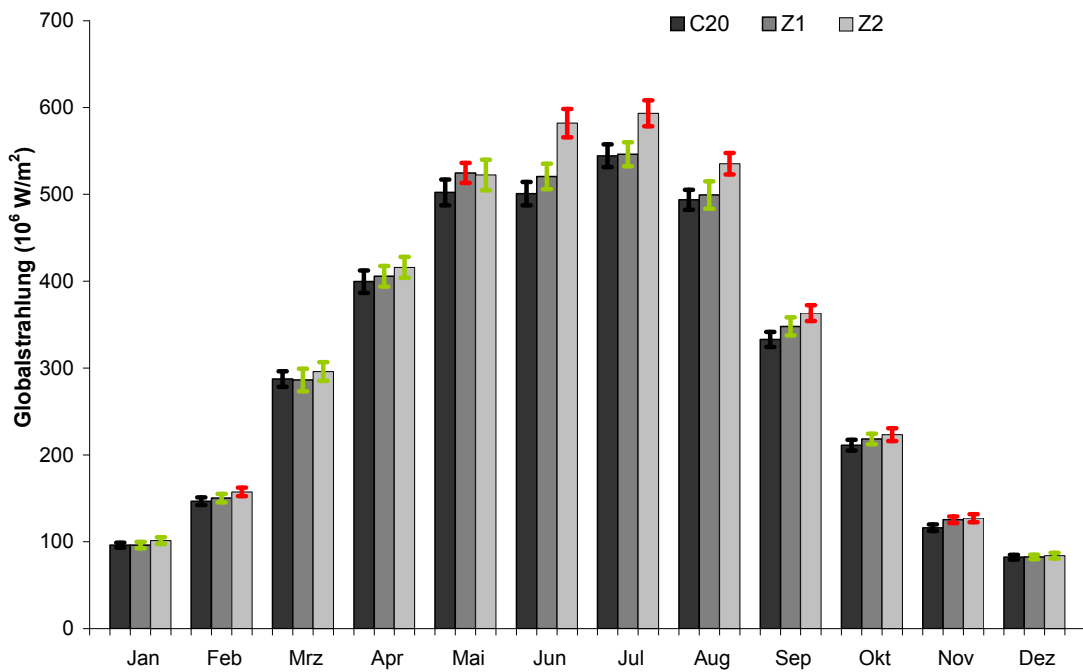


Abbildung 92: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Schaidt).
 Future change of global radiation (here: Schaidt).

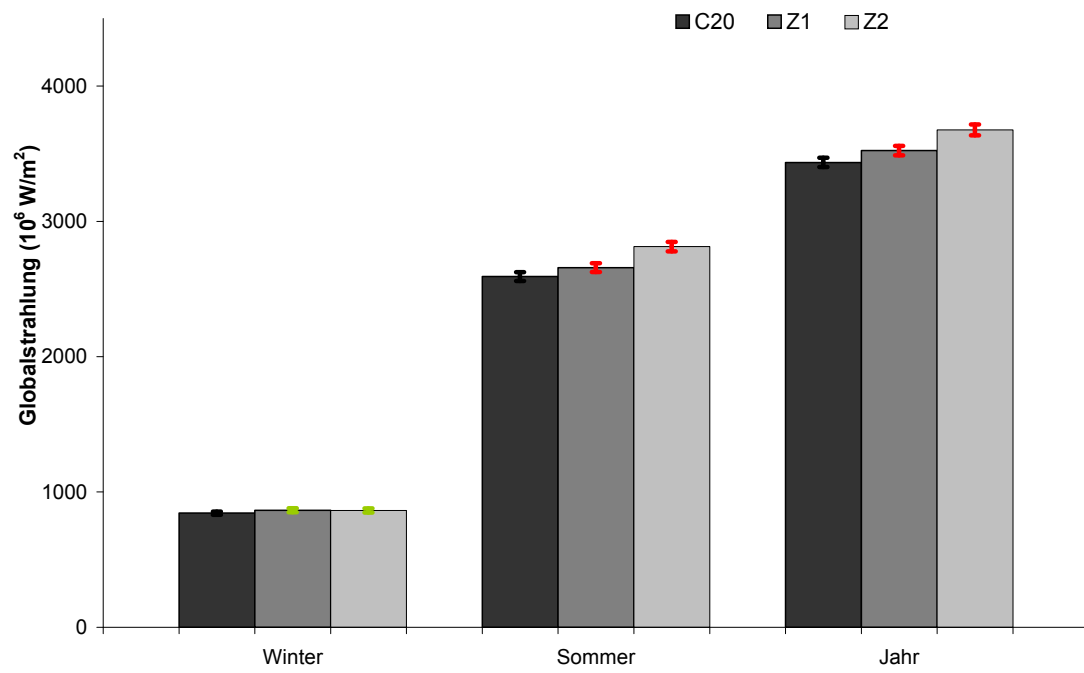
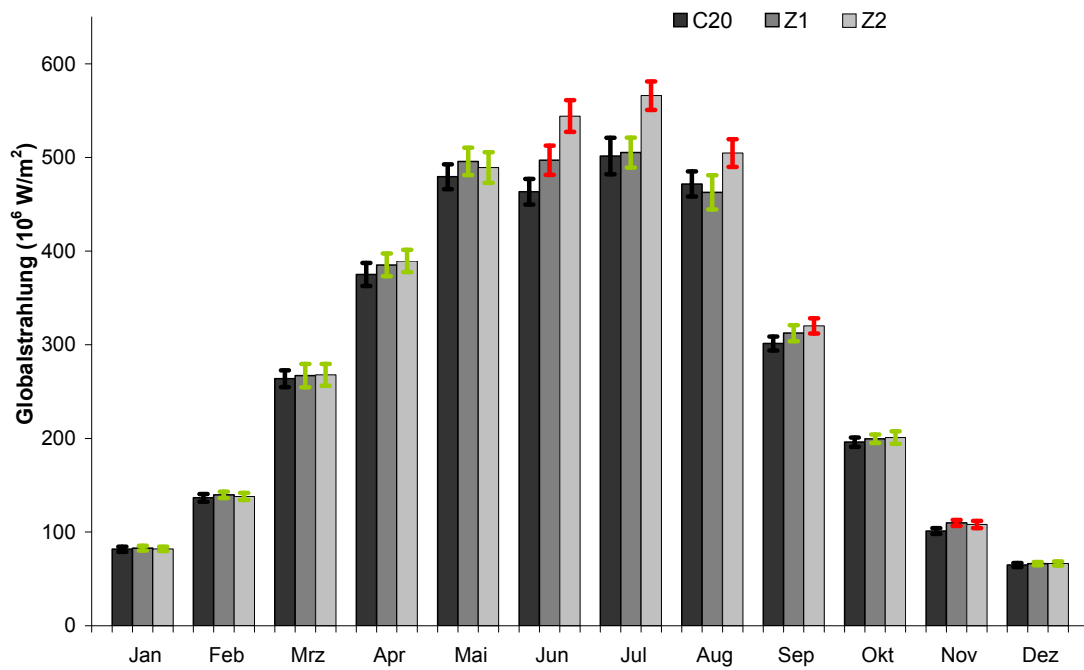


Abbildung 93: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of global radiation (here: Neuhäusel-Bims).

2.2 Wasserhaushalt

2.2.1 Evapotranspiration

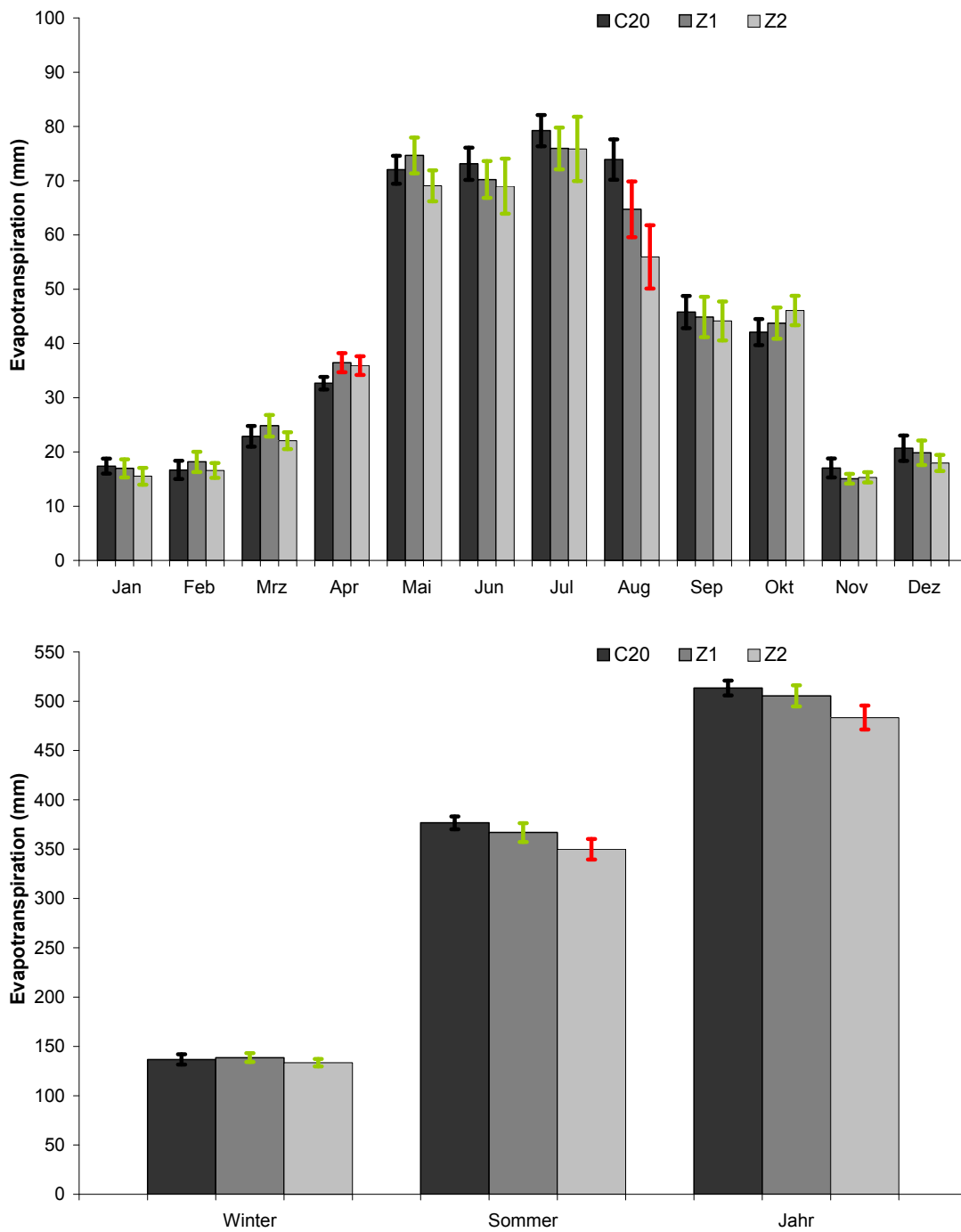


Abbildung 94: Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of evapotranspiration (here: Kirchheimbolanden).

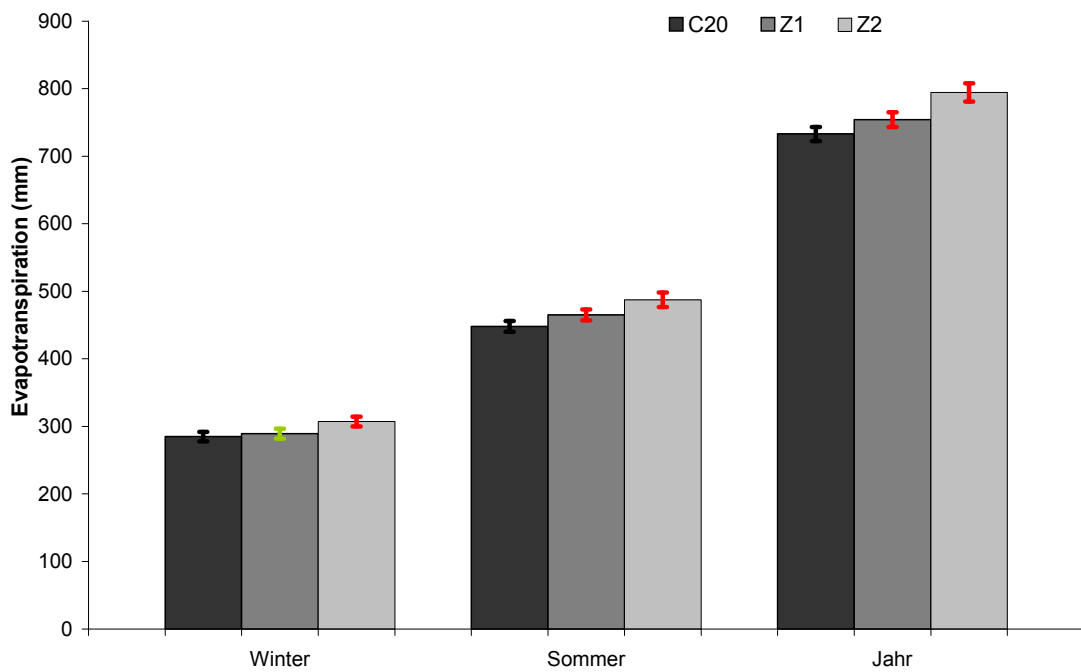
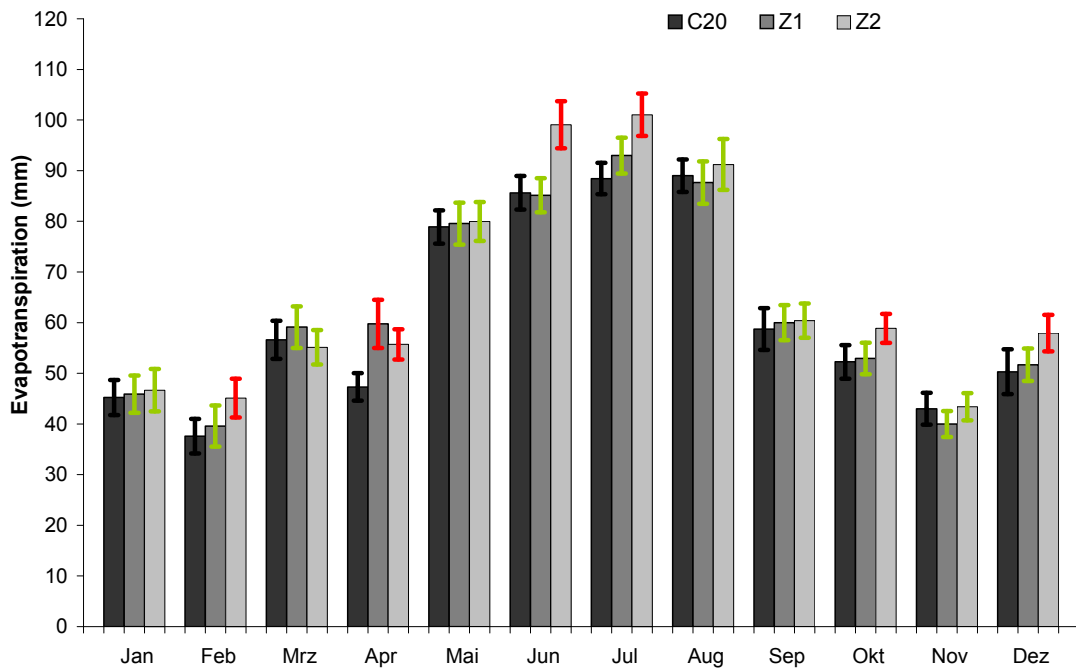


Abbildung 95: *Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Hermeskeil).*
Future change of evapotranspiration (here: Hermeskeil).

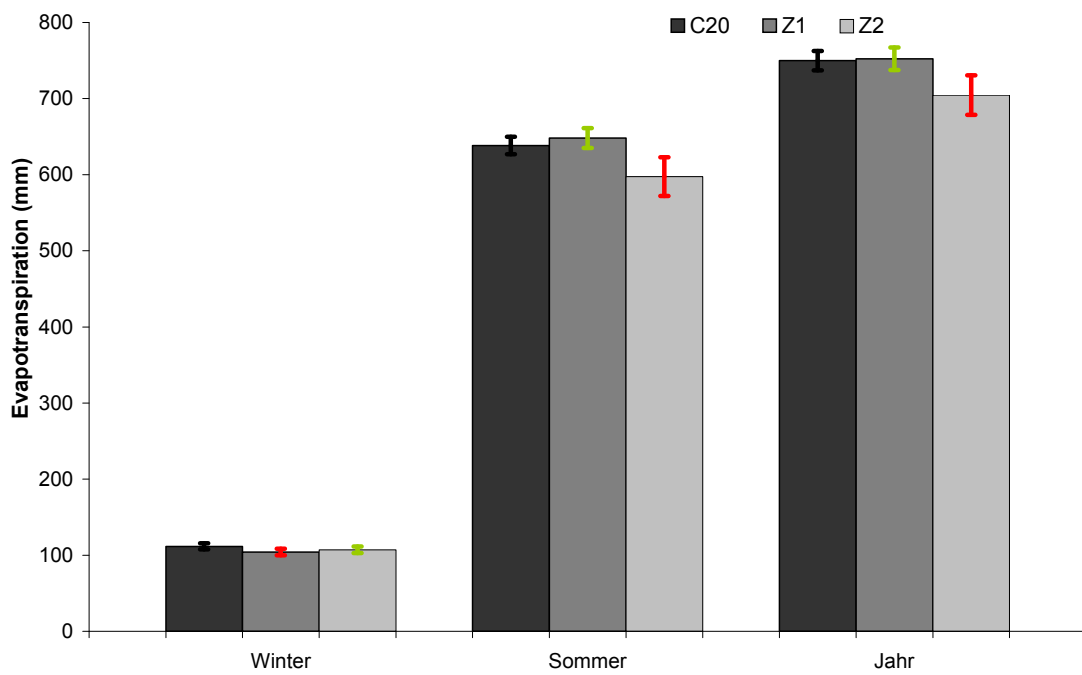
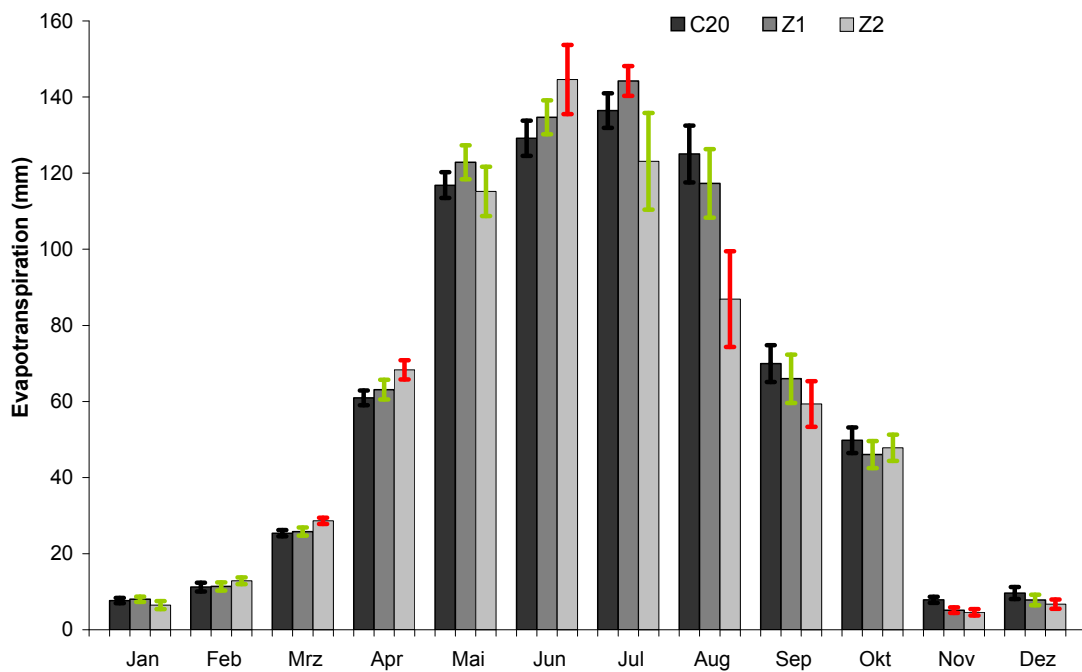


Abbildung 96: Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Schaidt).
 Future change of evapotranspiration (here: Schaidt).

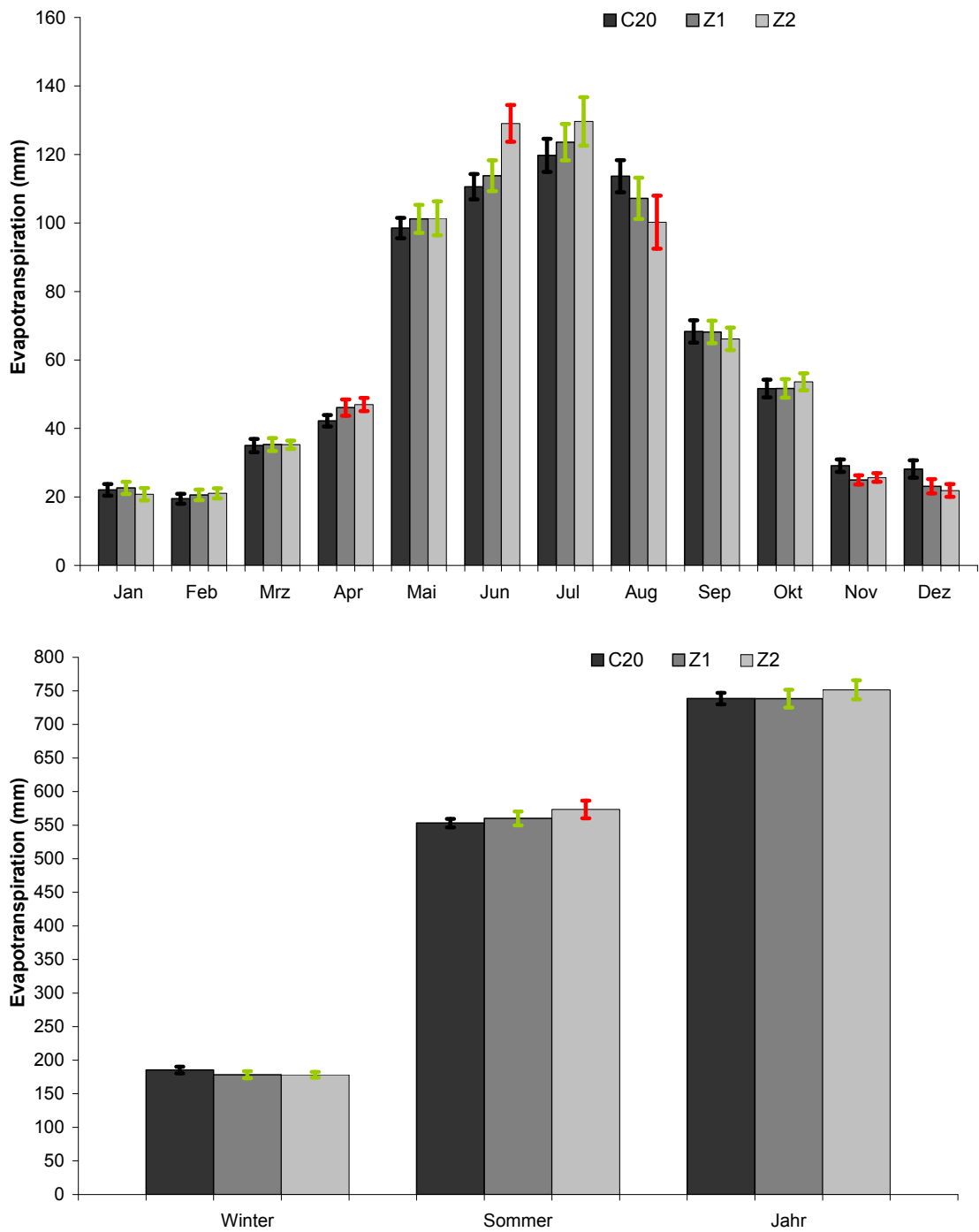


Abbildung 97: *Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Neuhäusel-Bims).*
Future change of evapotranspiration (here: Neuhäusel-Bims).

2.2.2 Interzeption

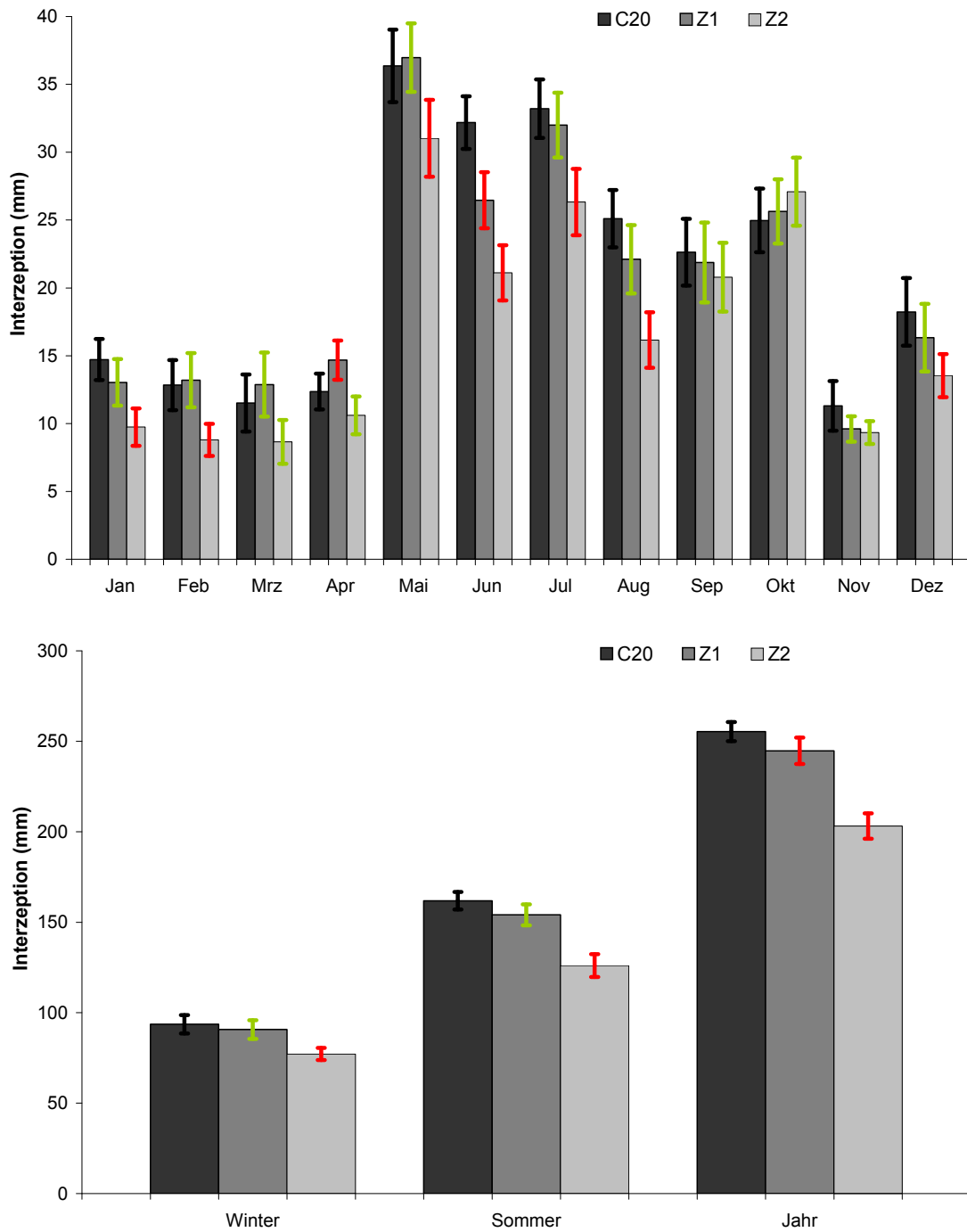


Abbildung 98: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of interception (here: Kirchheimbolanden).

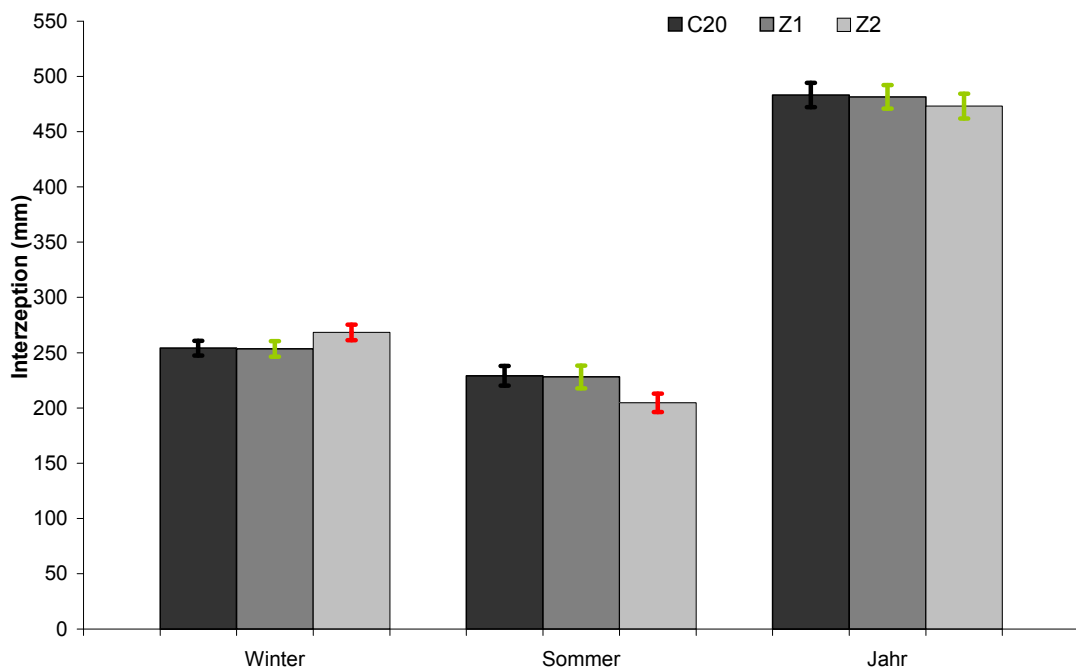
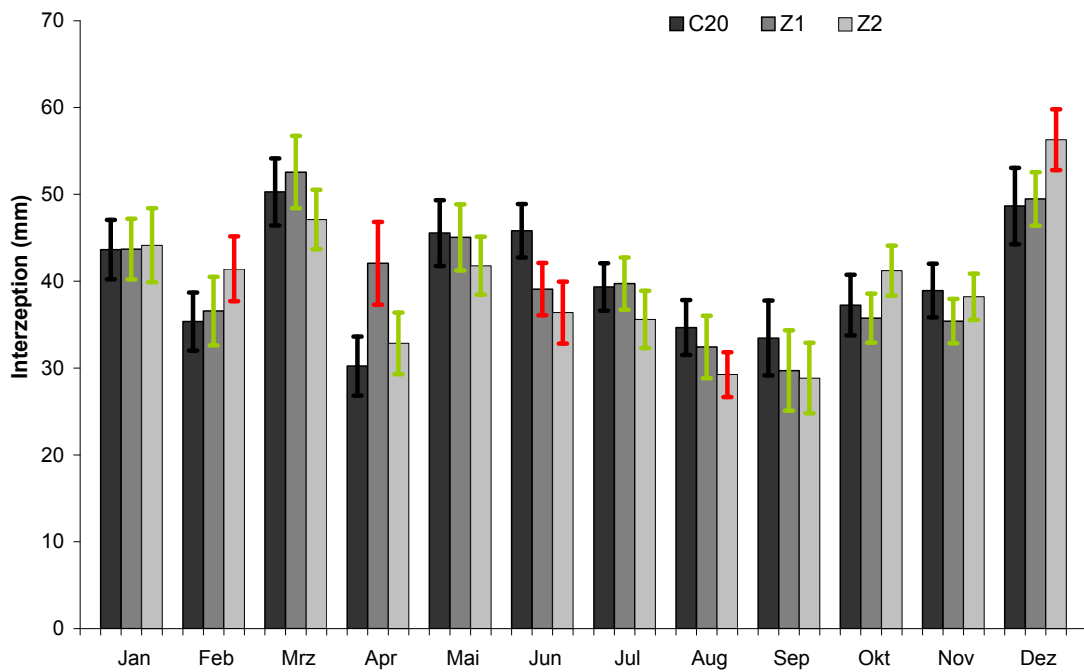


Abbildung 99: *Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Hermeskeil).*
Future change of interception (here: Hermeskeil).

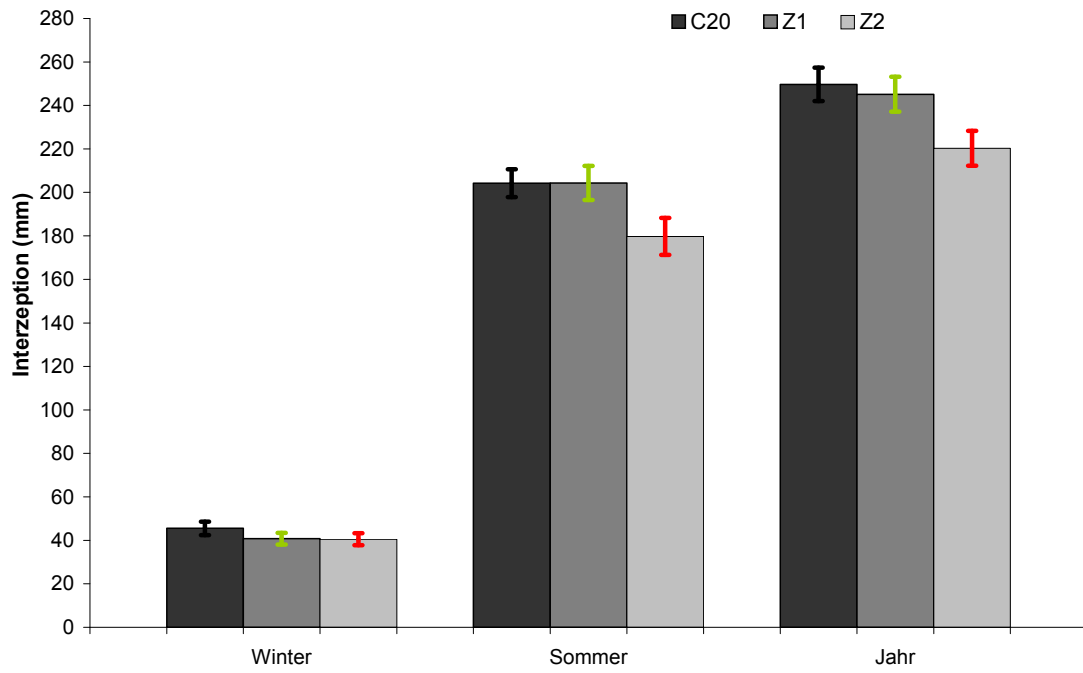
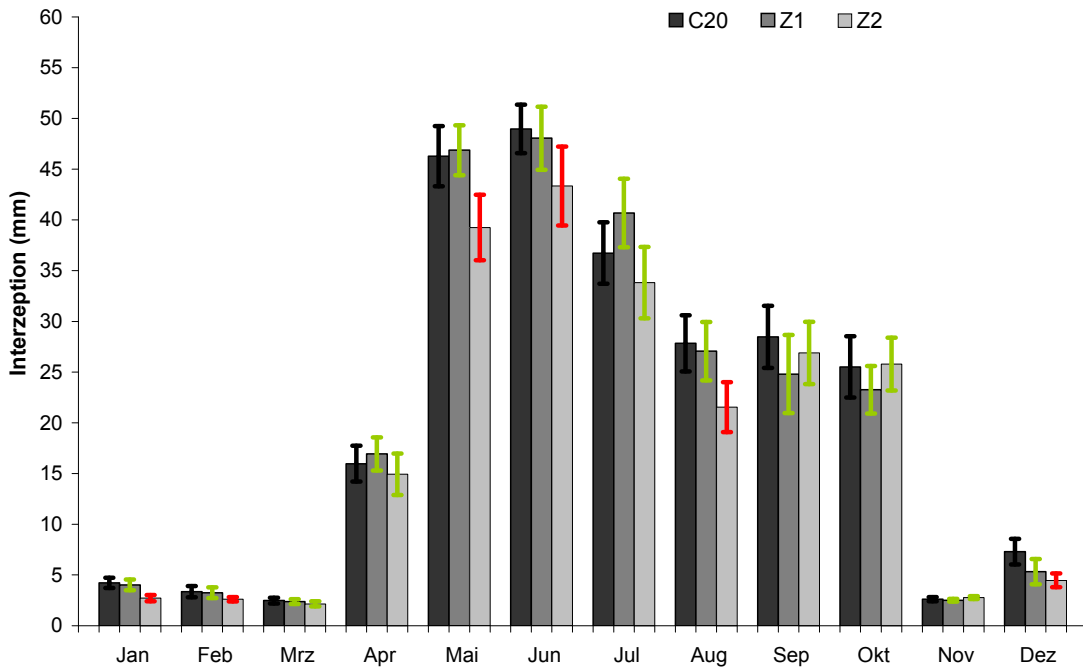


Abbildung 100: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Schaidt).
 Future change of interception (here: Schaidt).

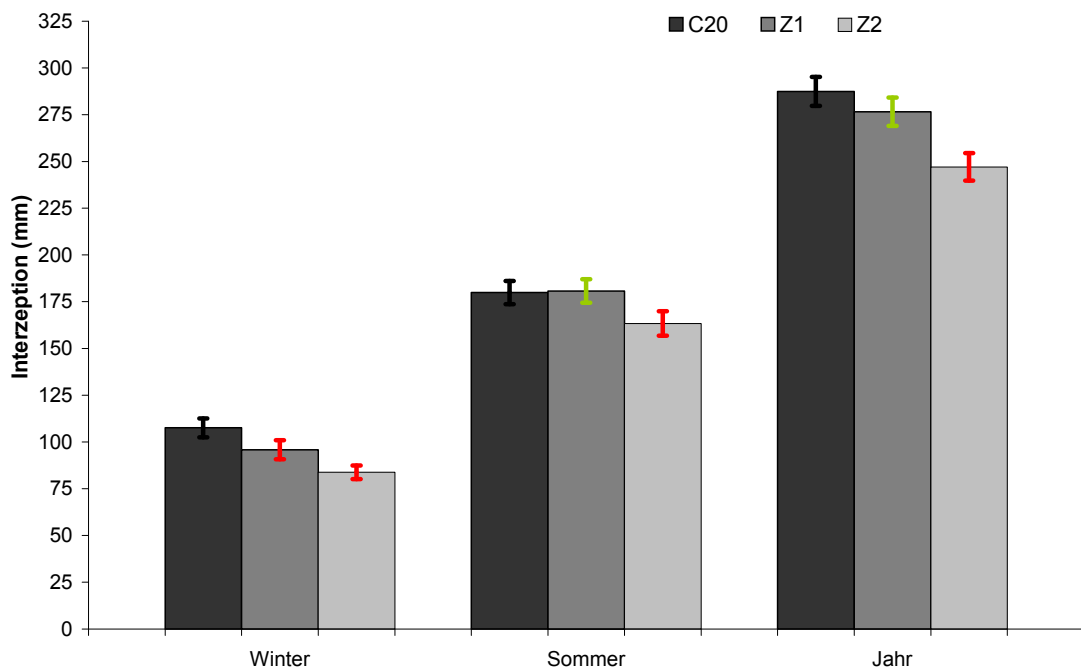
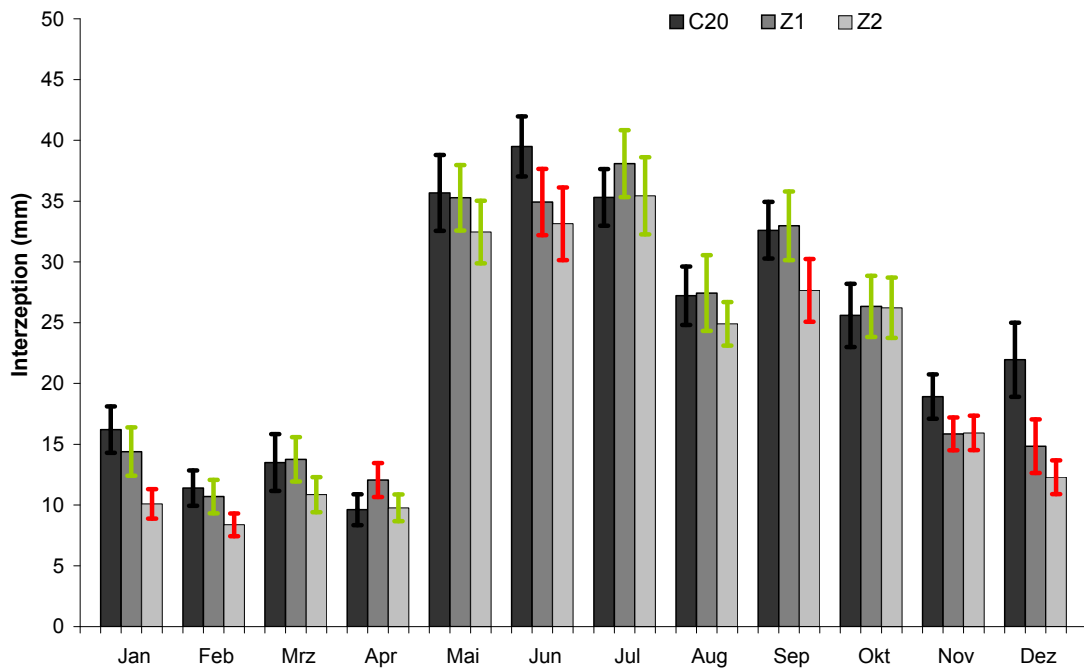


Abbildung 101: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of interception (here: Neuhäusel-Bims).

2.2.3 Transpiration

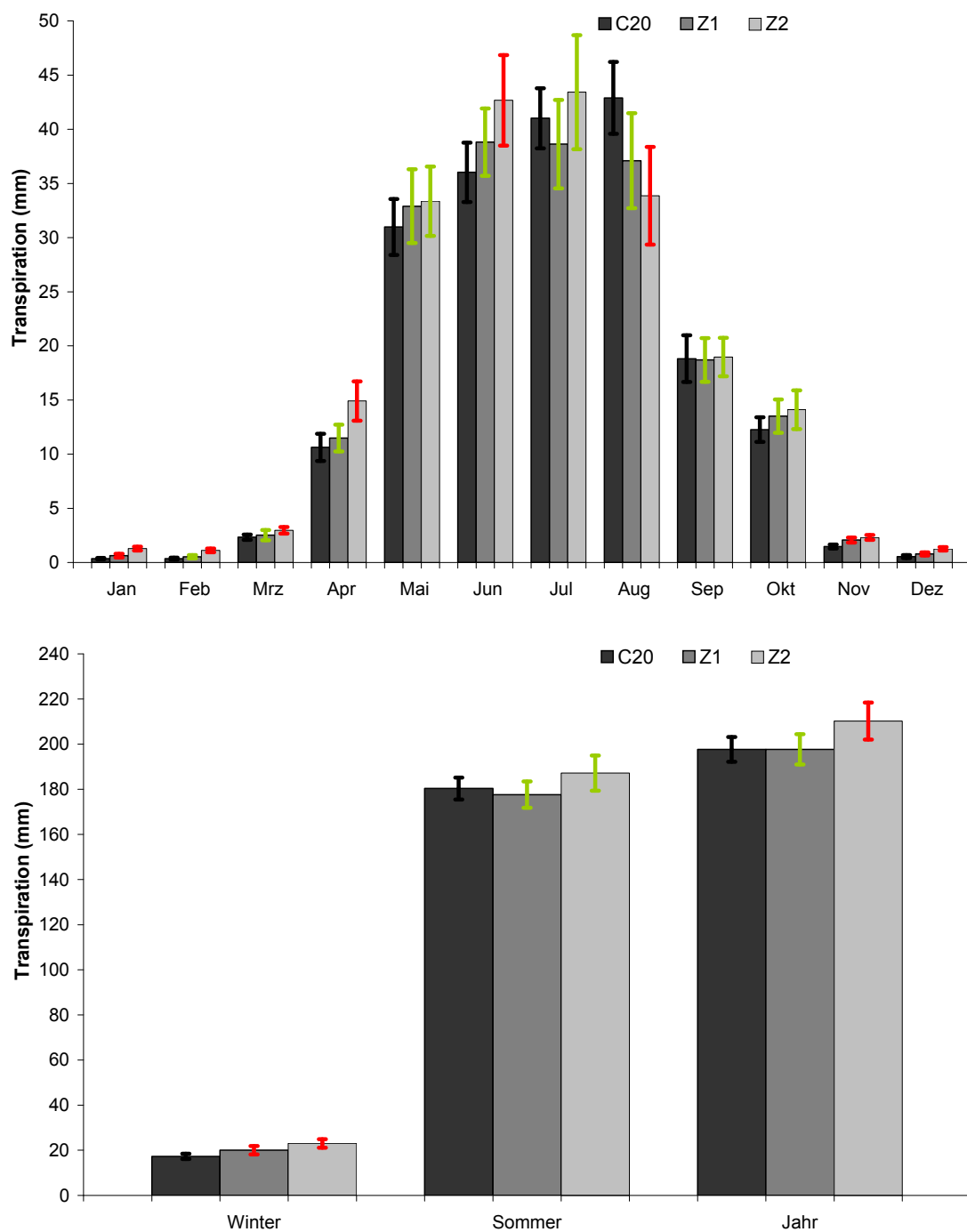


Abbildung 102. Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of transpiration (here: Kirchheimbolanden).

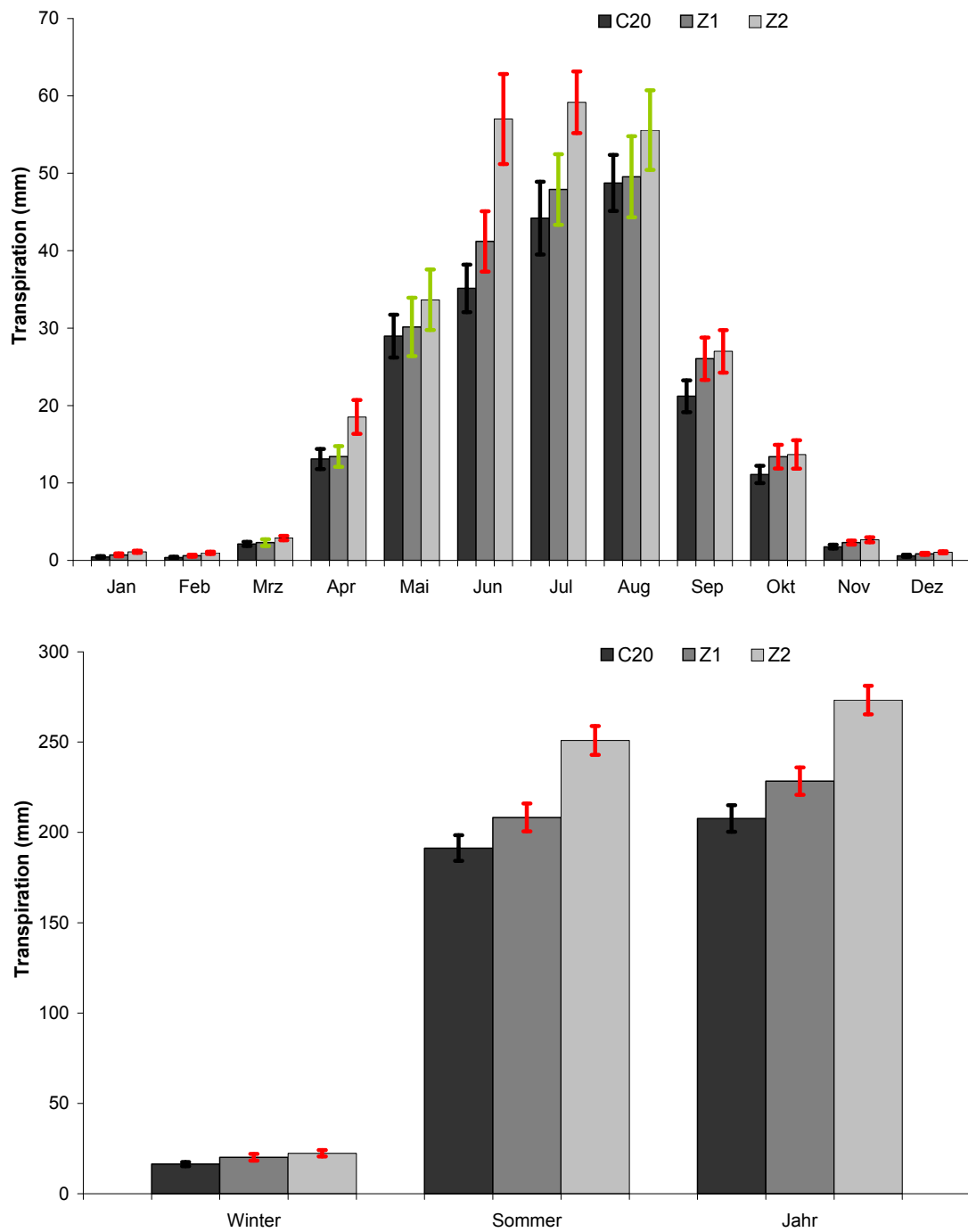


Abbildung 103: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Hermeskeil).
 Future change of transpiration (here: Hermeskeil).

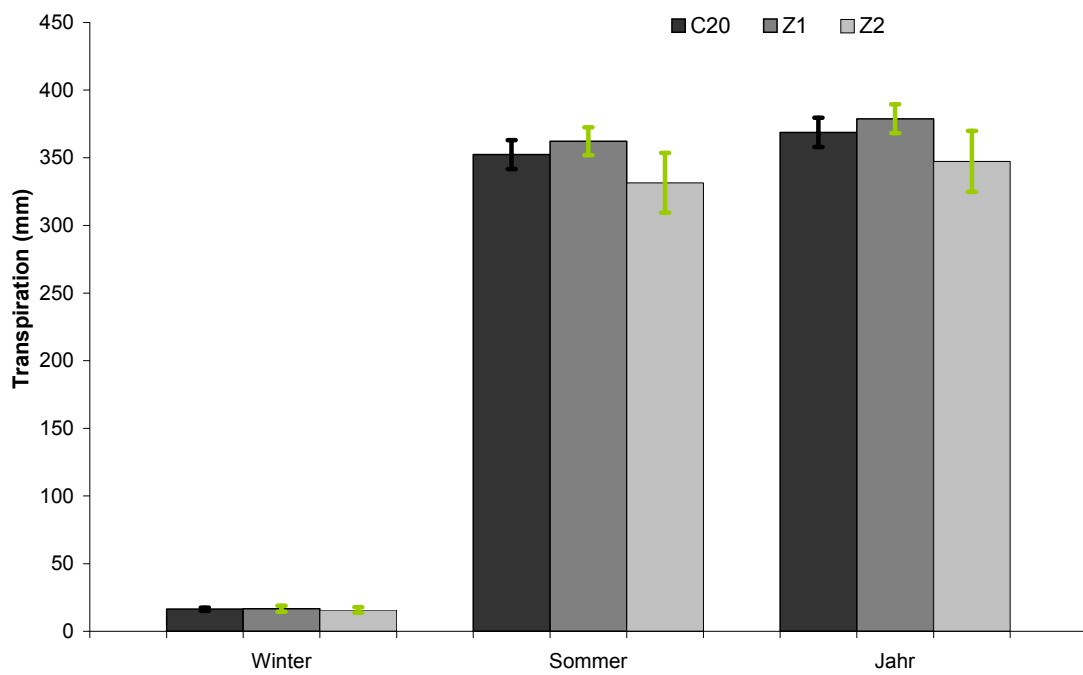
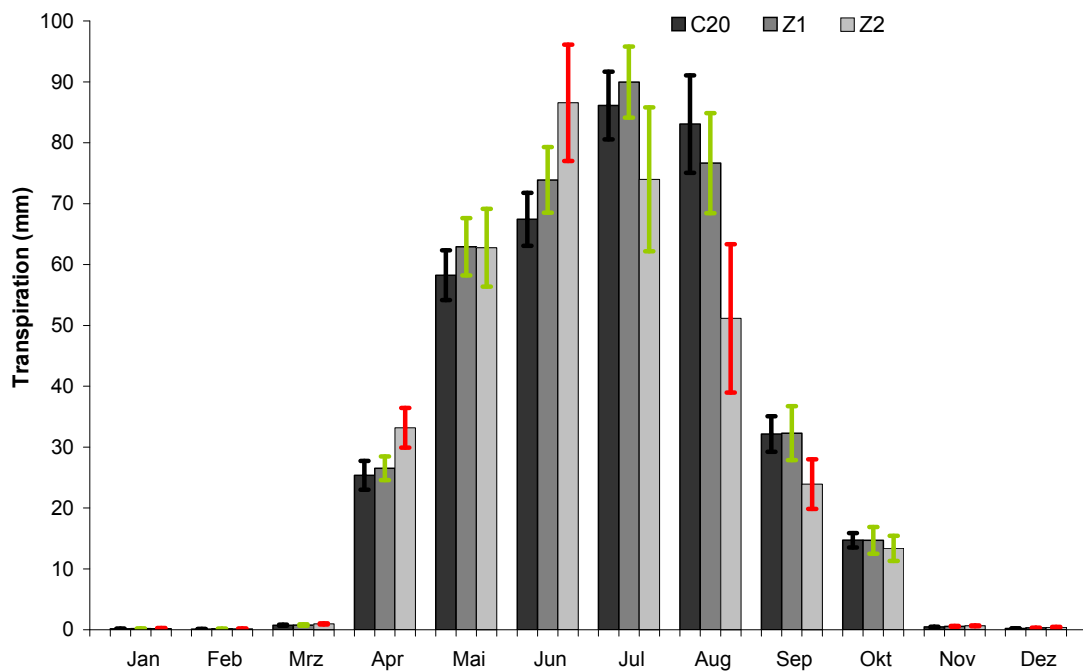


Abbildung 104: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Schaidt).
 Future change of transpiration (here: Schaidt).

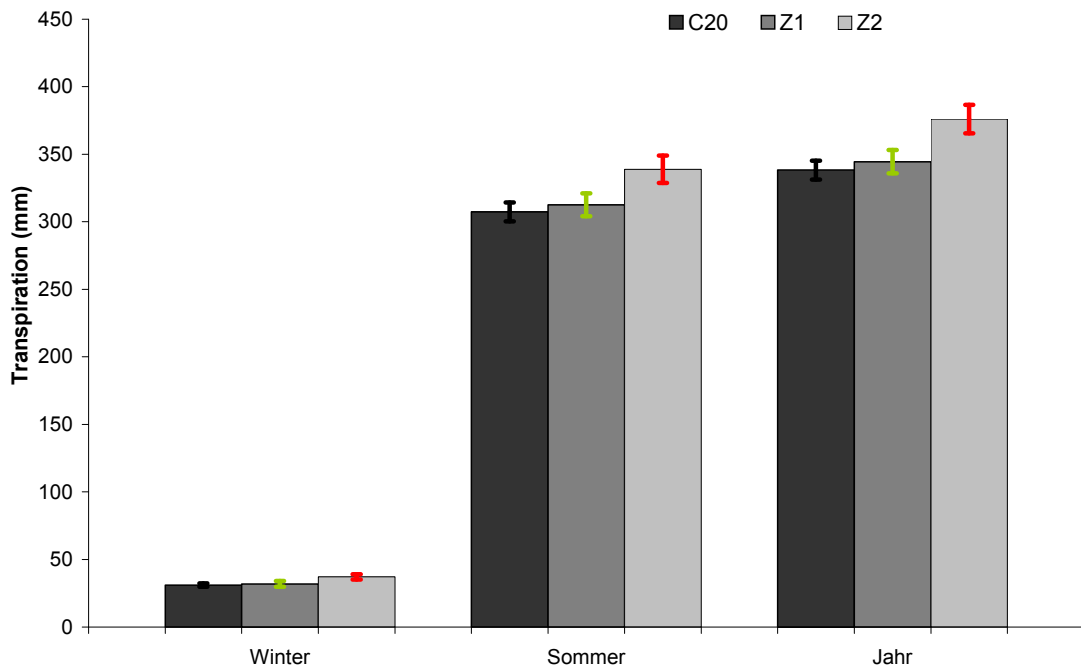
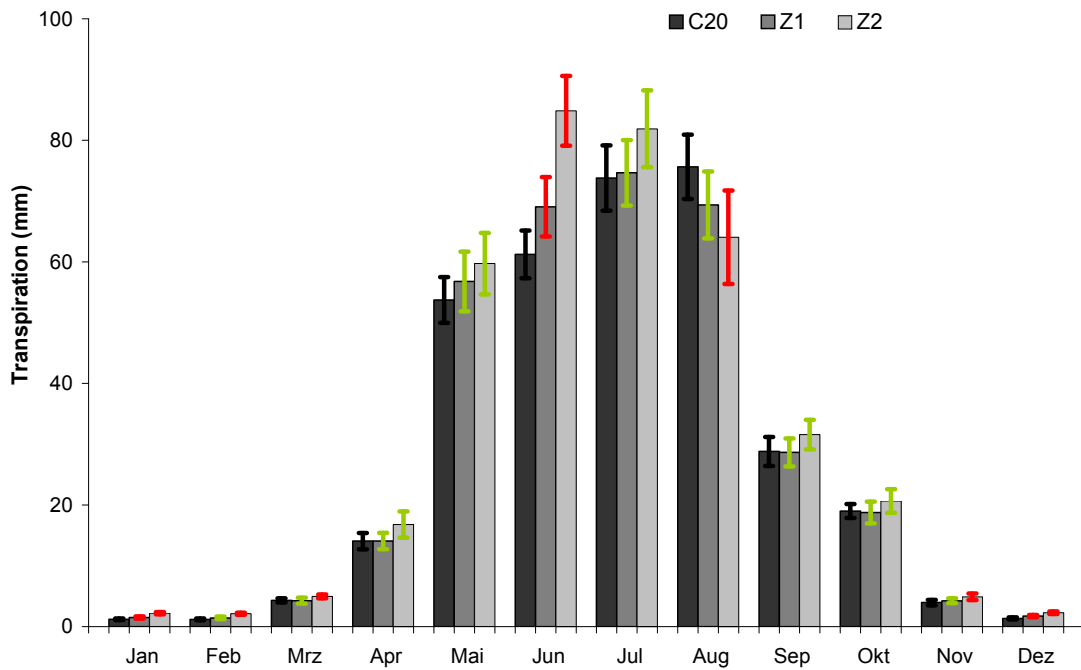


Abbildung 105: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of transpiration (here: Neuhäusel-Bims).

2.2.4 Evaporation

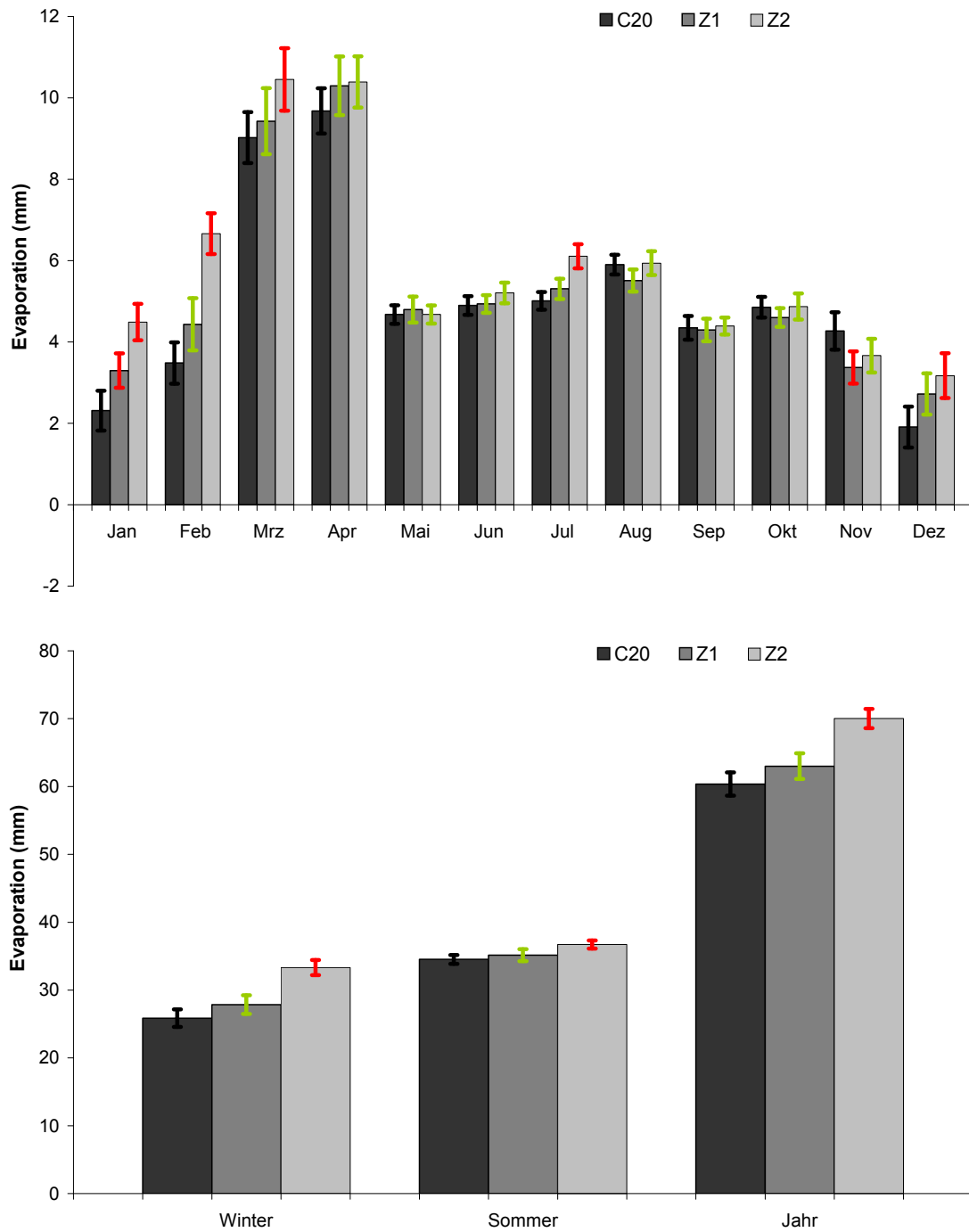


Abbildung 106: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of evaporation (here: Kirchheimbolanden).

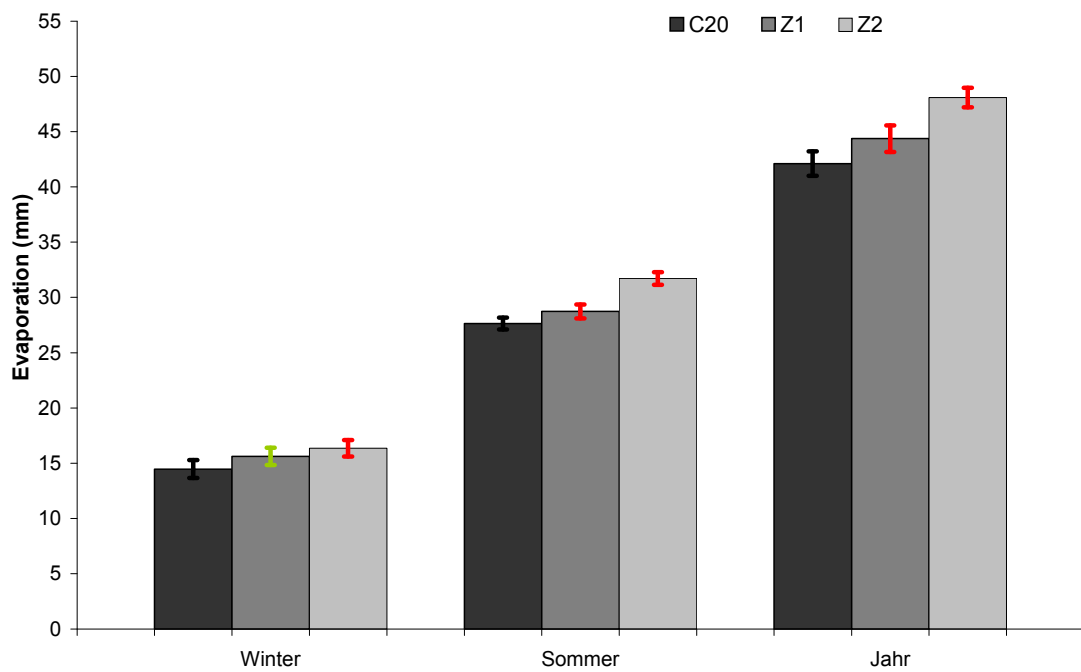
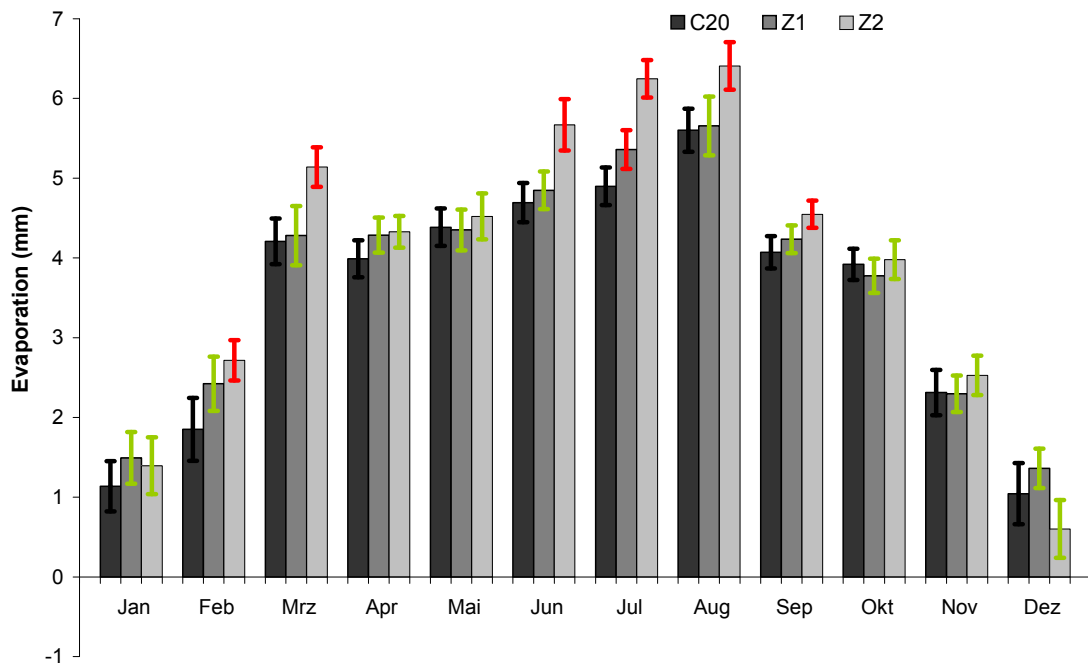


Abbildung 107: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Hermeskeil).
 Future change of evaporation (here: Hermeskeil).

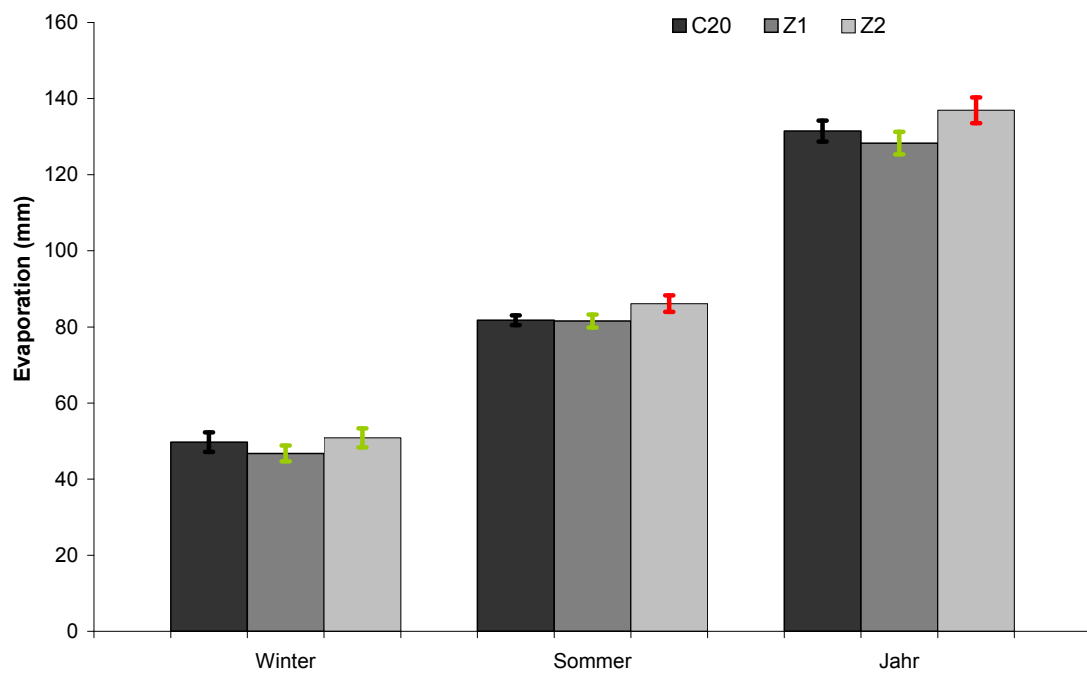
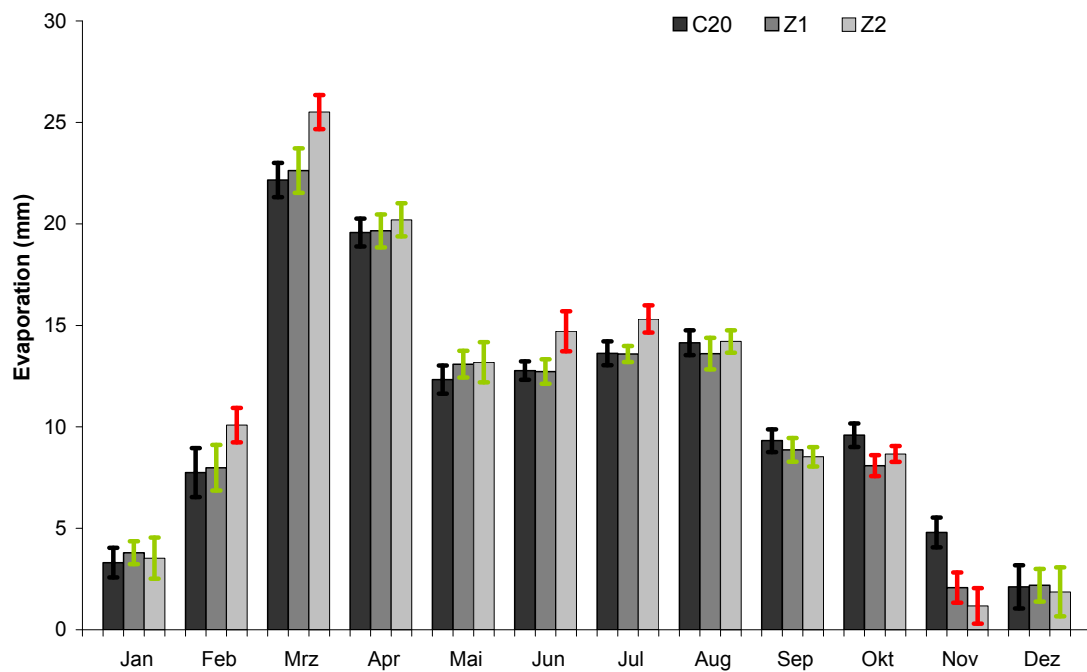


Abbildung 108: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Schaidt).
 Future change of evaporation (here: Schaidt).

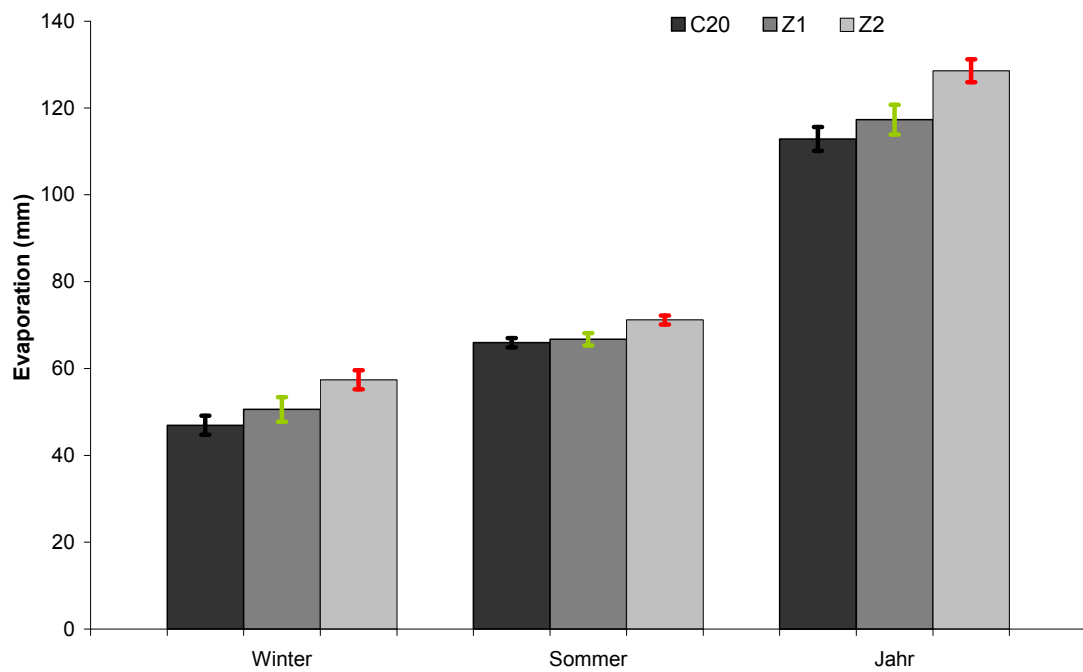
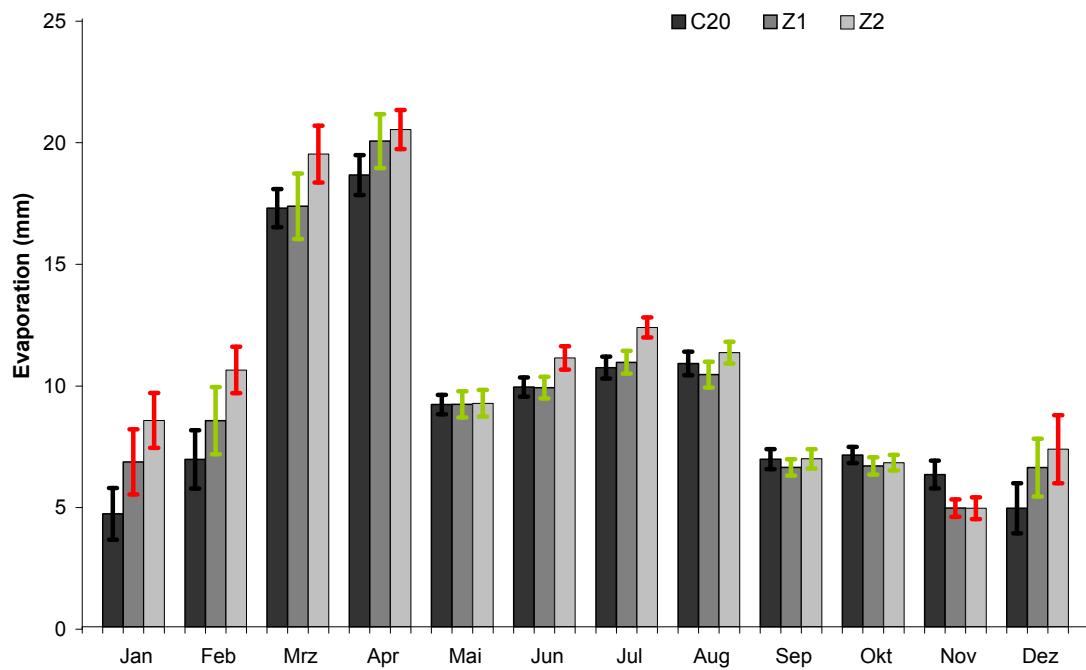


Abbildung 109: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of evaporation (here: Neuhäusel-Bims).

2.2.5 Vertikale Sickerung

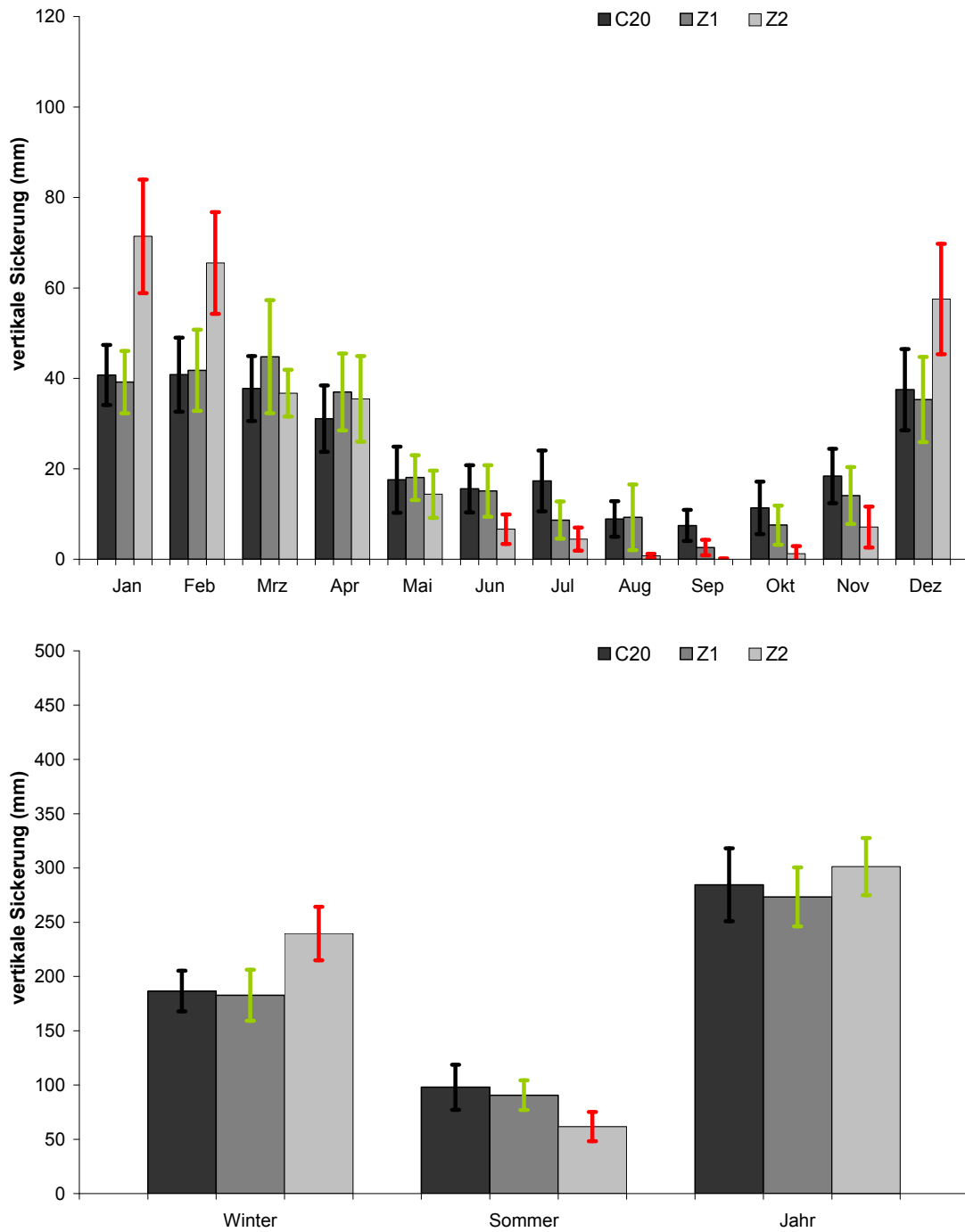


Abbildung 110: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of vertical percolation (here: Kirchheimbolanden).

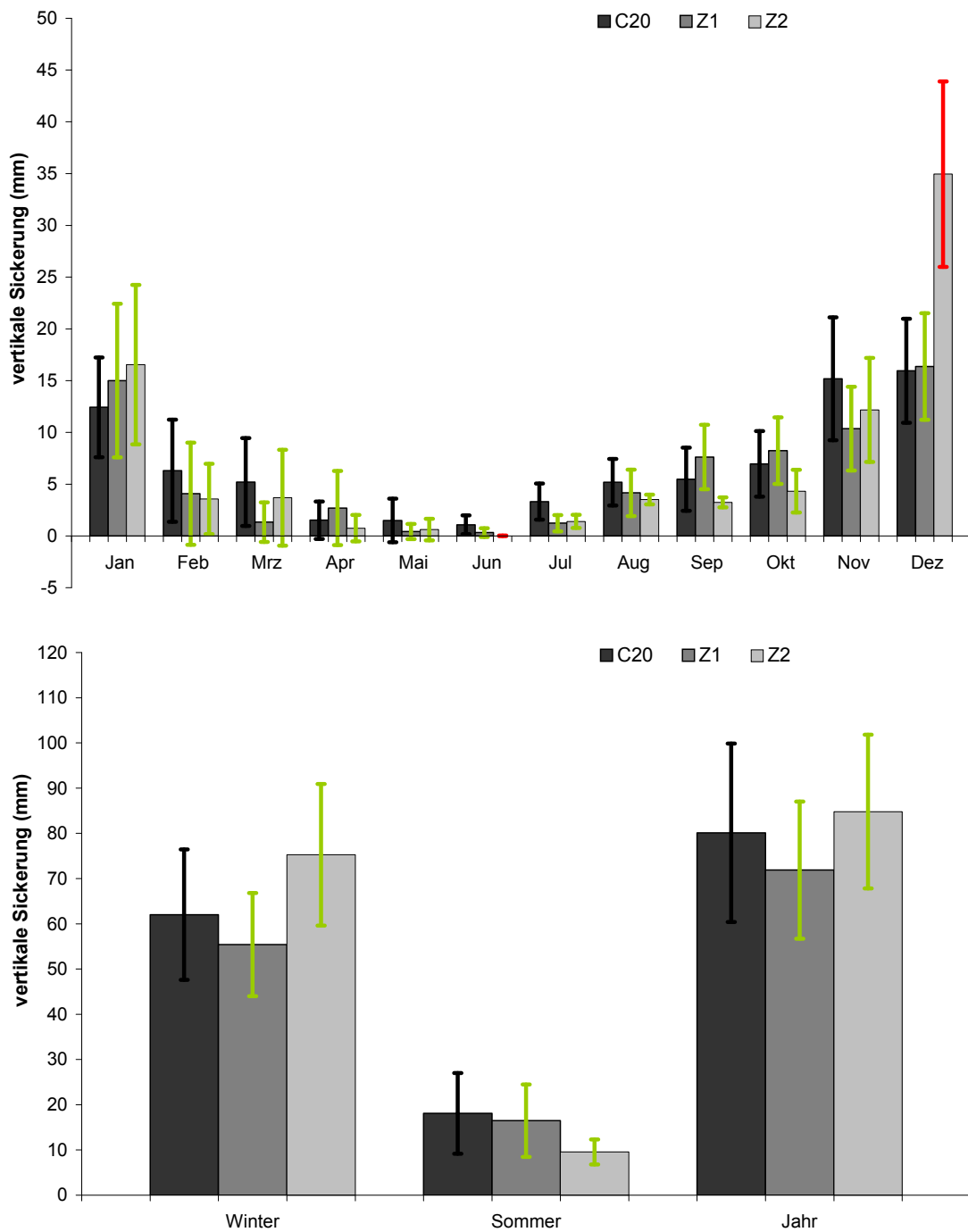


Abbildung 111: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Hermeskeil).
 Future change of vertical percolation (here: Hermeskeil).

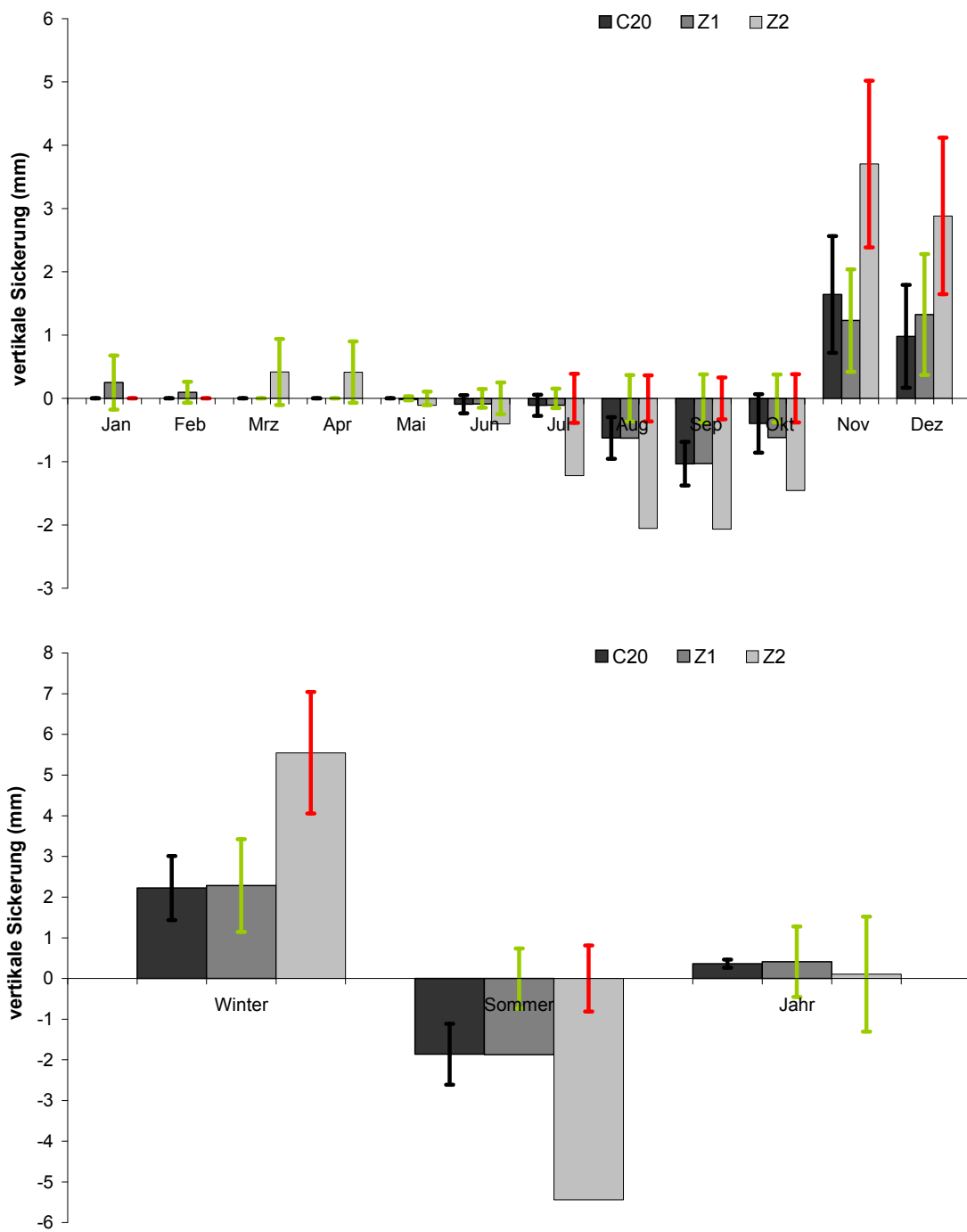


Abbildung 112: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Schaidt).
 Future change of vertical percolation (here: Schaidt).

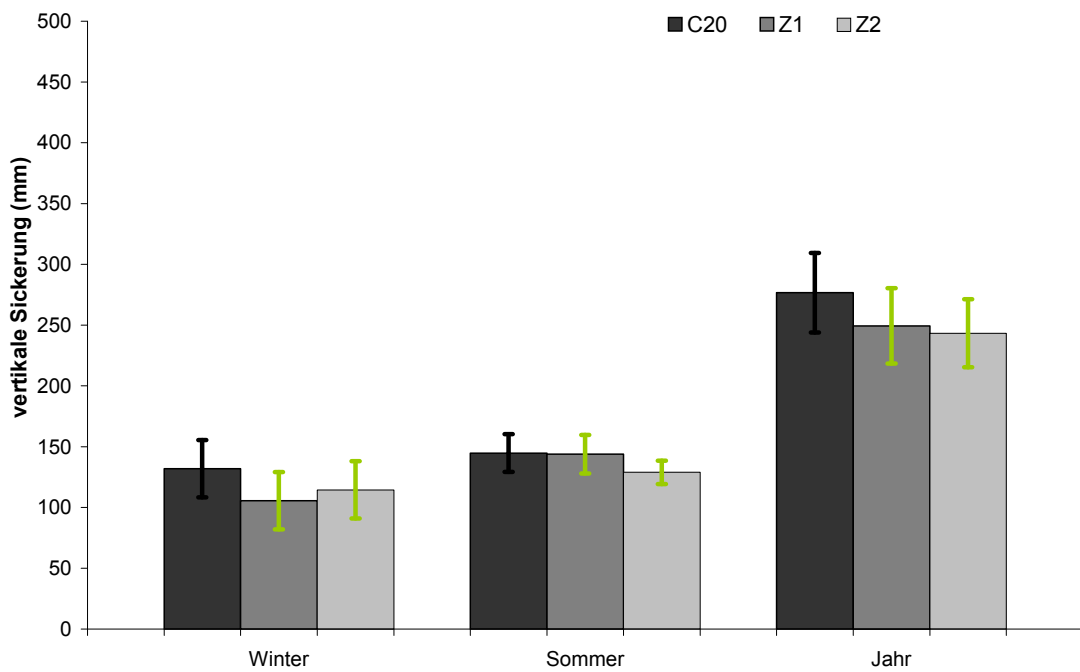
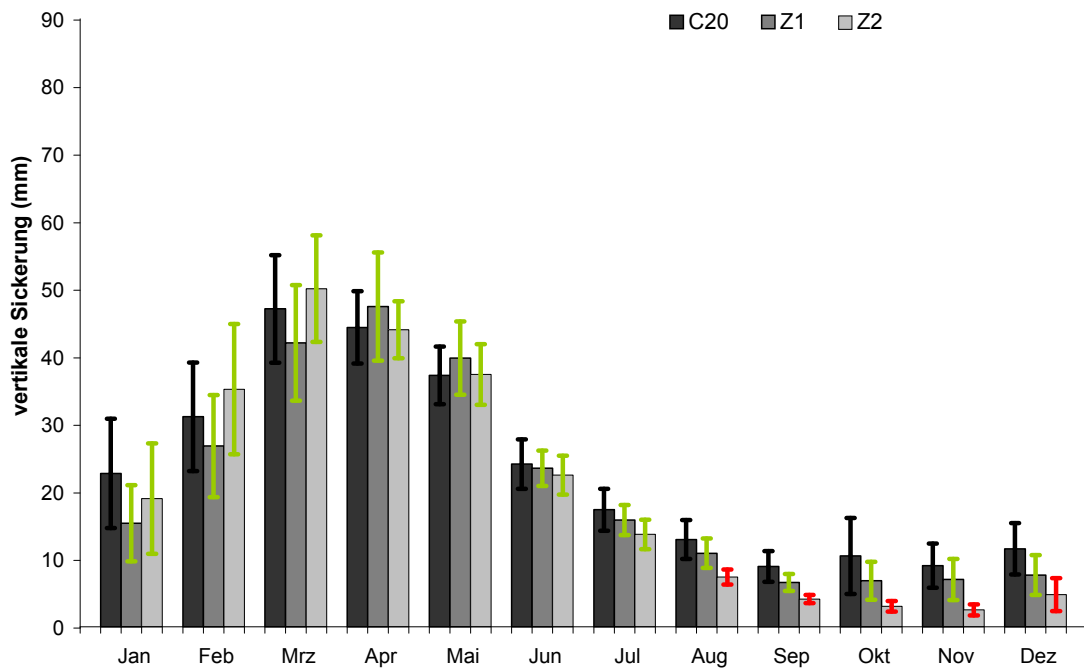


Abbildung 113: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of vertical percolation (here: Neuhäusel-Bims).

2.2.6 Lateraler Abfluss

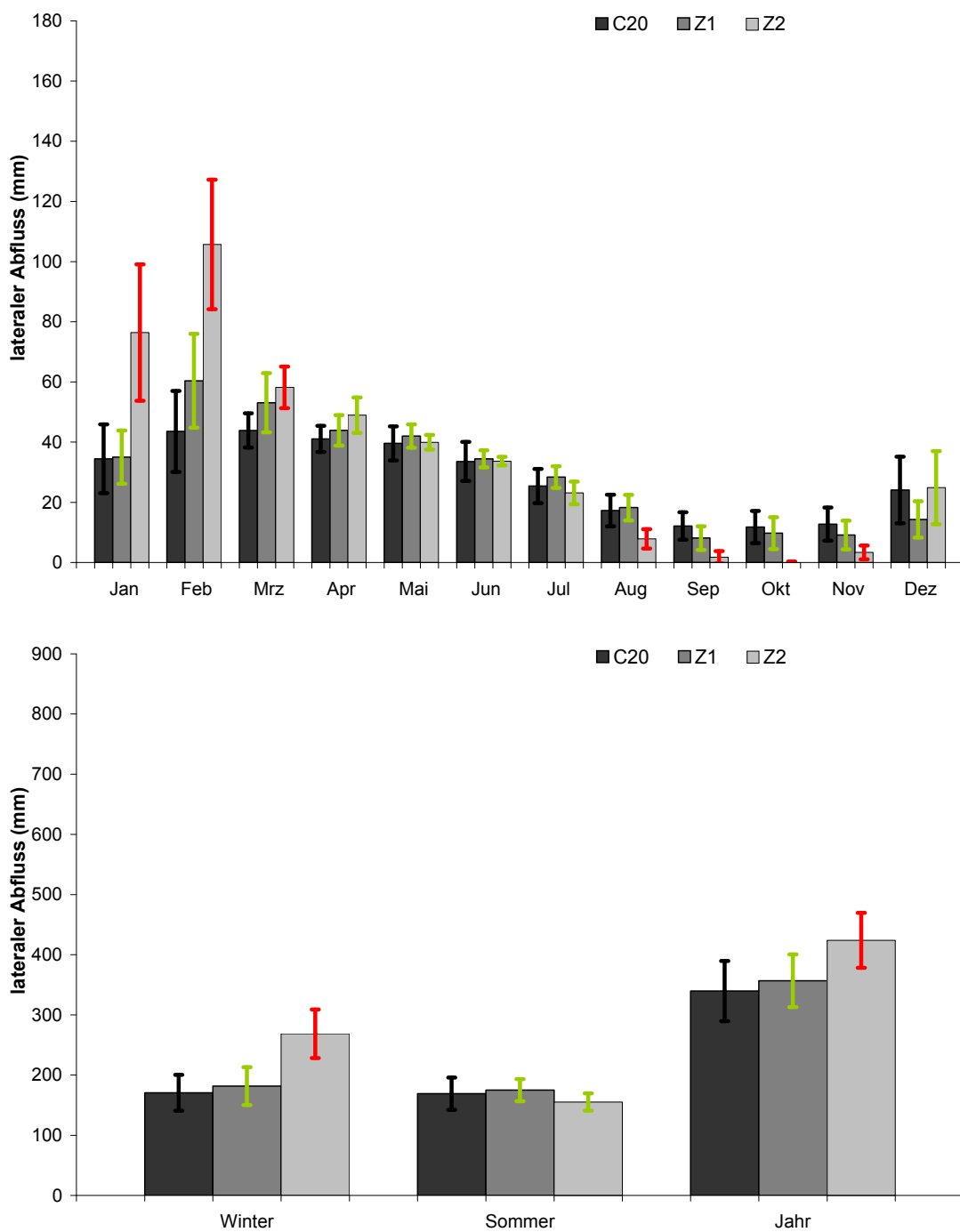


Abbildung 114: Zukünftige Veränderung des lateralen Abfluss (hier: Hermeskeil).
Future change of lateral drain (here: Hermeskeil).

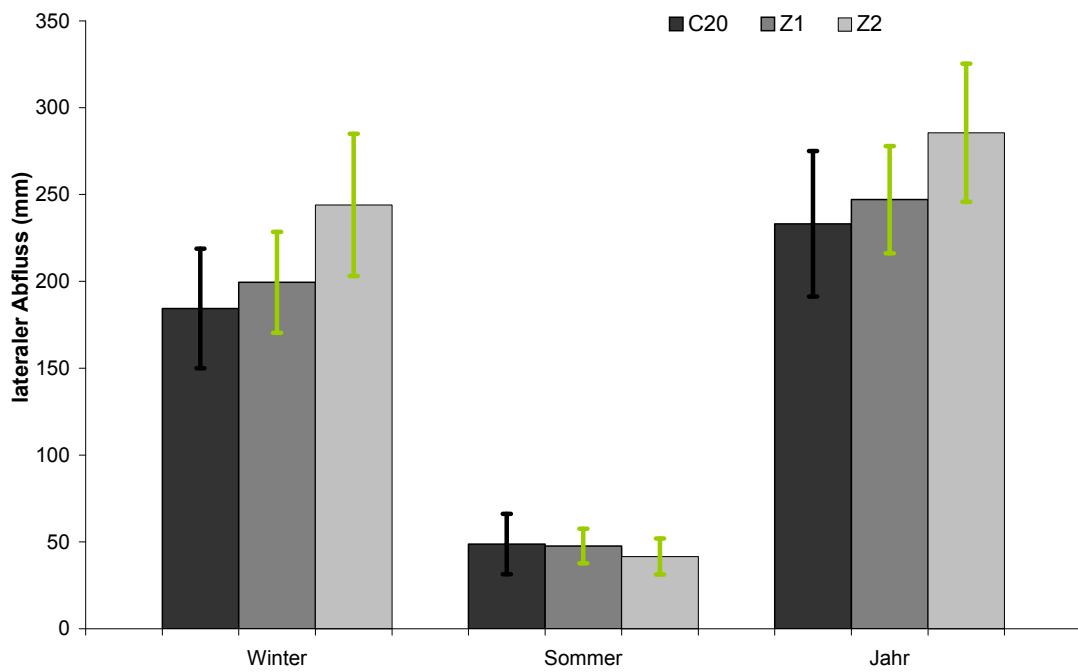
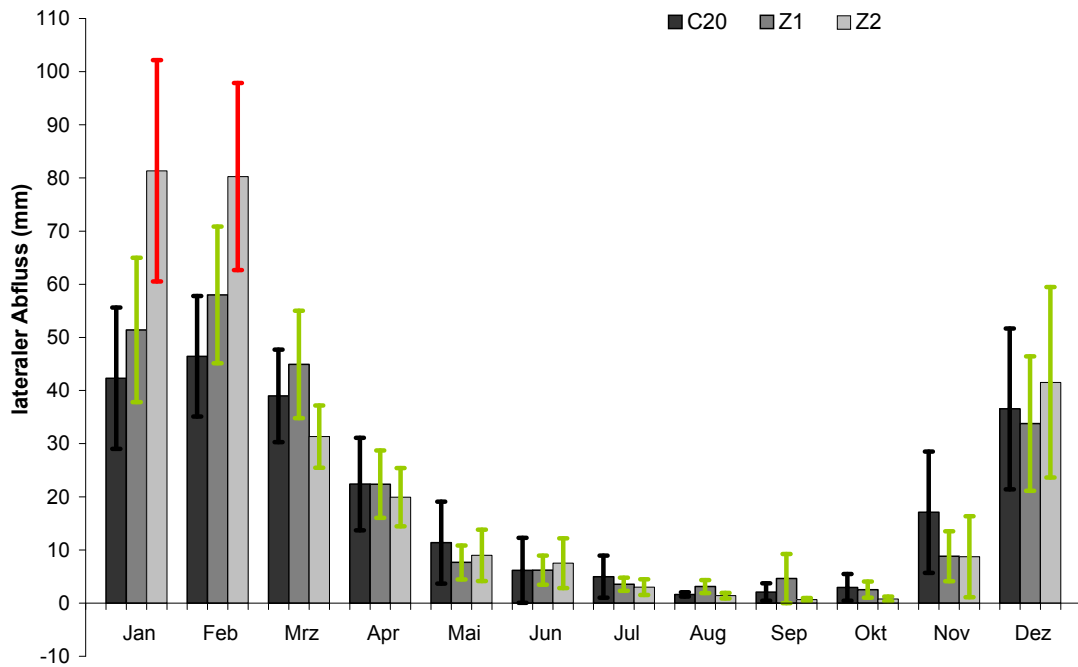


Abbildung 115: Zukünftige Veränderung des lateralen Abfluss (hier: Schaidt).
 Future change of lateral drain (here: Schaidt).

2.2.7 Pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat

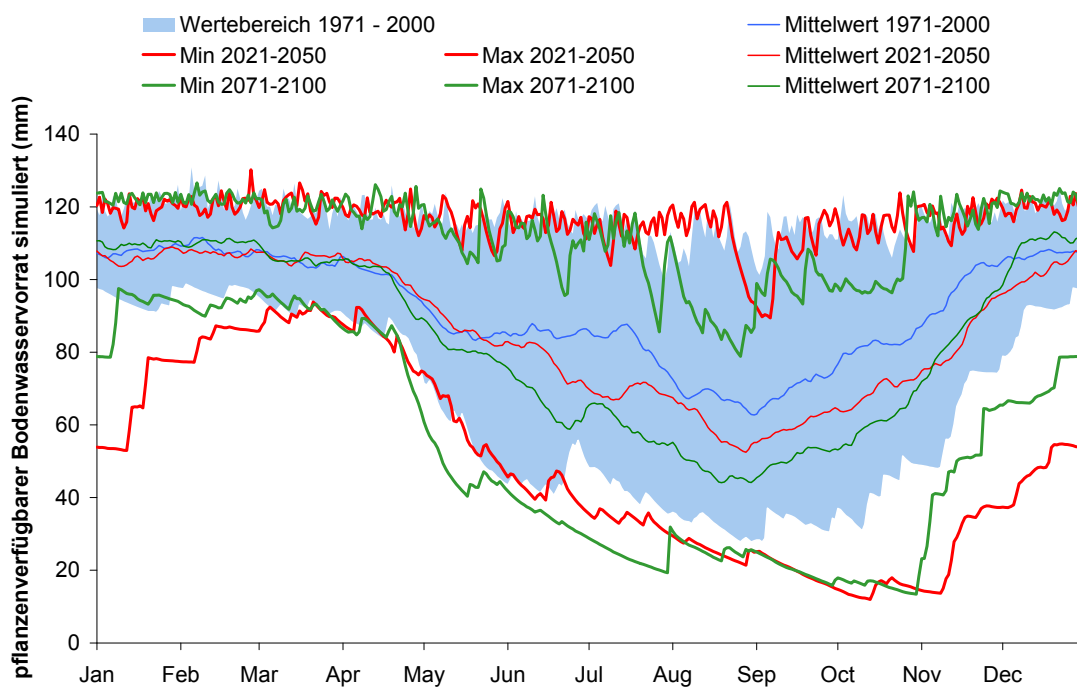


Abbildung 116: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).

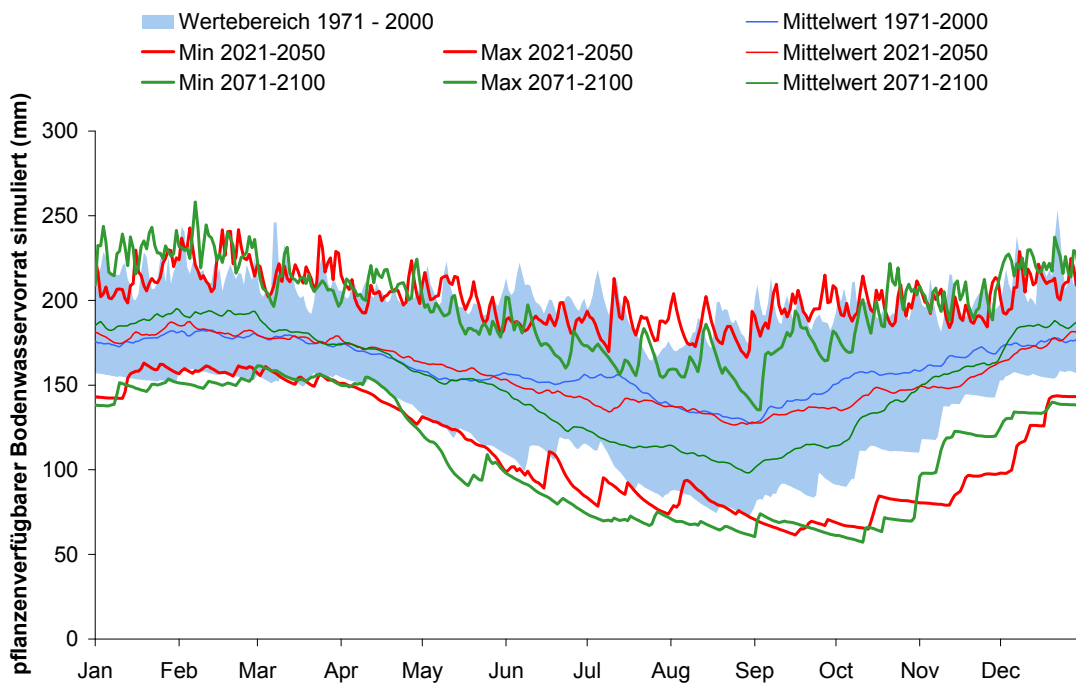


Abbildung 117: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Hermeskeil).
 Future change of plant available soil water storage (here: Hermeskeil).

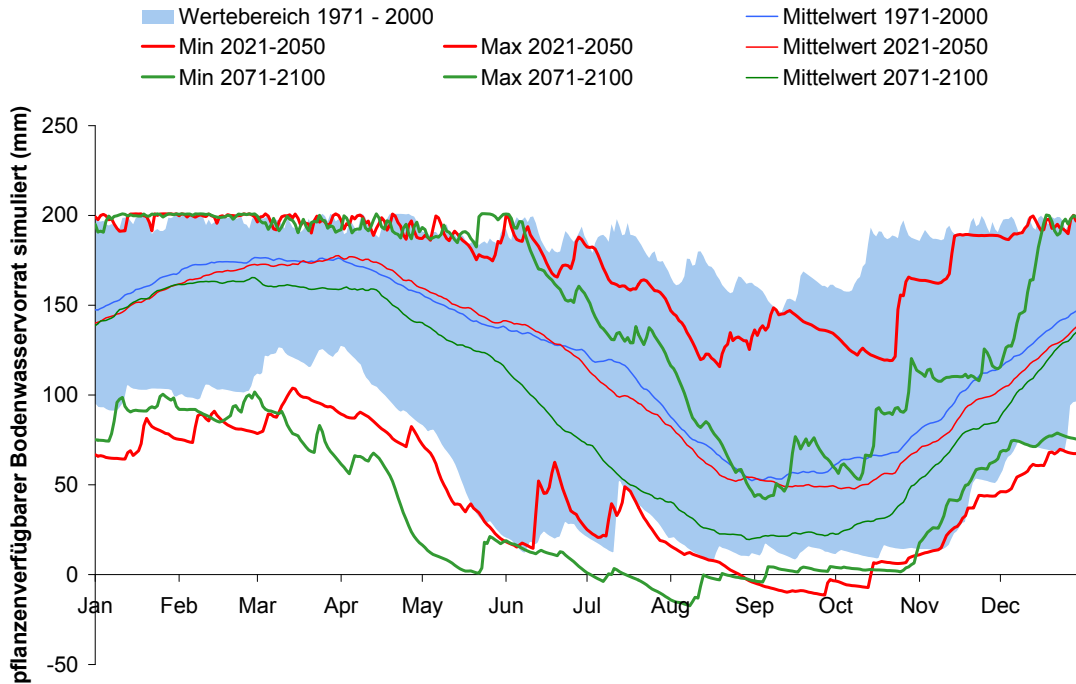


Abbildung 118: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Schaidt).
 Future change of plant available soil water storage (here: Schaidt).

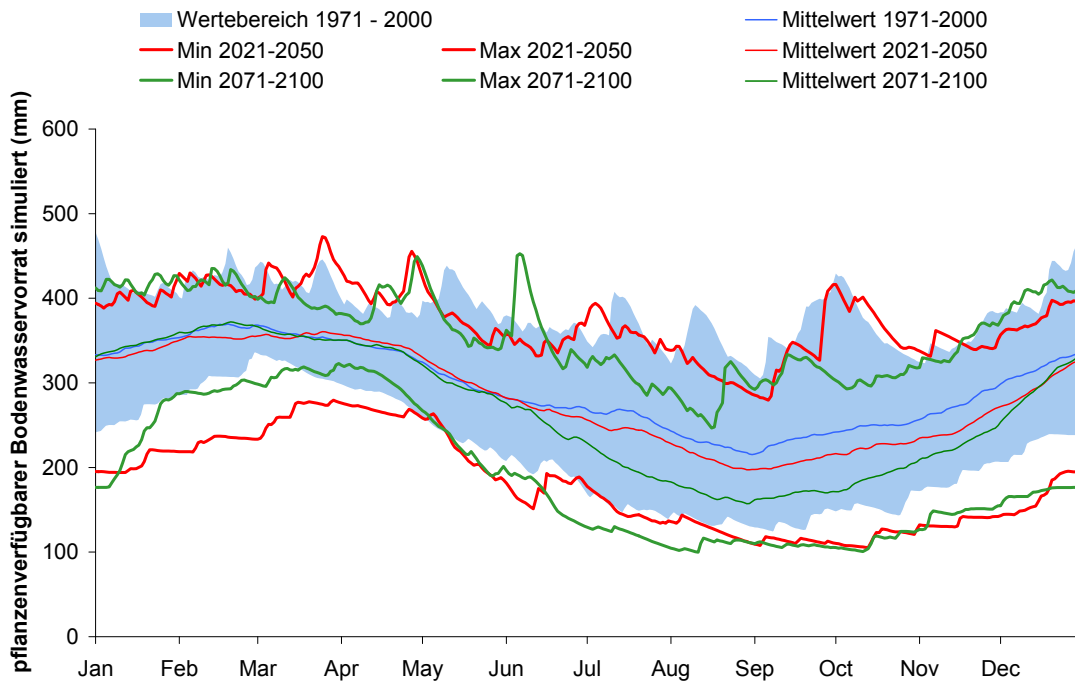


Abbildung 119: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of plant available soil water storage (here: Neuhäusel-Bims).

2.3 Trockenstress und Sauerstoffmangel

2.3.1 Transpirationsdifferenz T_{diff}

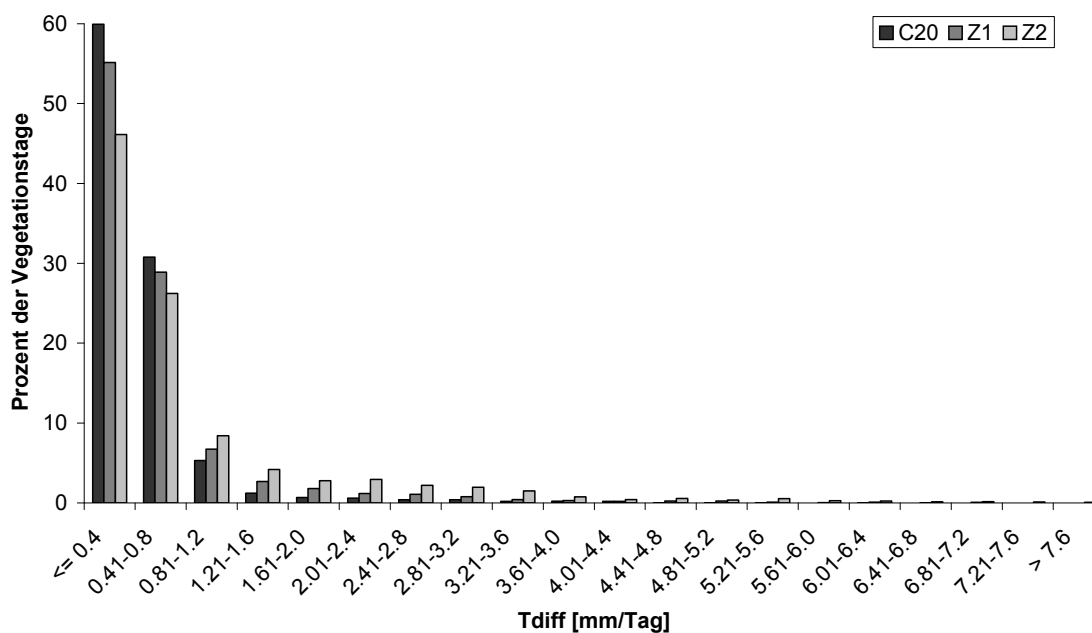
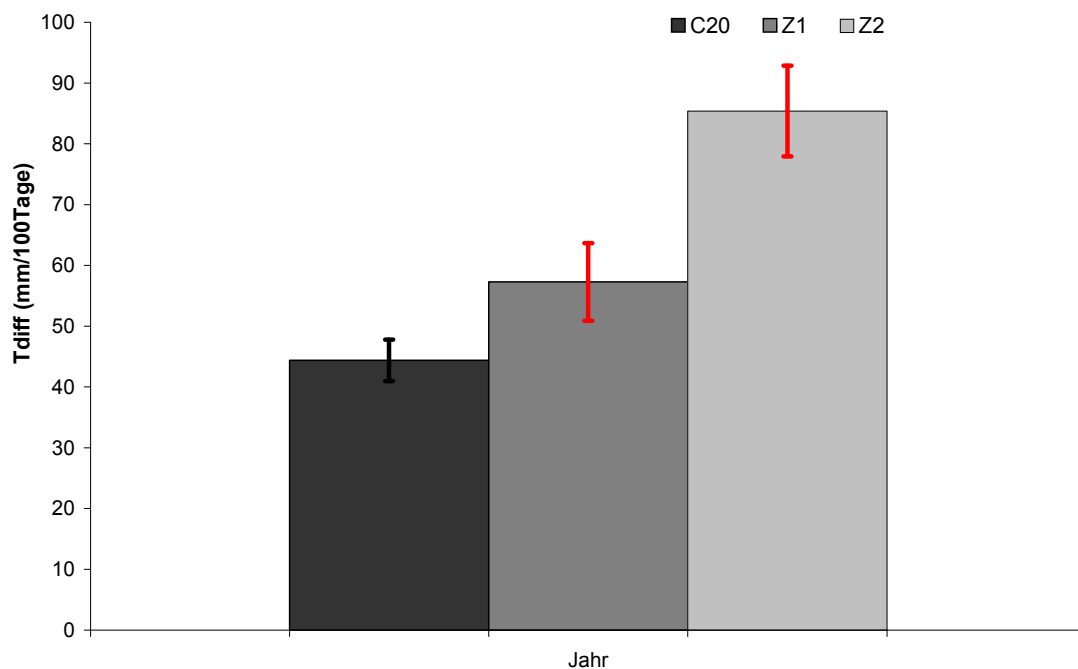


Abbildung 120: Zukünftige Veränderung der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of transpiration difference T_{diff} (here: Kirchheimbolanden).

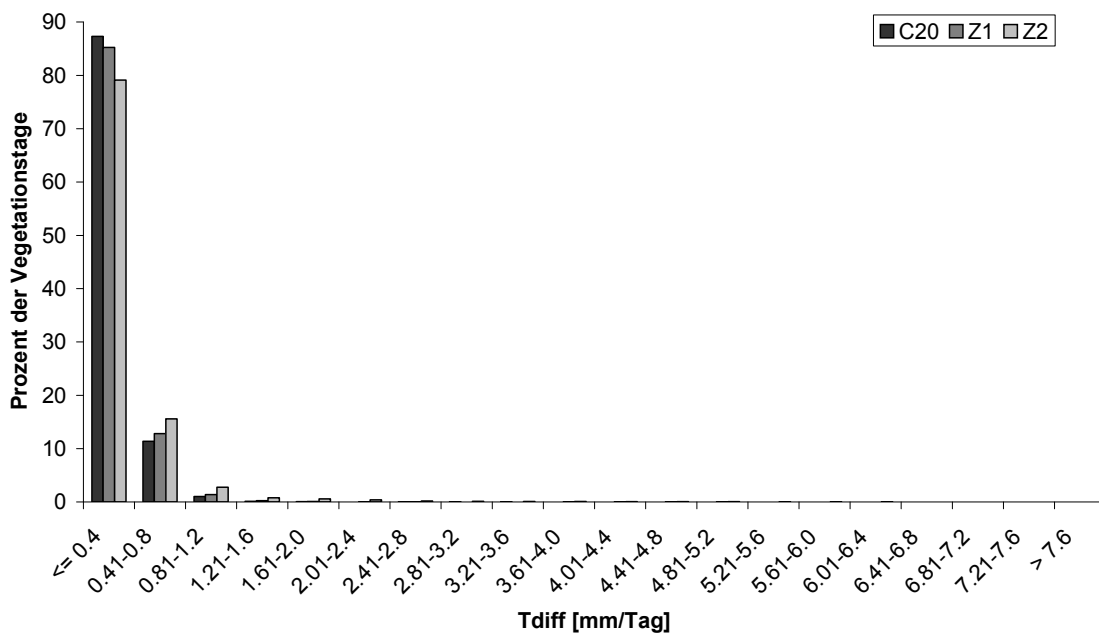
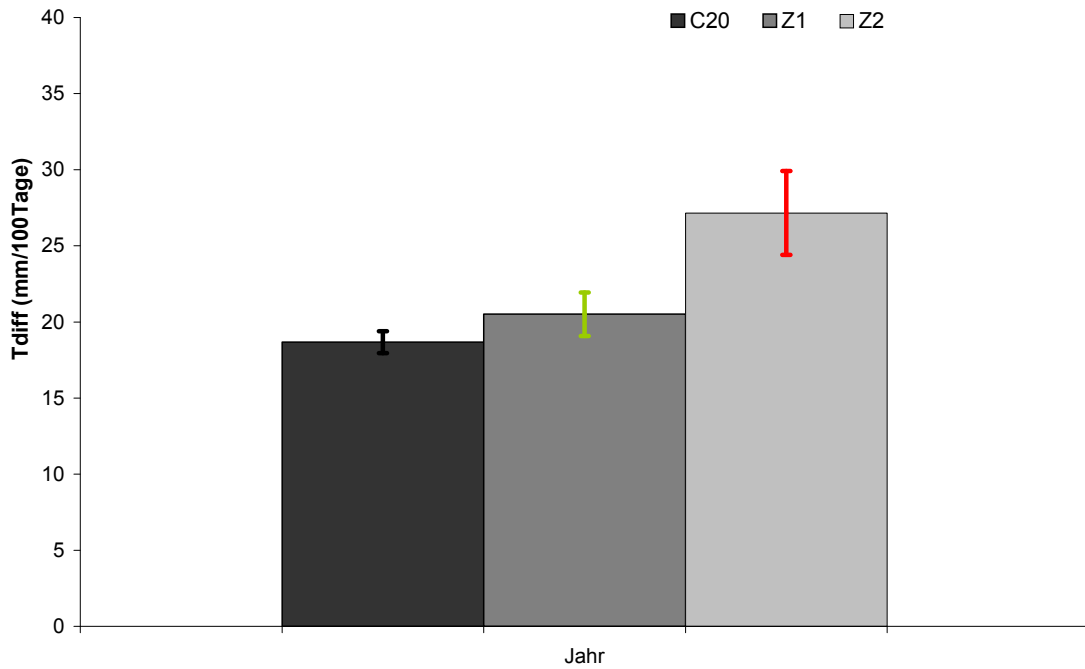


Abbildung 121: Zukünftige Veränderung der Transpirationdifferenz Tdiff (hier: Hermeskeil).
 Future change of transpiration difference Tdiff (here: Hermeskeil).

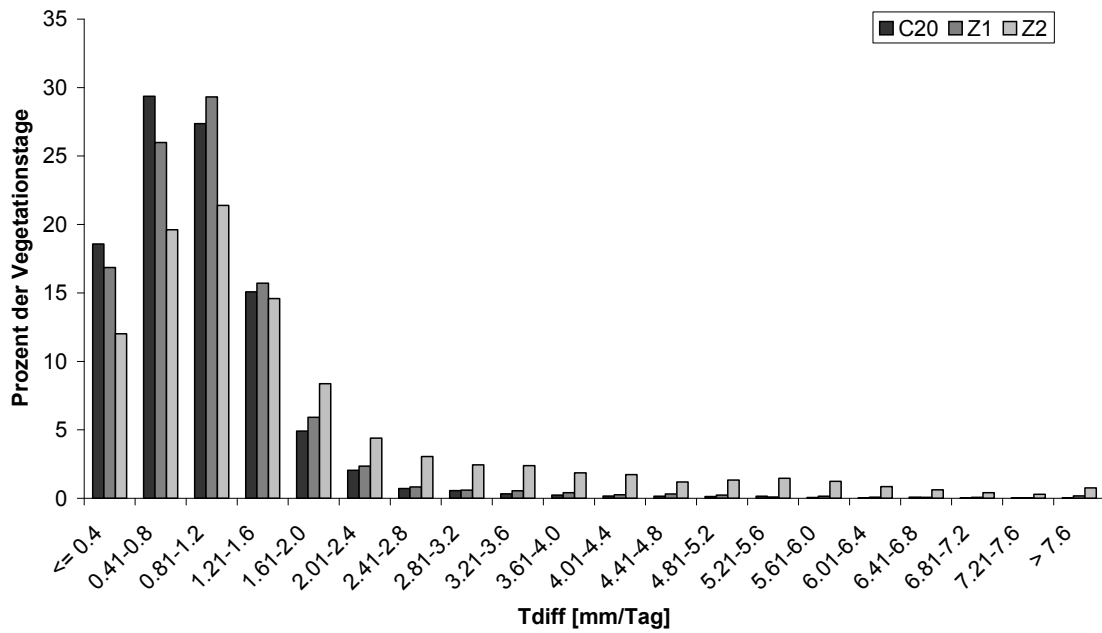
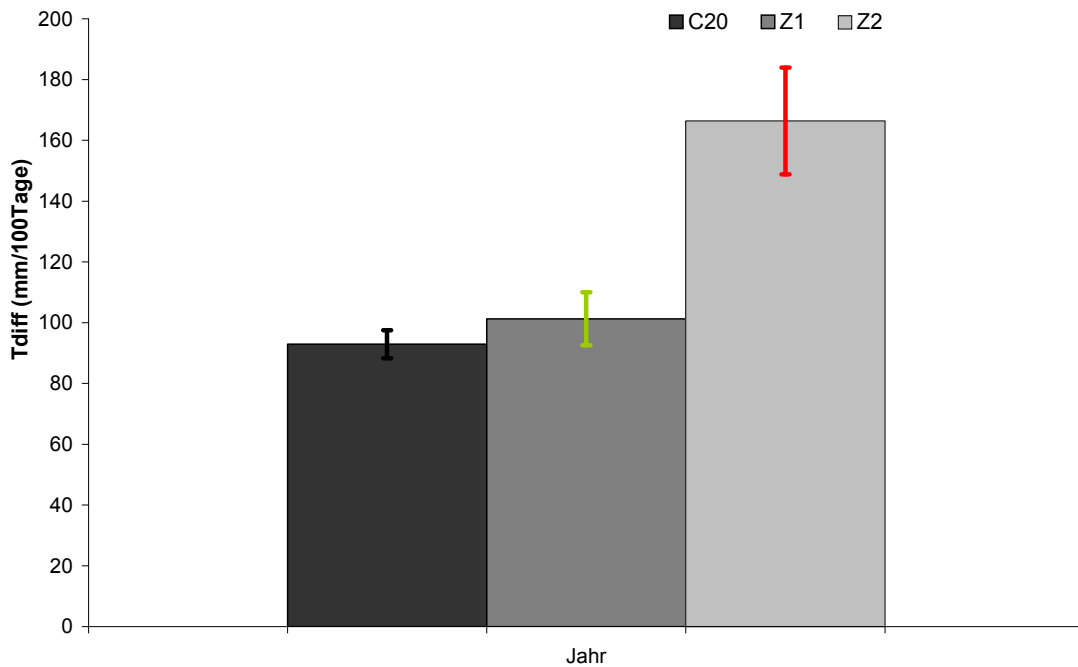


Abbildung 122: Zukünftige Veränderung der Transpirationdifferenz Tdiff (hier: Schaidt).
 Future change of transpiration difference Tdiff (here: Schaidt).

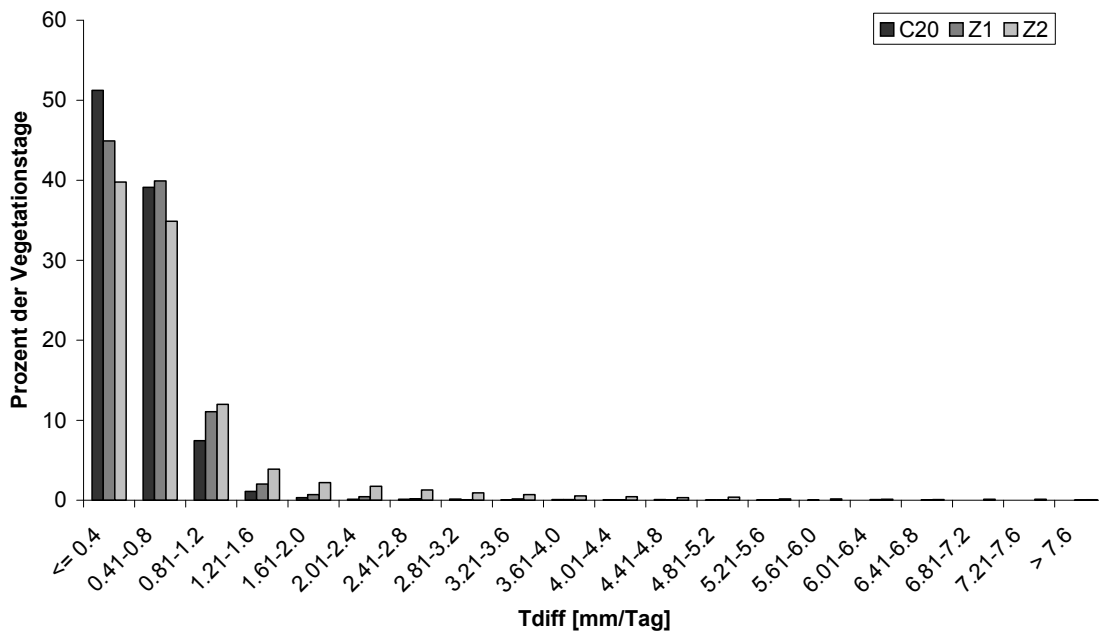
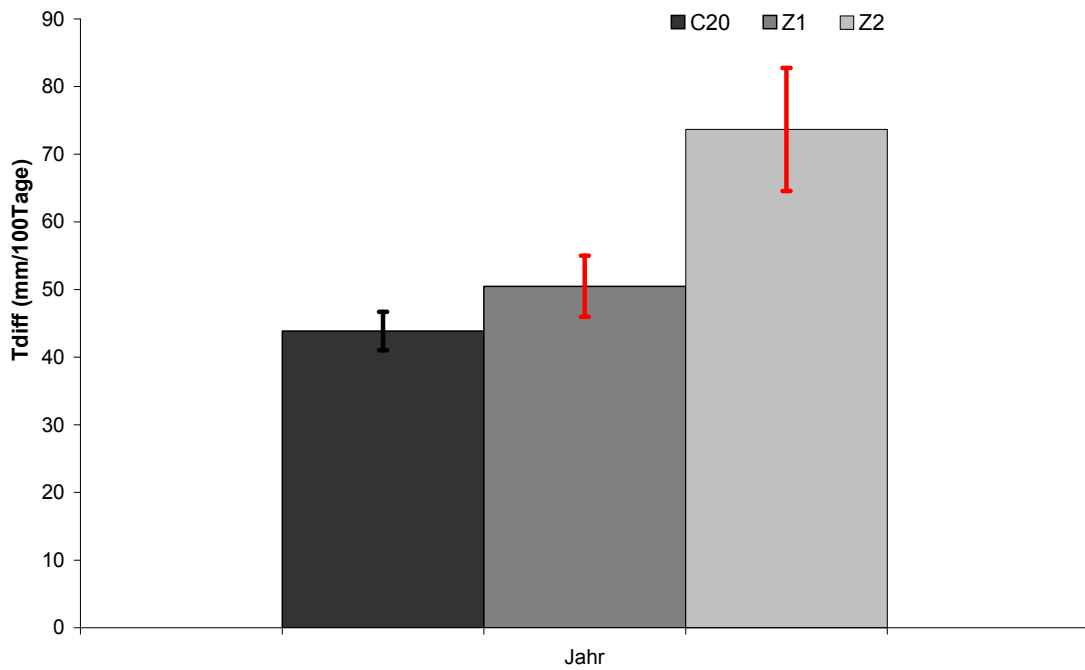


Abbildung 123: Zukünftige Veränderung der Transpirationdifferenz Tdiff (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of transpiration difference Tdiff (here: Neuhäusel-Bims).

2.3.2 Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum W_p akt

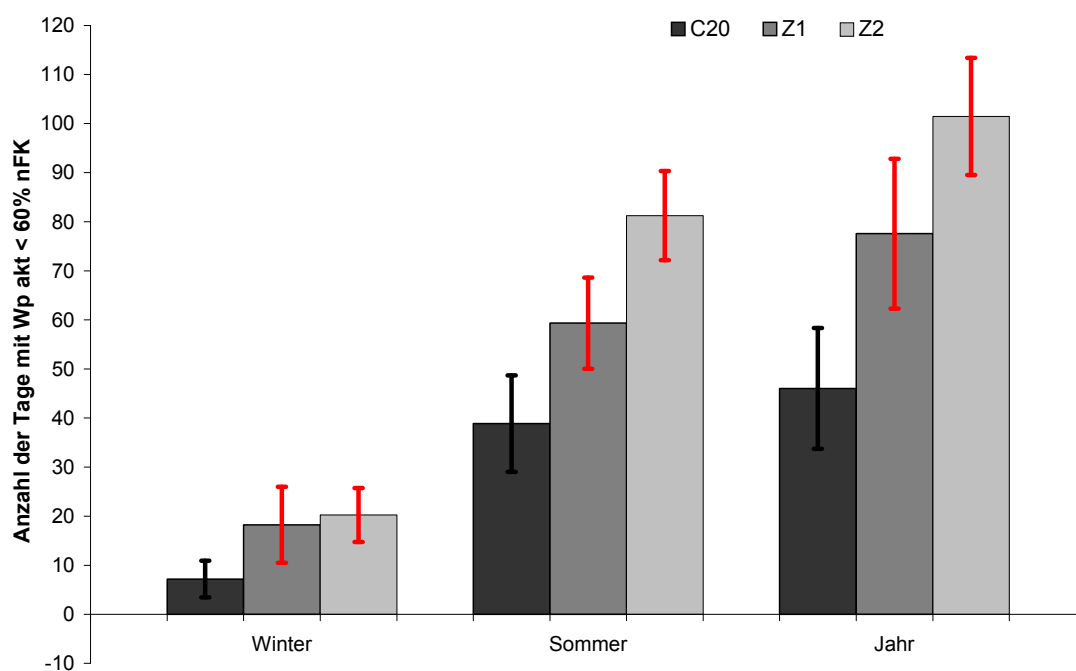
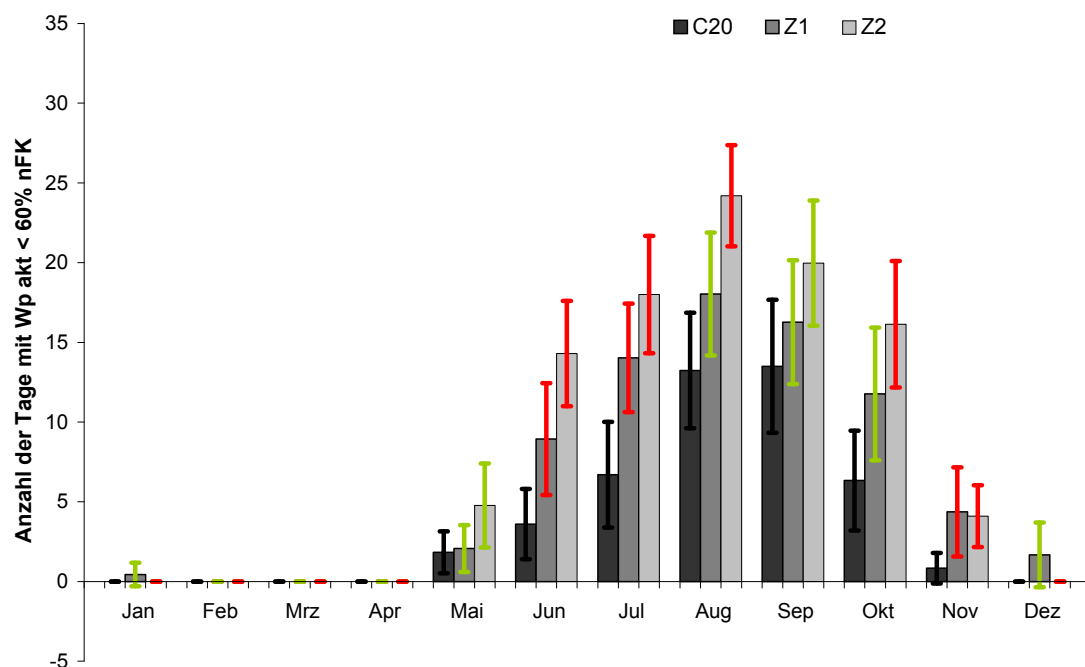


Abbildung 124: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 60% nFK (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of soil water availability, number of days with W_p akt < 60% nFK (here: Kirchheimbolanden).

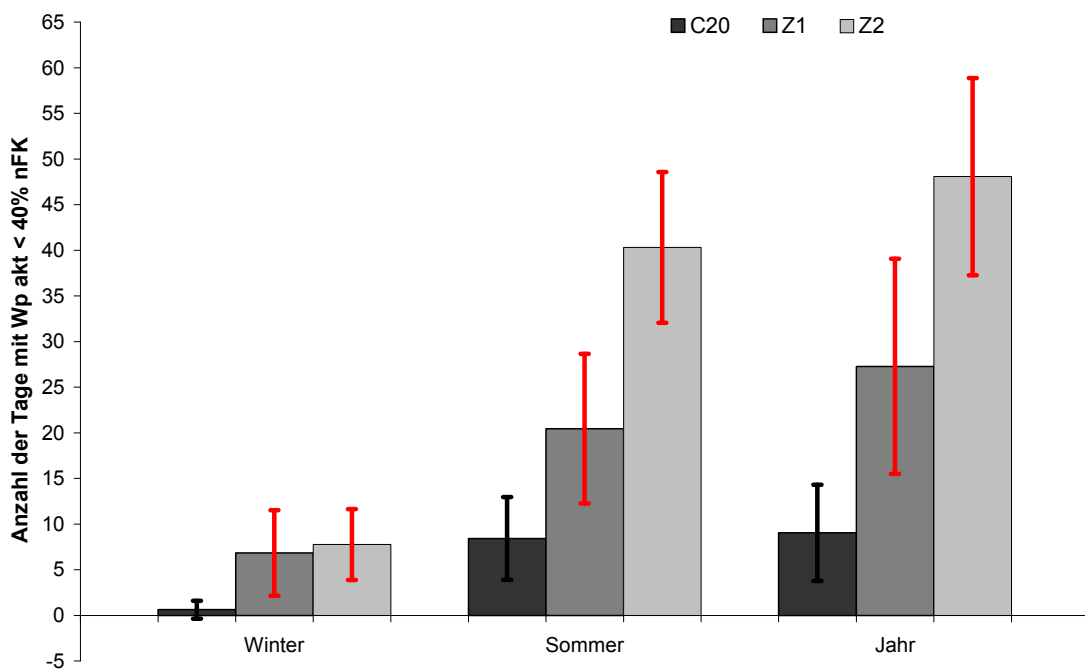
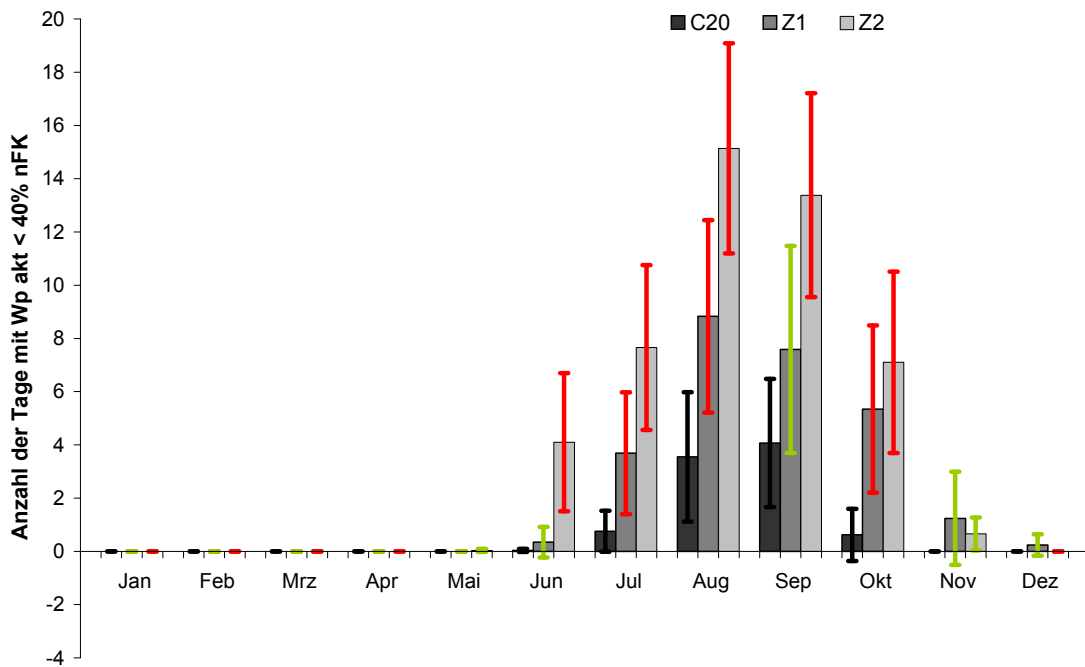


Abbildung 125: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit W_p akt < 40% nFK (hier: Kirchheimbolanden).
 Future change of soil water availability, number of days with W_p akt < 40% nFK (here: Kirchheimbolanden).

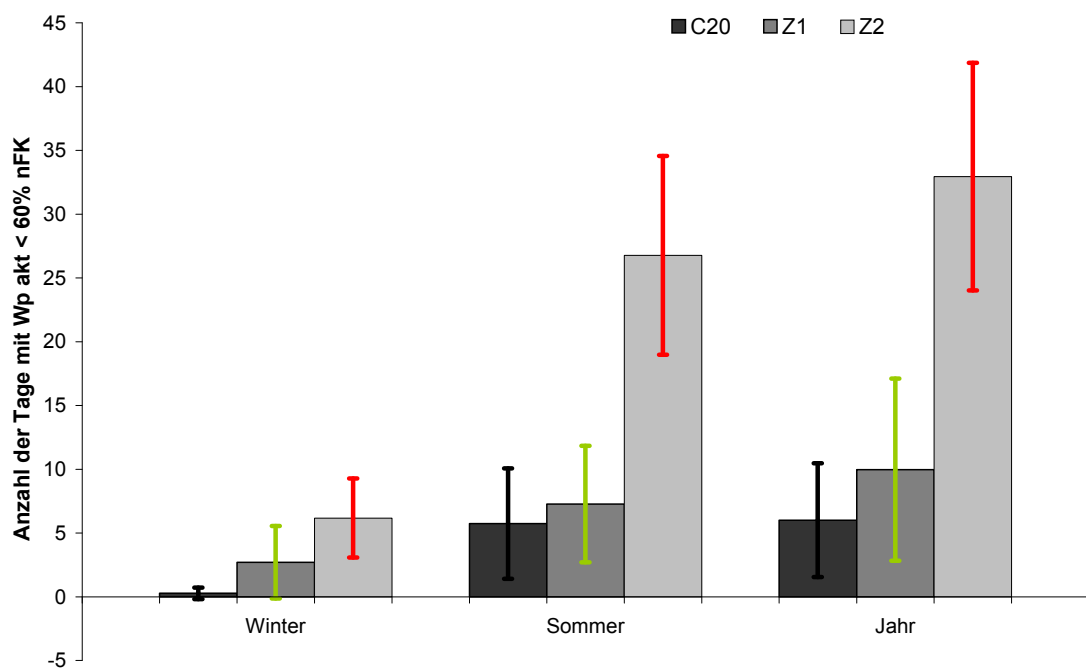
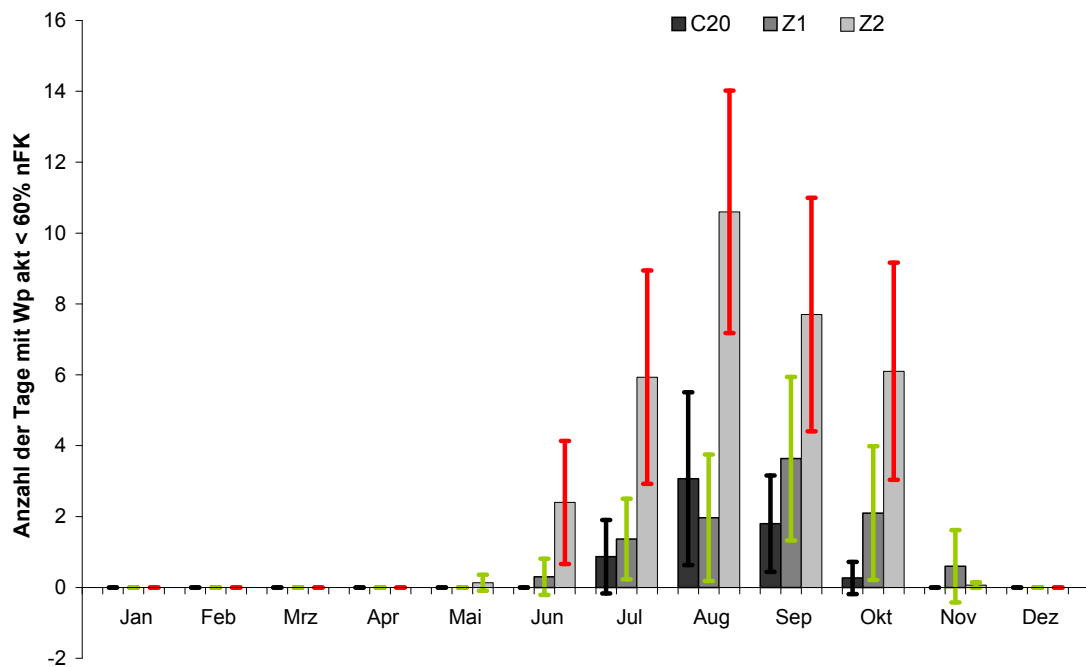


Abbildung 126: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Hermeskeil).

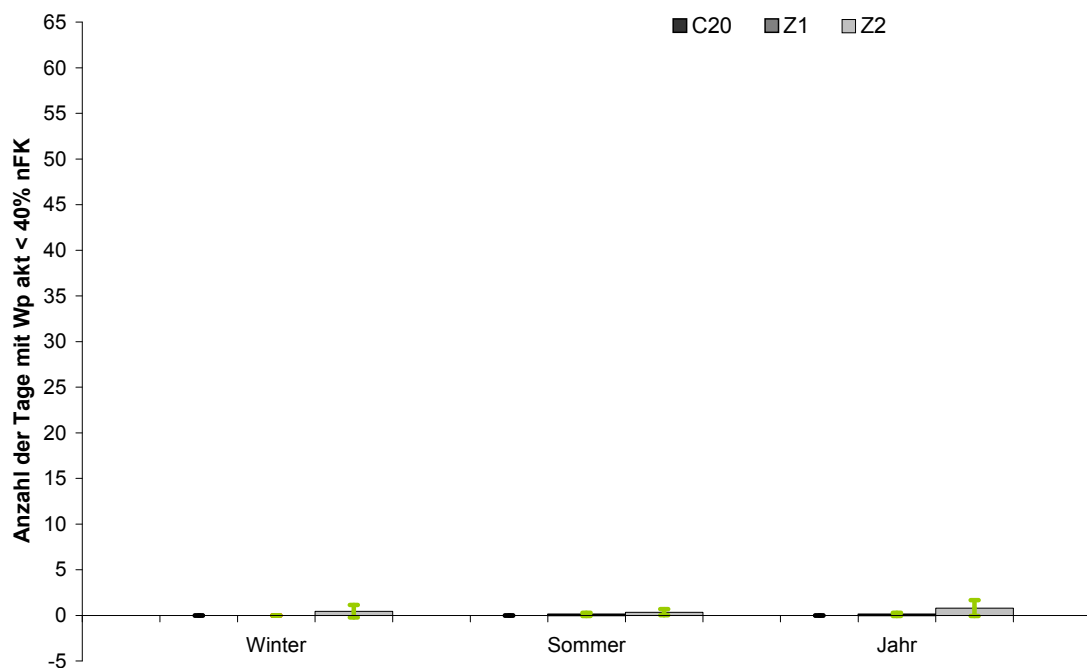
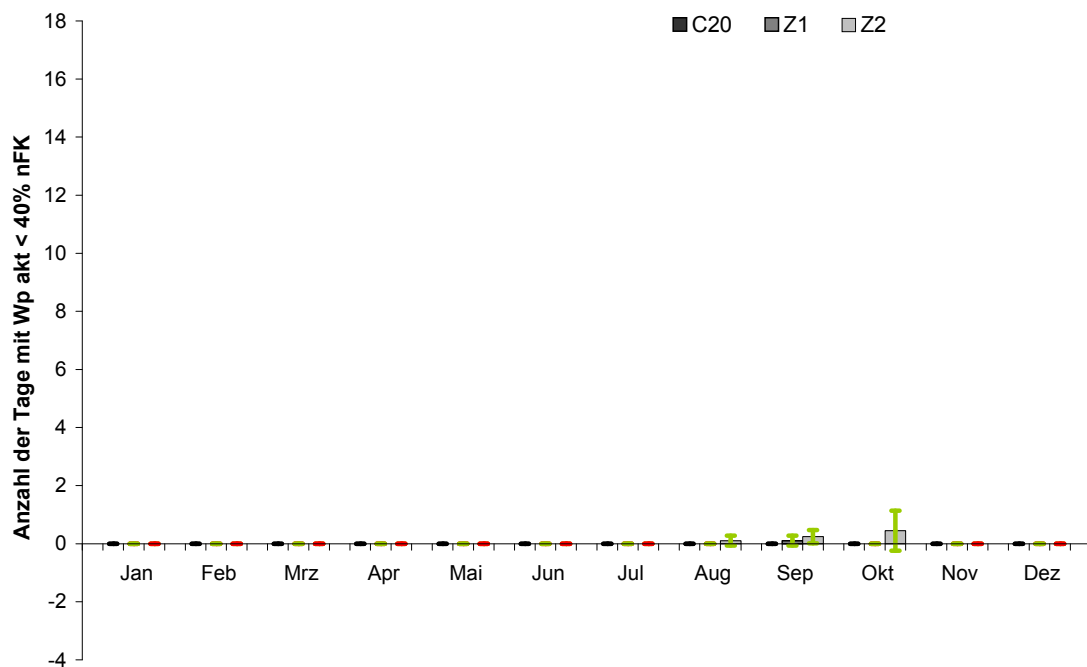


Abbildung 127: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Hermeskeil).

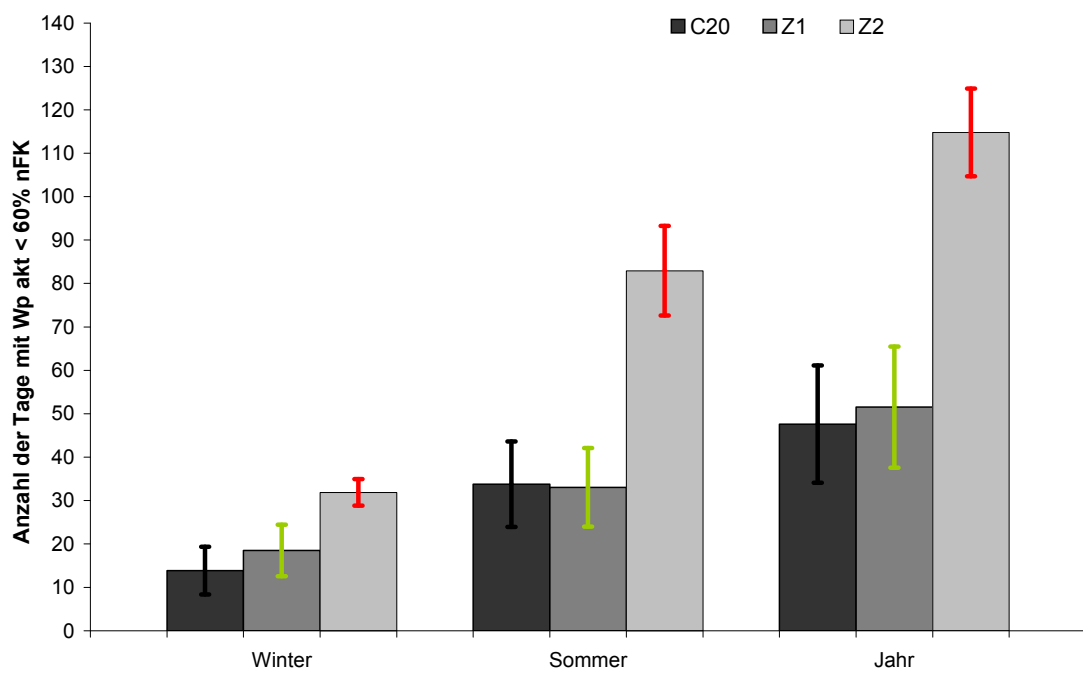
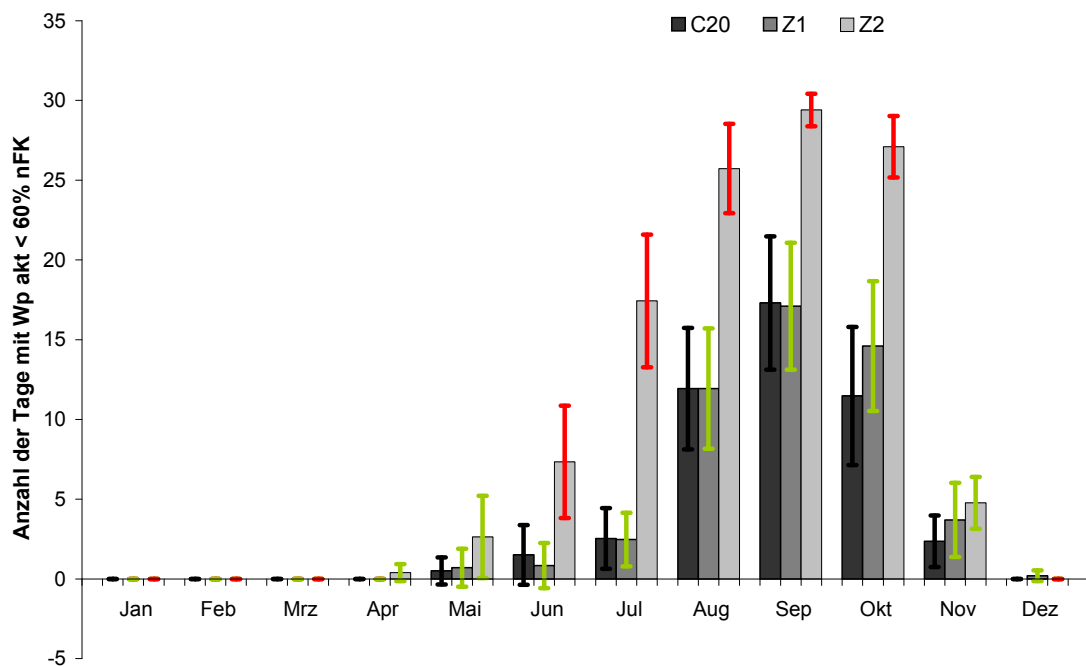


Abbildung 128: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Schaidt).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Schaidt).

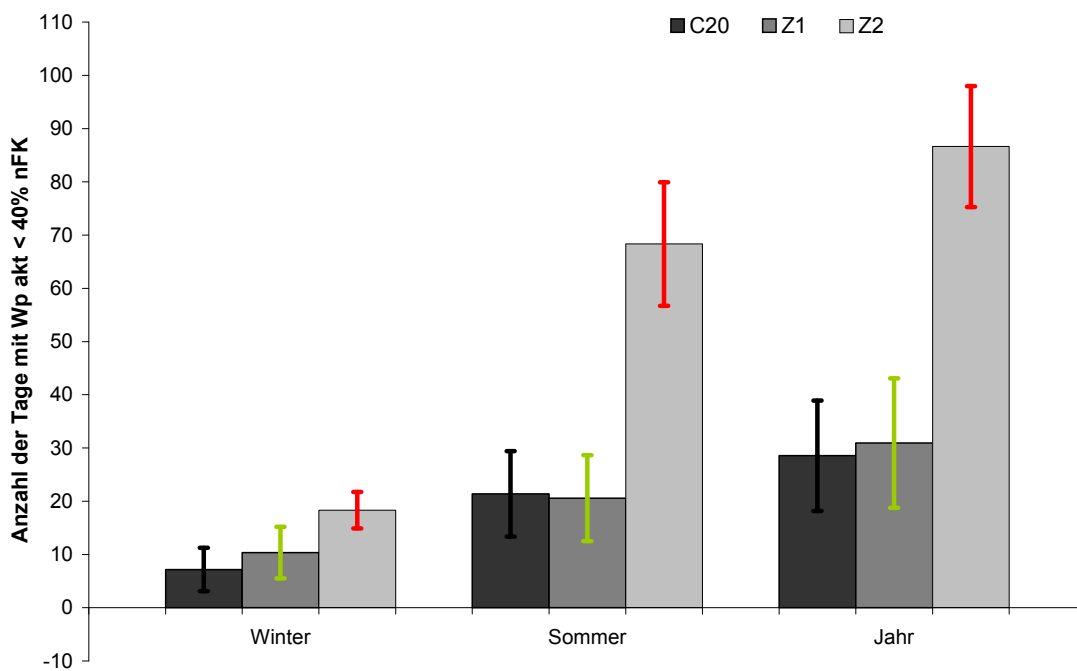
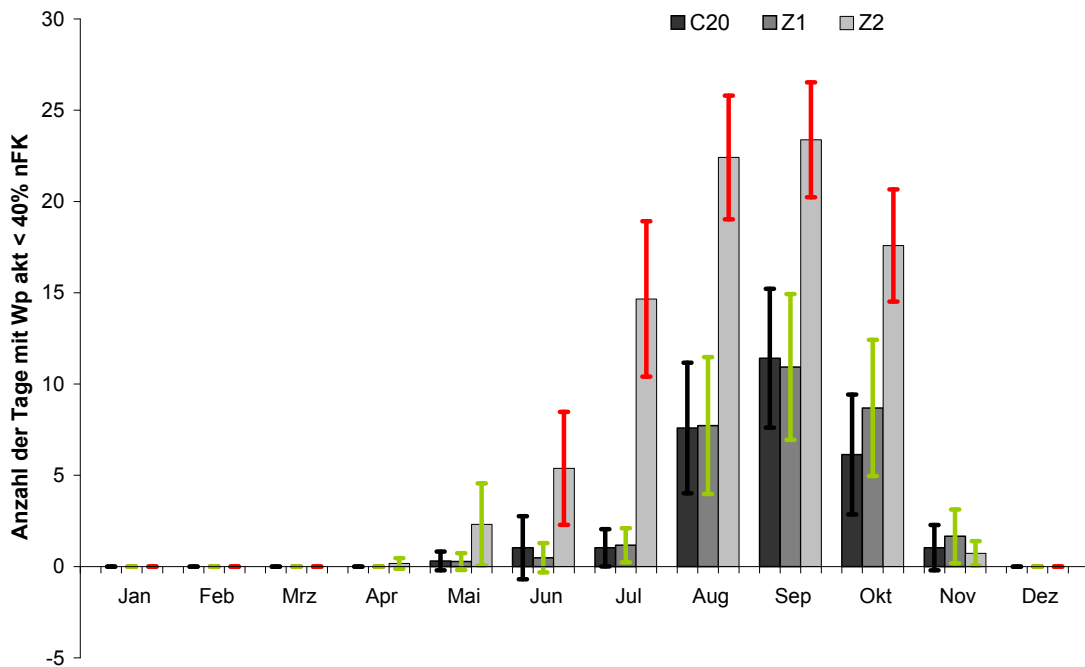


Abbildung 129: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Schaidt).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Schaidt).

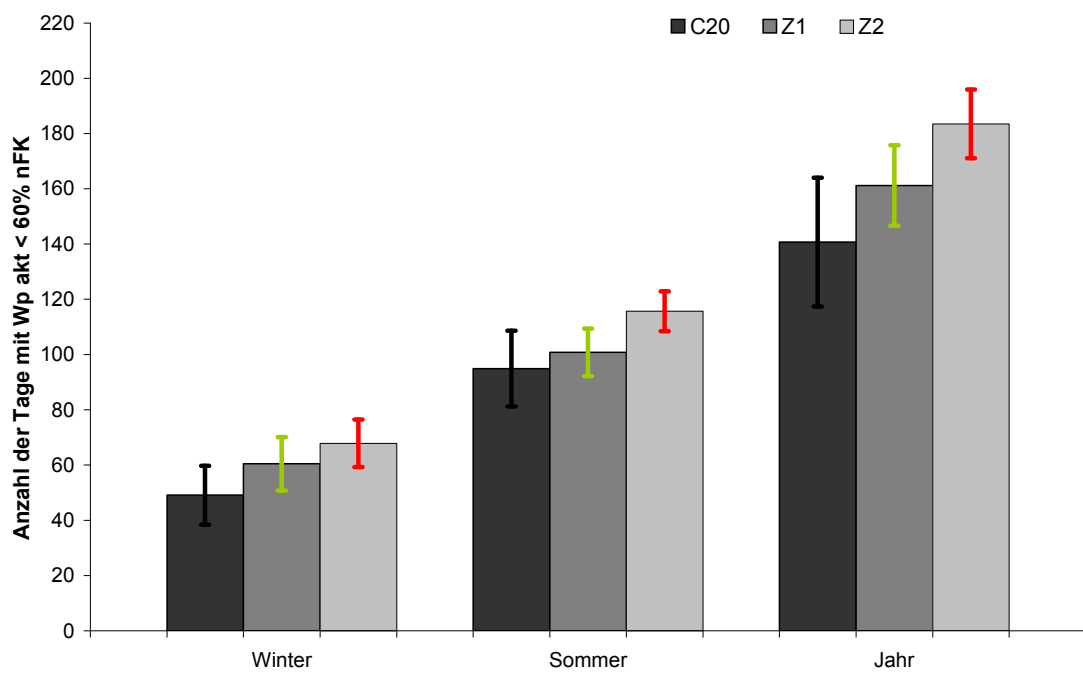
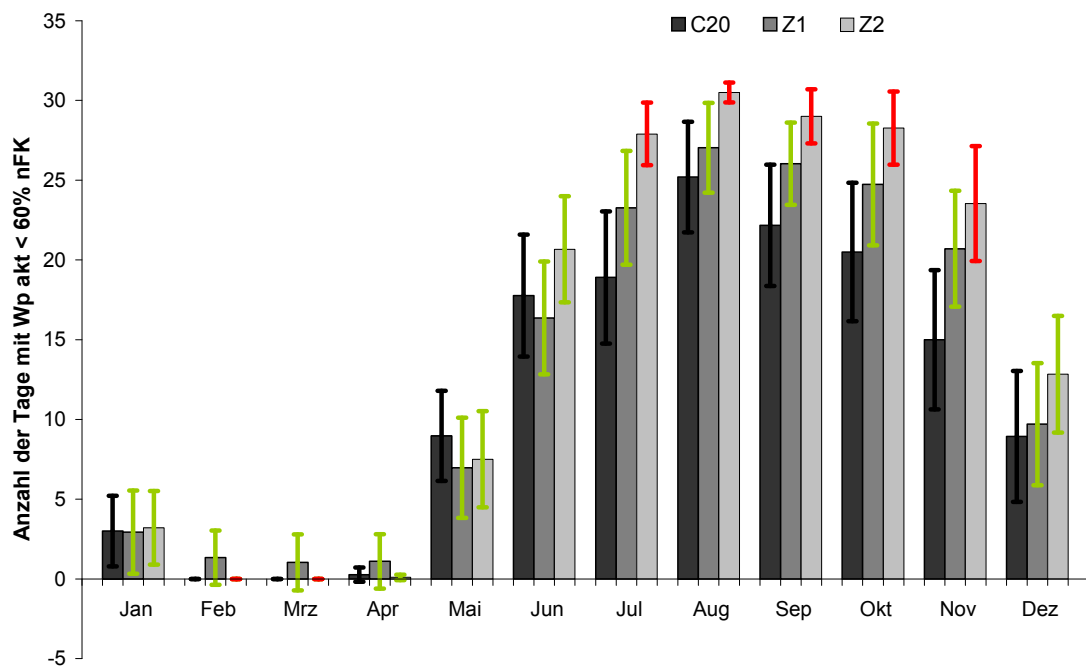


Abbildung 130: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Neuhäusel-Bims).

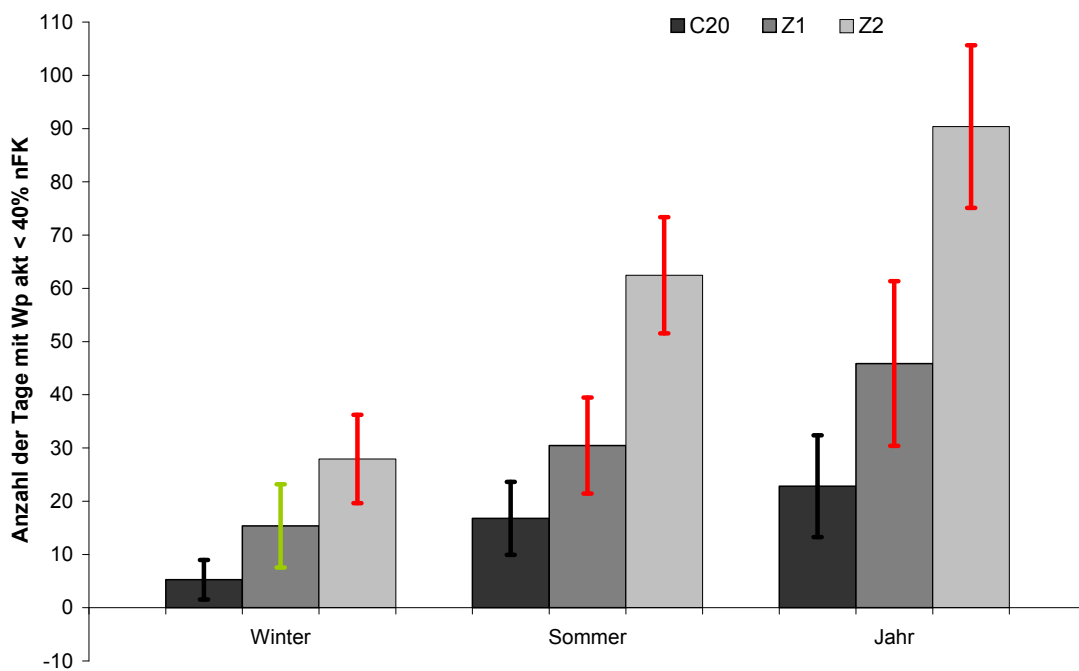
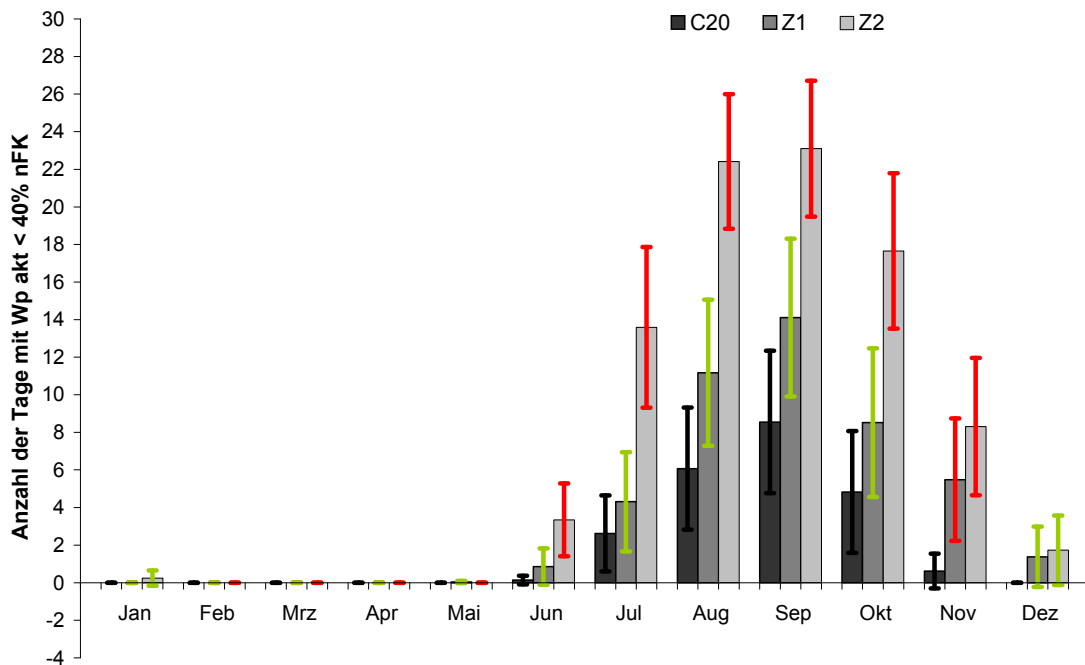


Abbildung 131: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Neuhäusel-Bims).

2.3.3 AIR30

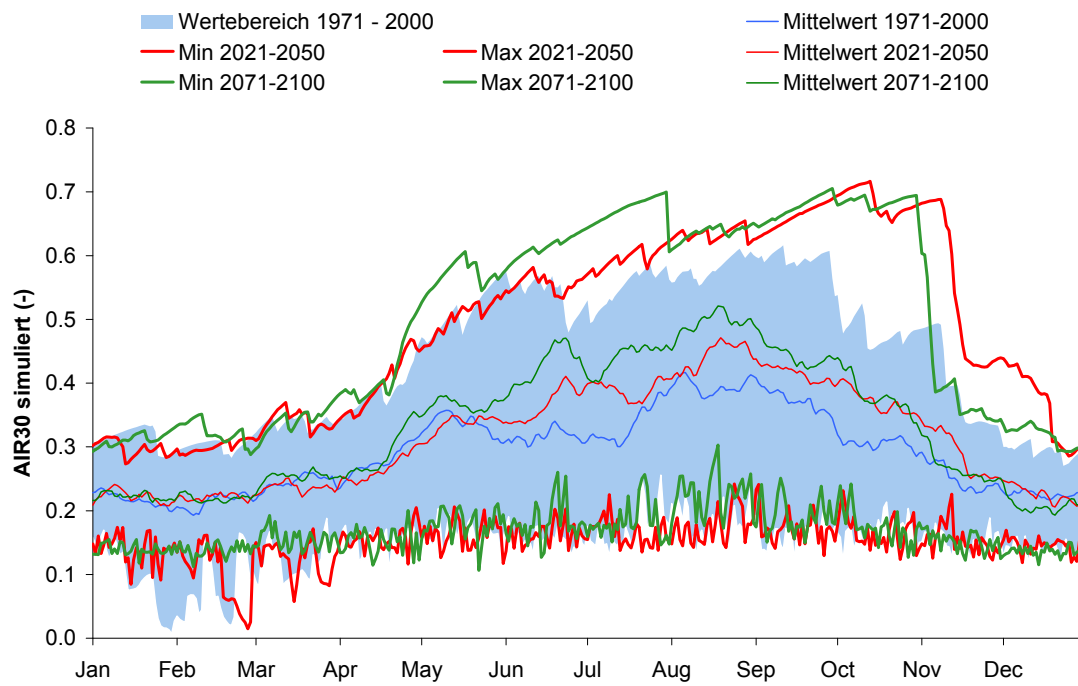


Abbildung 132: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Kirchheimbolanden).
Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Kirchheimbolanden).

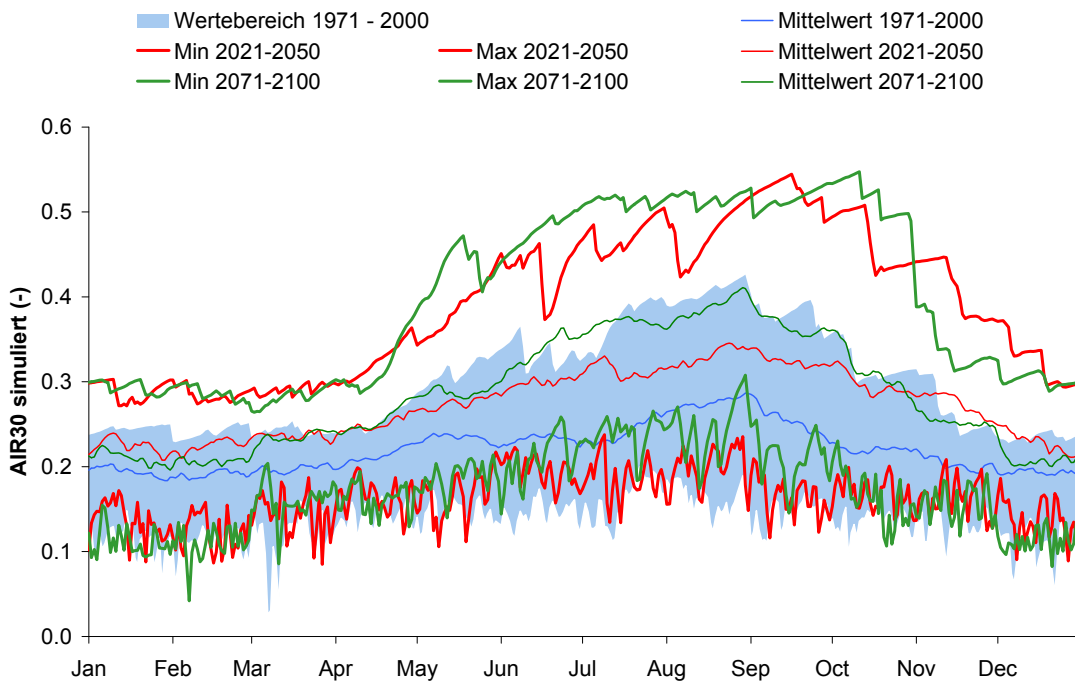


Abbildung 133: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Hermeskeil).
 Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Hermeskeil).

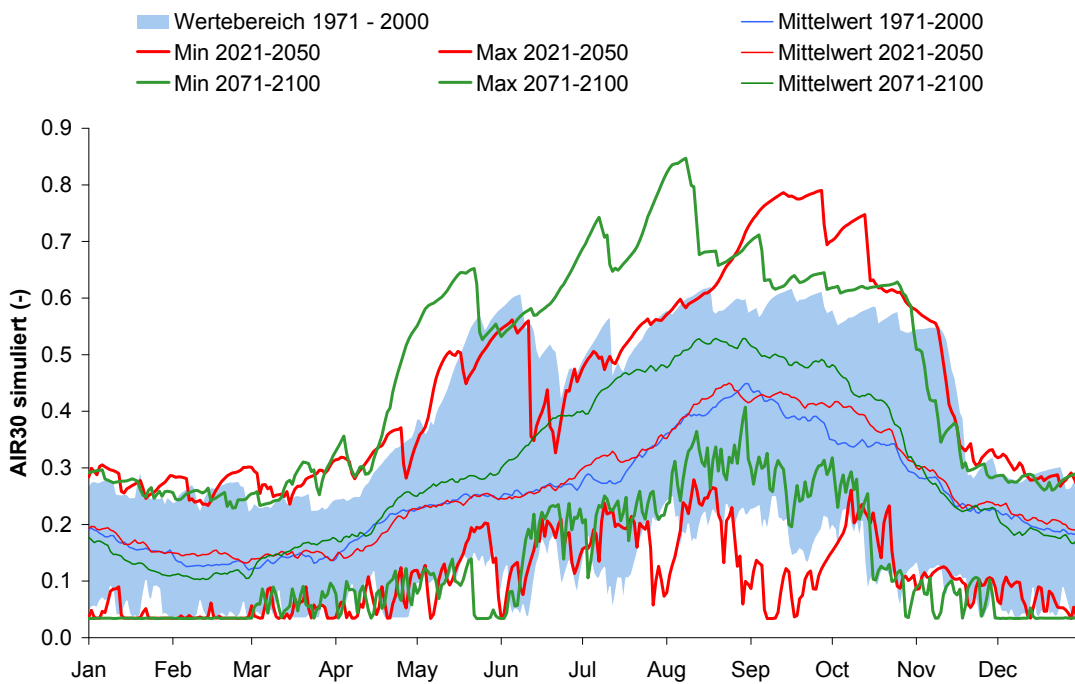


Abbildung 134: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt).
 Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).

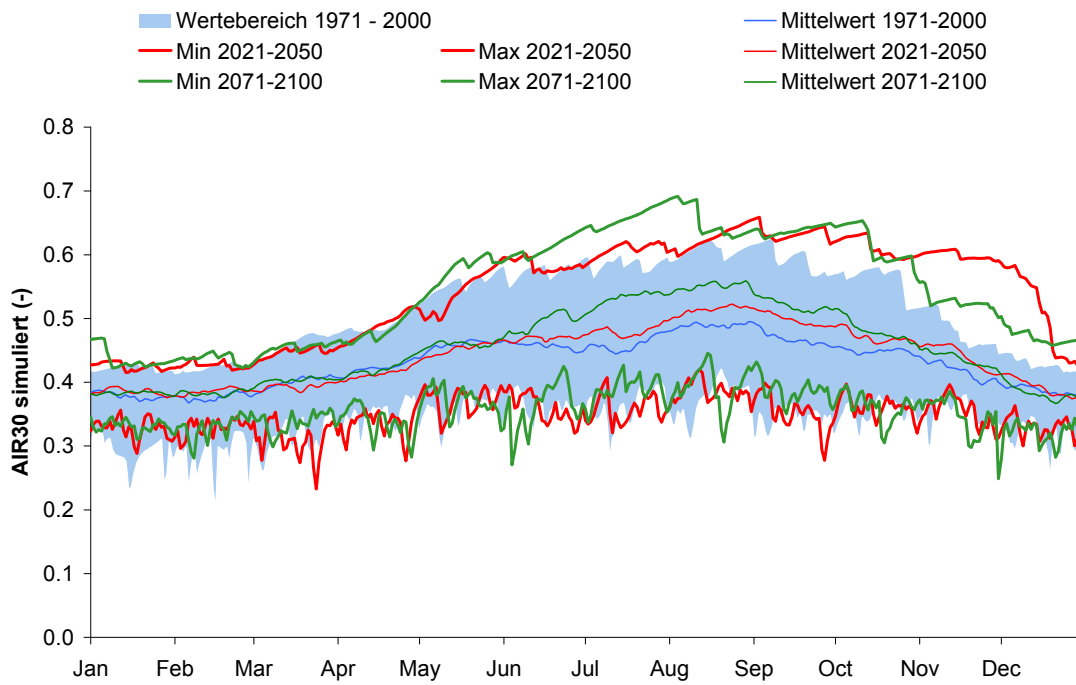


Abbildung 135: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Neuhäusel-Bims).
 Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Neuhäusel-Bims).

3 Abbildungsverzeichnis Anlage 1

	Seite
Abbildung 1: Plausibilitätsprüfung der Klimaszenarien; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims. Plausibility check of the climate scenarios; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.	5
Abbildung 2: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Kirchheimbolanden).	6
Abbildung 3: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Hermeskeil).	7
Abbildung 4: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Schaidt).	8
Abbildung 5: Szenarioplausibilität der Lufttemperatur (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, air temperature (here: Neuhäusel-Bims).	9
Abbildung 6: Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Kirchheimbolanden).	10
Abbildung 7. Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Hermeskeil).	11
Abbildung 8: Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Schaidt).	12
Abbildung 9. Szenarioplausibilität des Niederschlags (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, precipitation (here: Neuhäusel-Bims).	13
Abbildung 10: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Kirchheimbolanden).	14
Abbildung 11: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Hermeskeil).	15
Abbildung 12: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Schaidt).	16

Abbildung 13: Szenarioplausibilität der relativen Luftfeuchte (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, relative humidity (here: Neuhäusel-Bims).	17
Abbildung 14: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Kirchheimbolanden).	18
Abbildung 15: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Hermeskeil).	19
Abbildung 16: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Schaidt).	20
Abbildung 17: Szenarioplausibilität der Windgeschwindigkeit (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, wind speed (here: Neuhäusel-Bims).	21
Abbildung 18: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Kirchheimbolanden).	22
Abbildung 19: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Hermeskeil).	23
Abbildung 20: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Schaidt).	24
Abbildung 21: Szenarioplausibilität der Globalstrahlung (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, global radiation (here: Neuhäusel-Bims).	25
Abbildung 22: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Kirchheimbolanden).	26
Abbildung 23: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Hermeskeil).	27
Abbildung 24: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Schaidt).	28
Abbildung 25: Szenarioplausibilität der Evapotranspiration (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, evapotranspiration (here: Neuhäusel-Bims).	29
Abbildung 26: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, interception (here: Kirchheimbolanden).	30

Abbildung 27: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, interception (here: Hermeskeil).....	31
Abbildung 28: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, interception (here: Schaidt).....	32
Abbildung 29: Szenarioplausibilität der Interzeption (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, interception (here: Neuhäusel-Bims).....	33
Abbildung 30: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Kirchheimbolanden).	34
Abbildung 31: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Hermeskeil).	35
Abbildung 32: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Schaidt).....	36
Abbildung 33: Szenarioplausibilität der Transpiration (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, transpiration (here: Neuhäusel-Bims).....	37
Abbildung 34: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Kirchheimbolanden).	38
Abbildung 35: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Hermeskeil).....	39
Abbildung 36: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Schaidt).....	40
Abbildung 37: Szenarioplausibilität der Evaporation (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, evaporation (here: Neuhäusel-Bims).....	41
Abbildung 38: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Kirchheimbolanden).	42
Abbildung 39: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Hermeskeil).	43
Abbildung 40: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Schaidt).	44
Abbildung 41: Szenarioplausibilität der vertikalen Sickerung (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, vertical percolation (here: Neuhäusel-Bims).	45

Abbildung 42: Szenarioplausibilität des lateralen Abfluss (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, lateral drain (here: Hermeskeil).....	46
Abbildung 43: Szenarioplausibilität des lateralen Abfluss (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, lateral drain (here: Schaidt).	47
Abbildung 44: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).....	48
Abbildung 45: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Hermeskeil).	49
Abbildung 46: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Schaidt).	50
Abbildung 47: Szenarioplausibilität des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, plant available soil water storage (here: Neuhäusel-Bims).....	51
Abbildung 48: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Kirchheimbolanden).	52
Abbildung 49: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Hermeskeil).....	53
Abbildung 50: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Schaidt).....	53
Abbildung 51: Szenarioplausibilität der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, transpiration difference T_{diff} (here: Neuhäusel-Bims).....	54
Abbildung 52: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Kirchheimbolanden).	55
Abbildung 53: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Kirchheimbolanden).	56
Abbildung 54: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with W_p $\text{akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Hermeskeil).....	57

Abbildung 55: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Hermeskeil).....	58
Abbildung 56: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Schaidt).....	59
Abbildung 57: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Schaidt).....	60
Abbildung 58: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Neuhäusel-Bims).....	61
Abbildung 59: Szenarioplausibilität der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Neuhäusel-Bims).....	62
Abbildung 60. Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Kirchheimbolanden). Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Kirchheimbolanden).....	63
Abbildung 61: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Hermeskeil). Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Hermeskeil).....	64
Abbildung 62: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt). Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).	65
Abbildung 63: Szenarioplausibilität des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Neuhäusel-Bims). Plausibility check of climate scenario, air content per pore volume (AIR30) (here: Neuhäusel-Bims).	66
Abbildung 64: Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt (C20-Z1), Signifikanzprüfung; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims. Future change of climate and water balance (C20-Z2), check for significance; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.	68
Abbildung 65: Zukünftige Veränderung von Klima und Wasserhaushalt (C20-Z2), Signifikanzprüfung; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims. Future change of climate	

	and water balance (C20-Z2), check for significance; KiBo: Kirchheimbolanden, Herm: Hermeskeil, BiWa: Schaidt, NeB: Neuhäusel-Bims.....	69
Abbildung 66:	Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Kirchheimbolanden). Future change of air temperature (here: Kirchheimbolanden).....	70
Abbildung 67:	Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Hermeskeil). Future change of air temperature (here: Hermeskeil).....	71
Abbildung 68:	Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Schaidt). Future change of air temperature (here: Schaidt).	72
Abbildung 69:	Zukünftige Veränderung der Lufttemperatur (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of air temperature (here: Neuhäusel-Bims).	73
Abbildung 70:	Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Kirchheimbolanden). Future change of daily air temperature (here: Kirchheimbolanden).....	74
Abbildung 71:	Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Hermeskeil). Future change of daily air temperature (here: Hermeskeil).....	74
Abbildung 72:	Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Schaidt). Future change of daily air temperature (here: Schaidt).	75
Abbildung 73:	Zukünftige Veränderung der täglichen Lufttemperaturen (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of daily air temperature (here: Neuhäusel-Bims).	75
Abbildung 74:	Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Kirchheimbolanden). Future change of precipitation (here: Kirchheimbolanden).....	76
Abbildung 75:	Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Hermeskeil). Future change of precipitation (here: Hermeskeil).....	77
Abbildung 76:	Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Schaidt). Future change of precipitation (here: Schaidt).	78
Abbildung 77:	Zukünftige Veränderung des Niederschlags (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of precipitation (here: Neuhäusel-Bims).	79
Abbildung 78:	Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Kirchheimbolanden). Future change of daily precipitation (here: Kirchheimbolanden).....	80
Abbildung 79:	Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Hermeskeil). Future change of daily precipitation (here: Hermeskeil).....	80
Abbildung 80:	Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Schaidt). Future change of daily precipitation (here: Schaidt).	81

Abbildung 81: Zukünftige Veränderung der täglichen Niederschläge (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of daily precipitation (here: Neuhäusel-Bims).....	81
Abbildung 82: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Kirchheimbolanden). Future change of relative humidity (here: Kirchheimbolanden).	82
Abbildung 83: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Hermeskeil). Future change of relative humidity (here: Hermeskeil). ...	83
Abbildung 84: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Schaidt). Future change of relative humidity (here: Schaidt).....	84
Abbildung 85: Zukünftige Veränderung der relativen Luftfeuchte (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of relative humidity (here: Neuhäusel-Bims).	85
Abbildung 86: Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Kirchheimbolanden). Future change of wind speed (here: Kirchheimbolanden).	86
Abbildung 87: Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Hermeskeil). Future change of wind speed (here: Hermeskeil).	87
Abbildung 88: Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Schaidt). Future change of wind speed (here: Schaidt).	88
Abbildung 89: Zukünftige Veränderung der Windgeschwindigkeit (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of wind speed (here: Neuhäusel-Bims).	89
Abbildung 90: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Kirchheimbolanden). Future change of global radiation (here: Kirchheimbolanden).	90
Abbildung 91: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Hermeskeil). Future change of global radiation (here: Hermeskeil).	91
Abbildung 92: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Schaidt). Future change of global radiation (here: Schaidt).....	92
Abbildung 93: Zukünftige Veränderung der Globalstrahlung (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of global radiation (here: Neuhäusel-Bims).....	93
Abbildung 94: Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Kirchheimbolanden). Future change of evapotranspiration (here: Kirchheimbolanden).	94
Abbildung 95: Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Hermeskeil). Future change of evapotranspiration (here: Hermeskeil).	95
Abbildung 96: Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Schaidt). Future change of evapotranspiration (here: Schaidt).	96
Abbildung 97: Zukünftige Veränderung der Evapotranspiration (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of evapotranspiration (here: Neuhäusel-Bims).	97

Abbildung 98: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Kirchheimbolanden). Future change of interception (here: Kirchheimbolanden).	98
Abbildung 99: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Hermeskeil). Future change of interception (here: Hermeskeil).	99
Abbildung 100: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Schaidt). Future change of interception (here: Schaidt).	100
Abbildung 101: Zukünftige Veränderung der Interzeption (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of interception (here: Neuhäusel-Bims).	101
Abbildung 102: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Kirchheimbolanden). Future change of transpiration (here: Kirchheimbolanden).	102
Abbildung 103: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Hermeskeil). Future change of transpiration (here: Hermeskeil).	103
Abbildung 104: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Schaidt). Future change of transpiration (here: Schaidt).	104
Abbildung 105: Zukünftige Veränderung der Transpiration (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of transpiration (here: Neuhäusel-Bims).	105
Abbildung 106: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Kirchheimbolanden). Future change of evaporation (here: Kirchheimbolanden).	106
Abbildung 107: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Hermeskeil). Future change of evaporation (here: Hermeskeil).	107
Abbildung 108: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Schaidt). Future change of evaporation (here: Schaidt).	108
Abbildung 109: Zukünftige Veränderung der Evaporation (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of evaporation (here: Neuhäusel-Bims).	109
Abbildung 110: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Kirchheimbolanden). Future change of vertical percolation (here: Kirchheimbolanden).	110
Abbildung 111: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Hermeskeil). Future change of vertical percolation (here: Hermeskeil).	111
Abbildung 112: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Schaidt). Future change of vertical percolation (here: Schaidt).	112
Abbildung 113: Zukünftige Veränderung der vertikalen Sickerung (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of vertical percolation (here: Neuhäusel-Bims).	113
Abbildung 114: Zukünftige Veränderung des lateralen Abfluss (hier: Hermeskeil). Future change of lateral drain (here: Hermeskeil).	114

Abbildung 115: Zukünftige Veränderung des lateralen Abfluss (hier: Schaidt). Future change of lateral drain (here: Schaidt).....	115
Abbildung 116: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Kirchheimbolanden). Future change of plant available soil water storage (here: Kirchheimbolanden).....	116
Abbildung 117: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Hermeskeil). Future change of plant available soil water storage (here: Hermeskeil).	117
Abbildung 118: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Schaidt). Future change of plant available soil water storage (here: Schaidt).	117
Abbildung 119: Zukünftige Veränderung des pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrats (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of plant available soil water storage (here: Neuhäusel-Bims).	118
Abbildung 120: Zukünftige Veränderung der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Kirchheimbolanden). Future change of transpiration difference T_{diff} (here: Kirchheimbolanden).....	119
Abbildung 121: Zukünftige Veränderung der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Hermeskeil). Future change of transpiration difference T_{diff} (here: Hermeskeil).	120
Abbildung 122: Zukünftige Veränderung der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Schaidt). Future change of transpiration difference T_{diff} (here: Schaidt).	121
Abbildung 123: Zukünftige Veränderung der Transpirationsdifferenz T_{diff} (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of transpiration difference T_{diff} (here: Neuhäusel-Bims).	122
Abbildung 124: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Kirchheimbolanden). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\%$ nFK (here: Kirchheimbolanden).	123
Abbildung 125: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Kirchheimbolanden). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\%$ nFK (here: Kirchheimbolanden).	124
Abbildung 126: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\%$ nFK (here: Hermeskeil).	125
Abbildung 127: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Hermeskeil). Future change	

of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Hermeskeil).	126
Abbildung 128: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Schaidt). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Schaidt).	127
Abbildung 129: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Schaidt). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Schaidt).	128
Abbildung 130: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 60\% \text{ nFK}$ (here: Neuhäusel-Bims).....	129
Abbildung 131: Zukünftige Veränderung der Bodenwasserverfügbarkeit, Anzahl der Tage mit $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of soil water availability, number of days with $W_p \text{ akt} < 40\% \text{ nFK}$ (here: Neuhäusel-Bims).....	130
Abbildung 132: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Kirchheimbolanden). Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Kirchheimbolanden).	131
Abbildung 133: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Hermeskeil). Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Hermeskeil).....	132
Abbildung 134: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Schaidt). Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Schaidt).....	132
Abbildung 135: Zukünftige Veränderung des Luftgehalts pro Porenvolumen (AIR30) (hier: Neuhäusel-Bims). Future change of air content per pore volume (AIR30) (here: Neuhäusel-Bims).	133

Bisher sind folgende Mitteilungen aus der *Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* erschienen:

72/2012	Karl, Block, Schultze und Scherzer Untersuchungen zu Wasserhaushalt und Klimawandel an ausgewählten Forstlichen Monitoringflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705 nur als download http://www.fawf-wald-rlp.de/index.php?id=2601	
71/2012	Karl, Block, Schüler, Schultze, Scherzer Wasserhaushaltsuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings und bei waldbaulichen Versuchen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705 nur als download http://www.fawf-wald-rlp.de/index.php?id=2601	
70/2012	Block und Gauer (Hrsg.) Waldbodenzustand in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 16,--
69/2011	Maurer und Haase (Hrsg.): Holzproduktion auf forstgenetischer Grundlage. Tagungsbericht 28. Internationale Tagung ARGE Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, 4.-6. November 2009 in Treis-Karden (Mosel)	€ 18,--
68/2009	Engels, Jochum, Krug und Seegmüller (Hrsg.): Käferschäden im Buchenholz: Einbußen und Verwendungsoptionen ISSN 1610-7705	€ 10,--
67/2009	Phan Hoang Dong (Hrsg.): Zum Anbau und Wachstum von Vogelkirsche und Birke ISSN 0931-9662	€ 10,--
66/2008	Werner D. Maurer und Bolko Haase (Hrsg.): Walnuss-Tagung 2008 ISSN 1610-7705	€ 10,--
65/2008	Block (Hrsg.): Forstliche Forschung Grundlage für eine zukunftsfähige Forstwirtschaft ISSN 1610-7705	€ 10,--
64/2007	Schüler, Gellweiler und Seeling (Hrsg.): Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnahmen der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen ISSN 1610-7705	€ 15,--
63/2007	Dong (Hrsg.): Eiche im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€ 10,--
62/2007	Bücking, Moshammer und Roeder: Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume ISSN 0931-9622	€ 15,--
61/2007	Jahresbericht 2006 ISSN 1610-7705 ISSN 1610-7713	

60/2006	Block und Schüler (Hrsg.): Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder; Erschließung von Sekundärrohstoffen als Puffersubstanzen für Bodenmaßnahmen im Wald ISSN 1610-7705	€ 10,--
59/2006	Petercord und Block (Hrsg.): Strategien zur Sicherung von Buchenwäldern ISSN 0931-9662	€ 10,--
58/2006	Jahresbericht 2005 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
57/2005	Seegmüller (Hrsg.): Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 10,--
56/2005	Jahresbericht 2004 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
55/2005	Dong (Hrsg.): Zum Aufbau und Wachstum der Douglasie ISSN 0931-9662	€ 10,--
54/2004	Dong (Hrsg.): Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€ 10,-- vergriffen
53/2004	Jahresbericht 2003 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
52/2004	Maurer (Hrsg.): Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,-- (vergriffen)
51/2003	Jahresbericht 2002 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
50/2003	Maurer (Hrsg.): Ökologie und Waldbau der Weißtanne – Tagungsbericht zum 10. Internationalen IUFRO Tannensymposium am 16-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705	€ 15,--
49/2002	Maurer (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,-- (vergriffen)
48/2002	Jahresbericht 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
47/2001	Jahresbericht 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

46/1999	Jahresbericht 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
45/1999	Delb und Block: Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
44/1998	Jahresbericht 1998 SSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
43/1997	Jahresbericht 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
42/1997	Bücking, Eisenbarth und Jochum: Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662	€ 10,--
41/1997	Maurer und Tabel (Hrsg.): Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlun- gen für die Praxis ISSN 0931-9662	€ 10,--
40/1997	Schröck (Hrsg.): Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rhein- land-Pfalz – Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt - ISSN 0931-9662	€ 8,--
39/1997	Jahresbericht 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
38/1996	Balcar (Hrsg.): Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Natur- waldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662	€ 13,--
37/1996	Hunke: Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662	€ 10,--
36/1996	Jahresbericht 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
35/1995	Block, Bopp, Butz-Braun und Wunn: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662	€ 8,--
34/1995	Maurer und Tabel (Hrsg.): Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662	€ 8,--

33/1995	Eisenbarth: Schnittholzigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662	€ 6,--
32/1995	Autorenkollektiv: Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
31/1995	Jahresbericht 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
30/1994	Schüler: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662	€ 6,--
29/1994	Fischer: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (<i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662	€ 6,--
28/1994	Schröck: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662	€ 6,--
27/1994	Oesten und Roeder: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
26/1994	Jahresbericht 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
25/1994	Wierling: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
24/1993	Block: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662	€ 6,--
23/1993	Heidingsfeld: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662	€ 10,--
22/1993	Jahresbericht 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

21/1992	Autorenkollektiv: Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Wald- ökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
20/1992	Jahresbericht 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
19/1991	Autorenkollektiv: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissions- schäden im Vorderen Hunsrück - „SIMS“ - ISSN 0931-9662	€ 6,--
18/1991	Schüler, Butz-Braun und Schöne: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
17/1991	Block, Bopp, Gatti, Heidingsfeld und Zoth: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
16/1991	Block, Bockholt, Borchert, Fingerhut, Heidingsfeld und Schröck: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662	€ 6,--
15/1991	Jahresbericht 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
14/1990	Block: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldge- bieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
13/1990	Schüler: Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - ange- legt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662	€ 6,--
12/1990	Jahresbericht 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
11/1989	Block, Deinet, Heupel, Roeder und Wunn: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662	€ 6,--
10/1989	Heidingsfeld: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rhein- land-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--

9/1989	Jahresbericht 1988 ISSN 0936-6067	
8/1988	Gerecke: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
7/1988	Beutel und Block: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662	€ 6,--
6/1988	Jahresbericht 1987 ISSN 0931-9662	
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662	€ 6,--
4/1987	Beutel und Block: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
3/1987	Block, Fraude und Heidingsfeld:Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931-9662	€ 6,--
2/1987	Block und Stelzer: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
1/1987	Jahresbericht 1984-1986 ISSN 0931-9662	vergriffen



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,
ERNÄHRUNG, WEINBAU
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Strasse 1
55116 Mainz

www.mulewf.de
www.wald-rlp.de