

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	ÖKOLOGISCHE BEDEUTUNG DES SPURENGASES N₂O	1
1.2	ÖKOLOGISCHE BEDEUTUNG DES SPURENGASES NO	3
1.3	N-UMSETZUNGSPROZESSE IM BODEN	6
1.4	EINSATZMÖGLICHKEITEN VON PROZEBORIENTIERTEN MODELLEN	8
2	MODELLENTWICKLUNG VON PNET-N-DNDC	11
2.1	ALLGEMEINE ÜBERSICHT	11
2.2	DAS PARAMETER-EINGABEPROGRAMM FÜR PNET-N-DNDC	15
2.2.1	Allgemeines.....	15
2.2.2	Witterungsdaten.....	15
2.2.3	Bestandesdaten.....	17
2.2.4	Bodendaten.....	21
2.2.5	Waldmanagement.....	24
2.3	DAS WALDWACHSTUM-MODUL	24
2.3.1	Absterben der pflanzlichen Biomasse (F_senes).....	24
2.3.2	Verteilung der abgestorbenen Biomasse (Alloc_litter_into_pools).....	25
2.3.3	Stickstoffaufnahme der Pflanzen (n_uptake).....	25
2.4	DAS BODENKLIMA-MODUL	28
2.4.1	Bodentemperatur (soil_temp_profile).....	28
2.4.2	Transpiration (hourly_transp_and_water_stress).....	32
2.4.3	Interzeption (rain_intercept).....	32
2.4.4	Bodenwasserfluß (water_delivery).....	33
2.4.5	Stofftransport (leaching).....	34
2.4.6	Sauerstoffdiffusion (O ₂ -diffusion).....	35
2.5	DAS MINERALISATIONS-MODUL	36
2.5.1	Mineralisation (x_decomp).....	36
2.6	DAS NITRIFIKATIONS-MODUL	39
2.6.1	Populationsdynamik der Nitrifizierer (decomp_microbes).....	40
2.6.2	Nitrifikation (nitrification).....	42

2.7	DAS DENITRIFIKATIONS-MODUL	46
2.7.1	Der „anaerobic balloon“.....	47
2.7.2	Denitrifikation (denitrification).....	49
3	ERGEBNISSE DER SENSITIVITÄTSANALYSE DES MODELLS	55
3.1	TEMPERATUR.....	55
3.2	NIEDERSCHLAG.....	57
3.3	N-EINTRAG ÜBER DIE ATMOSPHERE.....	59
3.4	BODENFRUCHTBARKEIT.....	61
3.5	PHOTOSYNTHETISCH AKTIVE STRAHLUNG (PAR).....	63
3.6	BAUMART.....	65
3.7	HUMUSTYP.....	67
3.8	BODENART.....	69
3.9	ORGANISCHER KOHLENSTOFFGEHALT DES BODENS (SOC).....	70
3.10	PH-WERT DES BODENS.....	72
4	ERGEBNISSE DER MODELLVALIDIERUNG	75
4.1	HARTLAUBWALD IM HARVARD FOREST.....	77
4.2	FICHENFLÄCHEN IM HÖGLWALD.....	78
4.3	BUCHENFLÄCHEN IM HÖGLWALD.....	86
4.4	FICHENSTANDORT IN DER NÄHE VON KOPENHAGEN.....	92
4.5	BUCHENSTANDORT KLAUSEN-LEOPOLDSDORF.....	93
4.6	BUCHENSTANDORT SCHOTTENWALD.....	95
4.7	BUCHENSTANDORT IM SOLLING.....	97
4.8	FICHENSTANDORT BEI VILLINGEN.....	99
4.9	KIEFERNWALDSTANDORT HUBERTUSSTOCK.....	102
4.10	KIEFERNWALDSTANDORT WILDBAHN.....	104
4.11	ZUSAMMENFASSUNG.....	106
5	DISKUSSION	109
6	ZUSAMMENFASSUNG	129
7	LITERATUR	131

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.1:	Schematische Darstellung des N-Kreislaufs im Boden	6
Abb. 2:	Schematische Darstellung des Modells PnET-N-DNDC.....	12
Abb. 3:	Flußdiagramm des BASIC Eingabeprogramms von PnET-N-DNDC	16
Abb. 4:	Verteilung der abgestorbenen Biomasse in die drei Kohlenstoff-Pools in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis	19
Abb. 5:	Darstellung der gemessene Temperaturabhängigkeit der Stickstoffaufnahme durch Buchen und der angepaßte O'Neill-Funktion.....	27
Abb. 6:	Verhältnis zwischen Bodenwasser und Bodeneis in Abhängigkeit von der Bodentemperatur	31
Abb. 7:	Beschreibung des Feuchte- und des Bodentemperatureinflusses auf die Mineralisierung in PnET-N-DNDC	38
Abb. 8:	Größe des aeroben und des anaeroben Bodenbereiches in Abhängigkeit des Sauerstoffpartialdruckes im Boden.....	48
Abb. 9:	Abhängigkeit der relativen Stoffaustauschrates zwischen dem aeroben und dem anaeroben Bodenbereich in Abhängigkeit von der Größe des anaeroben Bodenbereichs	49
Abb. 10:	Abhängigkeit der NO_3^- -Reduktion, der NO-Reduktion und der N_2O -Reduktion vom pH-Wert in dem Modell PnET-N-DNDC	53
Abb. 11:	Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf die Lufttemperaturänderung	56
Abb. 12:	Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf die Niederschlagsmenge	58
Abb. 13:	Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf die Stickstoffkonzentration im Niederschlag.....	60
Abb. 14:	Beziehung zwischen der N-Konzentration im Niederschlag und dem Eingabeparametern Bodenfruchtbarkeit für die neun untersuchten Waldstandorte.....	61
Abb. 15:	Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf den Parameters Bodenfruchtbarkeit	62
Abb. 16:	Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR).....	64
Abb. 17:	Einfluß der Baumart auf die Größe des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden	66
Abb. 18:	Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden gegenüber der Änderung des Humustyps.....	68

Abb. 19: Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden gegenüber der Bodenart.....	69
Abb. 20: Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf Änderungen des organischen Kohlenstoffgehaltes im Boden (SOC)	71
Abb. 21: Sensitivität des anaeroben Bodenbereiches (ANVF), der N-Umsetzungsprozesse sowie der N-Gasproduktion im Boden auf den Boden-pH-Wert.....	73
Abb. 22: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen im Jahr 1989 am Standort Harvard Forest, Massachusetts, USA	77
Abb. 23: Vergleich zwischen der gemessenen und der mit PnET-N-DNDC simulierten CO ₂ -Emission der auf der Fichtenfläche im Högwald für die Jahre 1995-1997	79
Abb. 24: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N-Spurgasemissionen aus der Fichtenfläche des Standortes Högwald im Jahr 1995	81
Abb. 25: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N-Spurgasemissionen aus der Fichtenfläche des Standortes Högwald im Jahr 1996	83
Abb. 26: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N-Spurgasemissionen aus der Fichtenfläche des Standortes Högwald im Jahr 1997	85
Abb. 27: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N-Spurgasemissionen aus der Buchenfläche des Standortes Högwald im Jahr 1995	87
Abb. 28: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N-Spurgasemissionen aus der Buchenfläche des Standortes Högwald im Jahr 1996	89
Abb. 29: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N-Spurgasemissionen aus der Buchenfläche des Standortes Högwald im Jahr 1997	91
Abb. 30: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Fichtenbestand in der Nähe von Kopenhagen, Dänemark, im Jahr 1992.....	92
Abb. 31: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Buchenbestand des Standortes Klausen-Leopoldsdorf, Österreich, im Jahr 1996	93
Abb. 32: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Buchenbestand des Standortes Klausen-Leopoldsdorf, Österreich, im Jahr 1997	94
Abb. 33: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Buchenbestand des Standortes Schottenwald, Österreich, im Jahr 1996	96

Abb. 34: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Buchenbestand des Standortes Schottenwald, Österreich, im Jahr 1997	97
Abb. 35: Jahresverlauf der Lufttemperatur und des Niederschlages sowie der Vergleich der simulierten und gemessenen N ₂ O-Emissionen eines 135 Jahre alten Buchenstand und einer Lichtung am Standort Solling, Deutschland, im Jahr 1992.....	98
Abb. 36: Jahresverlauf der Lufttemperatur und des Niederschlages sowie der Vergleich der simulierten und gemessenen N ₂ O-Emissionen einer gedüngten und einer ungedüngten Fichtenfläche des Standortes Villingen, Deutschland, im Jahr 1994	100
Abb. 37: Jahresverlauf der Lufttemperatur und des Niederschlages sowie der Vergleich der simulierten und gemessenen N ₂ O-Emissionen einer gedüngten und einer ungedüngten Fichtenfläche des Standortes Villingen, Deutschland, im Jahr 1995	101
Abb. 38: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Kiefernbestand des Standortes Hubertusstock, Deutschland, im Jahr 1996	102
Abb. 39: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Kiefernbestand des Standortes Hubertusstock, Deutschland, im Jahr 1997	103
Abb. 40: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Kiefernbestand des Standortes Wildbahn, Deutschland, im Jahr 1996.....	104
Abb. 41: Verlauf von Lufttemperatur und Niederschlag sowie der gemessenen und simulierten N ₂ O-Emissionen aus dem Kiefernbestand des Standortes Wildbahn, Deutschland, im Jahr 1997.....	105
Abb. 42: Vergleich der aus Freilandmessungen ermittelten und der mit PnET-N-DNDC berechneten mittleren Tagesemissionen von N ₂ O und NO für die zehn Standorte.....	111

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Die wichtigsten durch den Menschen beeinflussten Treibhausgase.....	1
Tab. 2:	Geschätzte Quell- und Senkenstärke von N_2O	2
Tab. 3:	Geschätzte Quell- und Senkenstärke von NO	5
Tab. 4:	Bodenparameterwerte der in PnET-N-DNDC verwendeten Bodenarten	22
Tab. 5:	Eingabeparameter für die zehn zur Validierung von PnET-N-DNDC benutzten Waldstandorte der temperaten Zone	76
Tab. 6:	Vergleich der von PnET-N-DNDC berechneten mittleren N_2O -Emission mit den auf den zehn Waldstandorten gemessenen mittleren N_2O -Emission aus dem Boden	107
Tab. 7:	Vergleich der von PnET-N-DNDC berechneten mittleren NO -Emission mit im Höglwald gemessenen über das Jahr gemittelten NO -Emission.	108