

# org.jams.j2k.s\_n.J2KNSoilLayer

Metainformationen	
Komponente	J2KNSoilLayer
Modellprozess	Bitte ausfuellen
Paket	package org.jams.j2k.s_n
Autor	Manfred Fink
Version	1.0
Modifikation	2010-01-22

Variablen						
Variable	Beschreibung	Einheit	Wertebereich	Datentyp	Variablentyp	Defaultwert
area	attribute area	m <sup>2</sup>	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
Layer	number of soil layers	-	0.0...100.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
layerdepth	depth of soil layer	cm	0.0...10000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
totaldepth	depth of soil profile	cm	0.0...100000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
rootdepth	in m actual depth of roots	m	0.0...100.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
soil_bulk_density	soil bulk density	kg*dm <sup>3</sup> <sup>-1</sup>	0.0...20.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
sat_LPS	actual LPS in portion of sto_LPS soil water content	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
sat_MPS	actual MPS in portion of sto_MPS soil water content	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
stohru_MPS	Maximum MPS (Middle Pore Storage) soil water content	L	0.0...2000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
stohru_LPS	Maximum LPS (Large Pore Storage) soil water content	L	0.0...2000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
stohru_FPS	Maximum FPS (Fine Pore Storage) soil water content	L	0.0...2000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
Soil_Temp	soil layer temperature in layerdepth	°C	-70.0...70.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
C_org	portion of organic Carbon in soil	%	0.0...100.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
NO3_Pool	NO3-Pool, N content in layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
NH4_Pool	NH4-Pool, N content in layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
N_active	Non-Organic Pool with reactive organic matter, N content in layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
N_stable	Non-Organic Pool with stable organic matter, N content in layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
sN_active	pool of N-Organic Pool with reactive organic matter, N content in the entire soil profile	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%
sN_stable	pool of N-Organic Pool with stable organic matter, N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...1.0E7	jams.data..JAMS_DOUBLE	DOUBLE	%NULL%

Variablen						
Variable	Beschreibung	Einheit	Wertebereich	Datentyp	Variablentyp	Defaultwert
	content in the entire soil profile					
sNO3_Pool	Sum of NO3-Pool, N content in the entire soil profile	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
sNH4_Pool	Sum of NH4-Pool, N content in the entire soil profile	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
sNResiduePool	Sum of NResiduePool, N content in the entire soil profile	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
sinterflowNabs	Num of soil layers of N in interflow absolute leaving the HRU	kg	0.0...1.0E8	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
sinterflowN	Num of soil layers of N in interflow leaving the HRU	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
Residue_Pool	Residue biomass in layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
N_residuePool	Organic fresh Pool from Residue, N content in layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
aEP_h	actual evaporation in Layer	L	0.0...1.0E8	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
w_layer_diff	diffs diffusion between layers value	L	0.0...1.0E8	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
RD1_out	surface runoff leaving the HRU	L	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
RD2_out	interflow leaving the HRU in every layer	L	0.0...1.0E8	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
D_perco	percolation leaving the HRU	L	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
Volati_trans	volatilisation rate from NH4_Pool in N leaving the HRU	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...1000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
NH4inp	NH4 fertilizer rate in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...1000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
Nitri_trans	nitrification rate from NO3_Pool in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...1000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
Denit_trans	denitrification rate from NO3_Pool in N leaving the HRU	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...1000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
SurfaceNabs	Nitrate in surface runoff in N leaving the HRU	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
InterflowNabs	Nitrate in interflow in N leaving the HRU for each layer	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
PercoNabs	Nitrate in percolation in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
SurfaceNabs	Nitrate in surface runoff in N absolute leaving the HRU	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%
InterflowNabs	Nitrate in interflow in N absolute leaving the HRU	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	DOUBLE	%ANY%
PercoNabs	Nitrate in percolation in N absolute leaving the HRU	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	DOUBLE	%NULL%

Variablen						
Variable	Beschreibung	Einheit	Wertebereich	Datentyp	Variablentyp	Defaultwert
SurfaceN	Nitrate in surface runoff added to HRU layer in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
InterflowN	Nitrate in interflow in added to HRU layer in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
BioNoptA	potential nitrogen content of plants in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
BioNAct	actual nitrate nitrogen content of plants in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
actnup	actual nitrate uptake of plants in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...1000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
infiltration	infiltration poritions for the single horizons	L	0.0...1.0E7	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
perco_hor	percolation out ouf the single horizons	L	0.0...1.0E7	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
actETP_h	percolation out ouf the single horizons	L	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
fertNO3	Nitrate input due to Fertilisation in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
fertNH4	Ammonium input due to Fertilisation in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
fertstable	Stable organig N input due to Fertilisation in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
fertactivor	Activ organig N input due to Fertilisation in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
sum_Ninp	Sum of N input due fertilisation and deposition in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
fertorgNf	Current organic fertilizer amount added to residue pool	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
inp_biomass	input of plant residues	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...100000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
inpN_biomass	Nitrogen input of plant residues in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
precip	precipitation	mm	0.0...1000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
time	Current time		0.0...0.0	jams.data..JAMS	Calendar	% NULL%
dormancy	indicates dormancy of plants		0.0...0.0	jams.data..JAMS	Boolean	% NULL%
App_time	time since the last PIADIN application	d	0.0...400.0	jams.data..JAMS	Integer	% NULL%
nmin	Mineral nitrogen content in the soil profile down to 60 cm depth in N	kg*ha <sup>-1</sup>	0.0...10000.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
root_h	Indicates whether roots can penetrate or not the soil layer	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
sedi_in	Anmount of sediments entering the HRU	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	% NULL%
sedi_out	Anmount of sediments leaving the HRU	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	% NULL%

Variablen						
Variable	Beschreibung	Einheit	Wertebereich	Datentyp	Variablentyp	Defaultwert
NH4_in	NH4 in surface runoff added to HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
residue_in	Residue-N in surface runoff added to HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
activ_in	Activ-N in surface runoff added to HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
stabel_in	Stable-N in surface runoff added to HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
NH4_out	NH4 in surface runoff leaving the HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
residue_out	Residue-N in surface runoff leaving the HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
activ_out	Activ-N in surface runoff leaving the HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
stabel_out	Stable-N in surface runoff leaving the HRU in N	kg	0.0...1.0E9	jams.data..JAMS	Double	%NULL%
Beta_trans	rate constant between N_activ_pool and N_stabel_pool = 0.00001	-	1.0E-5...1.0E5	jams.data..JAMS	Double	0.00001
Beta_min	rate factor between N_activ_pool and NO3_Pool to be calibrated	-	0.0010...0.0320	jams.data..JAMS	Double	0.002
Beta_rsd	rate factor between Residue_pool and NO3_Pool to be calibrated	-	0.1...0.02	jams.data..JAMS	Double	0.03
Beta_NO3	percolation coefitient to calibrate	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS	Double	0.2
Beta_Ndis	nitrogen uptake distribution parameter to calibrate	-	1.0...15.0	jams.data..JAMS	Double	1
infil_conc	infiltration bypass parameter to calibrate = 0 - 1	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS	Double	1
denitfac	denitrification saturation factor to calibrate	-	0.7...1.0	jams.data..JAMS	Double	0.91
deposition	concentration of Nitrate in rain in N	kg*mm^-1	0.0...0.1	jams.data..JAMS	Double	0.03
enrichment	Enrichment factor for sediment bounded N-Pools	-	1.0...10.0	jams.data..JAMS	Double	1
piadin	Indicates PIADIN application	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS	Integer	0
opti	Indicates fertilization optimization with plant demand	-	0.0...1.0	jams.data..JAMS	Integer	0

### Beschreibung der Komponente

#### Bodenstickstoffmodul

Die Beschreibung des Bodenstickstoffhaushalts erfolgt analog zu der im Modell SWAT (Arnold et al. 1998). Hierbei werden in den einzelnen Bodenhorizonten die 5 Stickstoffpools für Nitrat,

### Beschreibung der Komponente

Ammonium, stabile organische Substanz, aktive organische Substanz, frische Pflanzenrest Biomasse unterschieden. Die Flüsse und Transformationen zwischen den Pools und außerhalb des Bodens: Nitrifikation, Denitrifikation, Mineralisation, Volatilisation, Pflanzenaufnahme und Auswaschung, werden durch empirische Beziehungen in Abhängigkeit der Bodenfeuchte und Bodentemperatur berechnet. Der Nitratfluss wird äquivalent zum Wassertransport durch ein Routingverfahren zwischen den Teilflächen und zum Vorfluter weitergegeben (vgl. Abbildung 1).

Der Stickstoffeintrag über Düngung und Bestandesabfall wird, ebenso wie der Entzug durch die Pflanzen, vom Pflanzenwachstums- und Landnutzungsmanagementmodul bereitgestellt. Die mineralischen Einträge werden dem Ammoniumpool oder direkt dem Nitratpool zugeführt. Der organische Stickstoff geht entweder in die Pools für den Bestandesabfall oder in den aktiven organischen Pool ein. Der Abbau des Bestandesabfalls geht in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis in Anteilen in den Nitratpool oder in den aktiven organischen Pool ein. Der aktive organische Pool steht im Gleichgewicht mit dem stabilen organischen Pool. Der Nitratpool stellt die zentrale Verteilstelle für die Austräge in Form von Auswaschung, Pflanzenaufnahme und Denitrifikation dar. Die im Modul beschriebenen Prozesse finden in verschiedenen frei parametrisierbaren Bodenhorizonten statt. Hierbei beschränken sich die Zuführung von organischer Substanz und Dünger und die Abfuhr von Stickstoff mit dem Oberflächenabfluss auf den obersten Horizont.

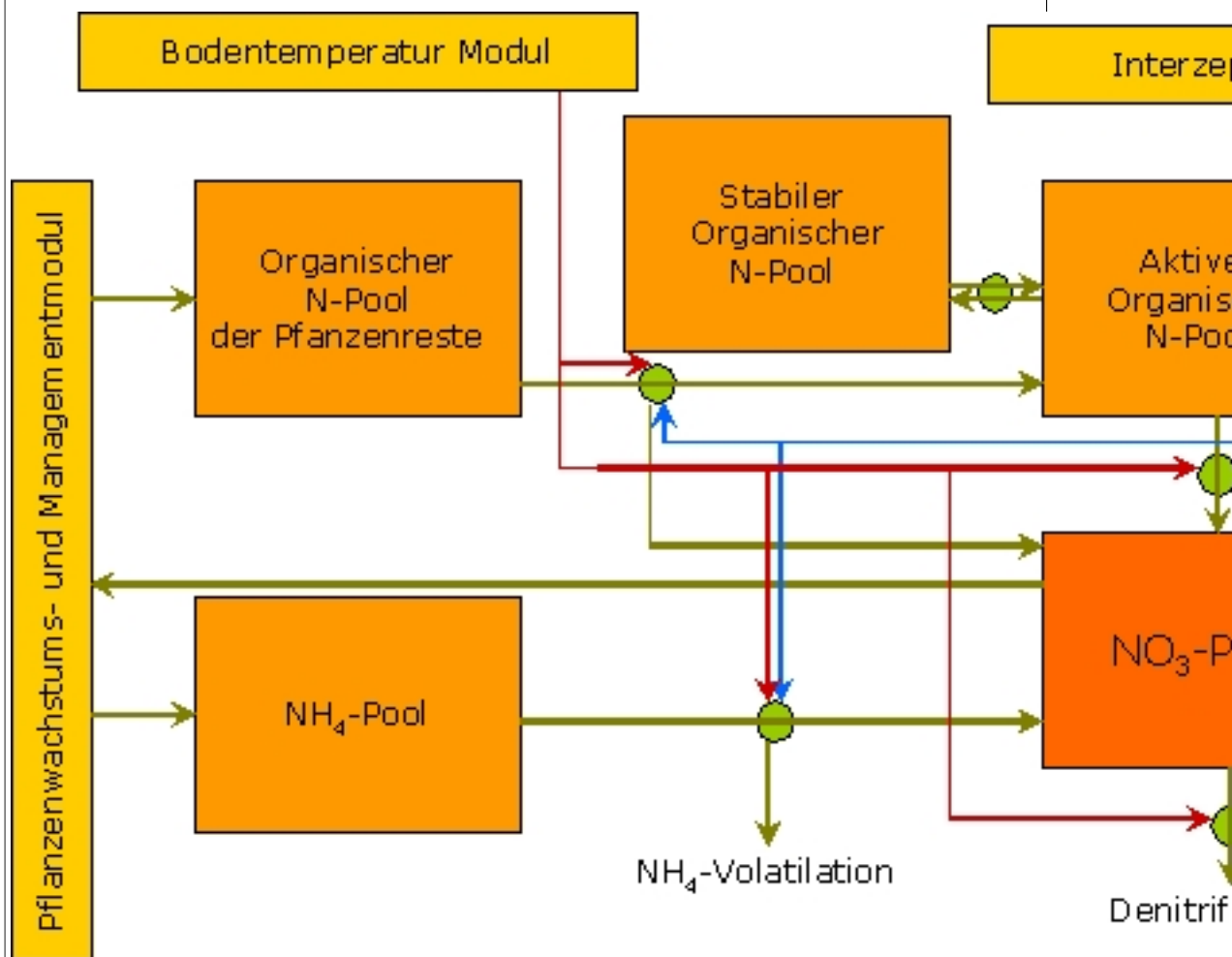


Abbildung 1: Struktur des Bodenstickstoffmoduls

Das hier eingesetzte Stickstoffmodul enthält einige starke Vereinfachungen. So wird keine Pflanzenaufnahme aus dem Ammoniumpool ermöglicht. Weiterhin wird die Dekomposition der organischen Substanz direkt zu Nitrat simuliert, statt den Umweg über Ammonium zu gehen. Die N-Immobilisierung von mineralischem zu organischem Stickstoff in der Bodenzone wird komplett

**Beschreibung der Komponente**

vernachlässigt. Auch der Wassertransport von Stickstoff wird stark generalisiert abgebildet. So findet eine vollständige Durchmischung des Stickstoffs in den einzelnen Speichern statt, anstelle Advektion und Dispersion zu berücksichtigen. Die einzelnen Prozesse werden im Modell wie folgt beschrieben:

**Pflanzenaufnahme**

Zunächst wird der Bedarf (potentielle Pflanzenaufnahme) der Pflanze an Tag  $t_0$  ermittelt, der vom Bodenstickstoffspeicher gedeckt werden soll:

$$\text{potNup} = \text{BioNopt} - \text{BioN} \quad [1]$$

mit: " $\text{potNup}$  = potentielle Pflanzenaufnahme [kgN/ha]"

" $\text{BioNopt}$  = optimale Biomasse [kgN/ha]"

" $\text{BioN}$  = aktuelle Biomasse [kgN/ha]"

Anschließend werden die Anteile der Bodenhorizonte ermittelt die innerhalb der effektiven Wurzelzone liegen. Hierbei werden die Horizonte die voll innerhalb der Wurzelzone liegen vollständig berücksichtigt ( $\text{partroot} = 1$ ), während der Horizont der sind nur teilweise in der Wurzelzone befindet nur zu einem entsprechenden Anteil Berücksichtigung findet:

$$\text{partroot}[i] = \frac{\text{rootdepth} - \text{layerdepth}[i - 1]}{\text{layerdepth}[i] - \text{layerdepth}[i - 1]} \quad [2]$$

mit: " $i$  = Horizont [-]"

" $\text{partroot}$  = Anteil des Horizonts an der Wurzelzone [-]"

" $\text{layerdepth}$  = Untergrenze des Bodenhorizonts [-]"

Die Verteilung der N-Aufnahme auf die einzelnen Horizonte findet in Abhängigkeit eines Kalibrationsparameters ( $\beta_{\text{Ndist}}$ ) statt. Hier wird zunächst die potenzielle Aufnahme für die einzelnen Horizonte berechnet:

$$\text{potNup}_z[i] = \frac{\text{potNup}}{1 - \exp(-\beta_{\text{Ndist}})} \cdot \left(1 - \exp(-\beta_{\text{Ndist}} * \frac{\text{layerdepth}[i]}{\text{rootdepth}})\right) - \text{uptake}[i-1] \quad [3]$$

mit: " $i$  = Horizont [-]"

" $\text{partroot}$  = Anteil des Horizonts an der Wurzelzone [-]"

" $\text{layerdepth}$  = Untergrenze des Bodenhorizonts [-]"

" $\text{potNup}$  = potentielle Pflanzenaufnahme [kgN/ha]"

" $\text{potNup}_z$  = potentielle Pflanzenaufnahme in den einzelnen Horizonten [kgN/ha]"

" $\text{uptake}$  = potentielle Pflanzenaufnahme die bereits von oben liegenden Horizonten entnommen wurde [kgN/ha]"

" $\beta_{\text{Ndist}}$  = Verteilungssparameter der Pflanzenaufnahme; Vorgabewert = 1.0; mögliche Werte 1 - 15 [-]"

Für die Berechnung der potentiellen Pflanzenaufnahme die bereits von oben liegenden Horizonten gedeckt wurde wird der folgende Zusammenhang verwendet:

$$\text{uptake} = \text{uptake} + \text{potNup}_z[i] \quad [4]$$

**Beschreibung der Komponente**

mit: " $\text{potNup}_z$ " = potentielle Pflanzenaufnahme in den einzelnen Horizonten [kgN/ha]"

" $\text{uptake}$ " = potentielle Pflanzenaufnahme die bereits von oben liegenden Horizonten entnommen wurde [kgN/ha]"

Die Berechnung eines Bedarfs erfolgt nach folgender Beziehung:

$$\text{demand} = (\text{NO\_3Pool}[i] \cdot \text{partroot}[i]) - \text{potNup}_z[i] \quad [5]$$

mit: " $i$ " = Horizont [-]"

" $\text{partroot}$ " = Anteil des Horizonts an der Wurzelzone [-]"

" $\text{demand}$ " = Bedarf der vom Bodenstickstoffpool gedeckt werden kann [kgN/ha]"

" $\text{NO\_3Pool}$ " = Bodenstickstoffpool [kgN/ha]"

" $\text{potNup}_z$ " = potentielle Pflanzenaufnahme in den einzelnen Horizonten [kgN/ha]"

Ist dieser Bedarf größer 0 kann er durch den vorhandenen Bodenstickstoffspeicher gedeckt werden mit:

$$\text{NO\_3Pool2}[i] = \begin{cases} \text{NO\_3Pool1}[i] - \text{potNup}_z[i] & \text{if } \text{demand} \geq 0 \\ \text{NO\_3Pool1}[i] - (\text{NO\_3Pool1}[i] \cdot \text{partroot}[i]) & \text{if } \text{demand} < 0 \end{cases}$$

und

$$\text{demand} = \begin{cases} \text{demand}[i] = 0 & \text{if } \text{demand} \geq 0 \\ \text{demand} & \text{if } \text{demand} < 0 \end{cases}$$

mit: " $i$ " = Horizont [-]"

" $\text{demand}$ " = Bedarf der vom Bodenstickstoffpool gedeckt werden kann [kgN/ha]"

" $\text{NO\_3Pool1}$ " = Bodennitratpool vor dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $\text{NO\_3Pool2}$ " = Bodennitratpool nach dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $\text{potNup}_z$ " = potentielle Pflanzenaufnahme in den einzelnen Horizonten [kgN/ha]"

" $\text{partroot}$ " = Anteil des Horizonts an der Wurzelzone [-]"

Anschließend berechnet sich die aktuelle Pflanzenaufnahme aus der potentiellen Pflanzenaufnahme und dem über die Horizonte summierten Bedarf:

$$N_{\text{uptake}} = \text{potNup} + \sum_{i=1}^n \text{demand}[i] \quad [10]$$

mit: " $i$ " = Horizont [-]"

" $n$ " = Anzahl der Horizonte innerhalb der Wurzelzone [-]"

" $\text{demand}$ " = Bedarf der vom Bodenstickstoffpool gedeckt werden kann [kgN/ha]"

" $\text{potNup}$ " = potentielle Pflanzenaufnahme [kgN/ha]"

" $N_{\text{uptake}}$ " = aktuelle Pflanzenaufnahme [kgN/ha]"

**Mit der Evaporation aufsteigendes Nitrat**

**Beschreibung der Komponente**

Mit der Evaporationsstrom wird Bodenwasser aus tieferen Schichten in den obersten Horizont transportiert. Dies geschieht für jeden Horizont nach der Methode von SWAT in der Form:

$$n_{\text{upmove}} = 0.1 \cdot \text{NO\_3Pool} \cdot \frac{\text{aEvap}}{\text{act}_{\text{LPS}} + \text{act}_{\text{MPS}} + \text{sto}_{\text{FPS}}} \quad [1]$$

mit: " $n_{\text{upmove}}$ " = Stickstoffmenge aus dem einzelnen Horizont, die durch Evaporation verlagert wird. [kgN/ha]"

" $\text{NO\_3Pool}$ " = Bodenstickstoffpool [kgN/ha]"

" $\text{aEvap}$ " = aktuelle Evapotranspiration des Horizonts [l]"

" $\text{act}_{\text{LPS}}$ " = aktueller Grobporenspeicher des Horizonts [l]"

" $\text{act}_{\text{MPS}}$ " = aktueller Mittelporenspeicher des Horizonts [l]"

" $\text{sto}_{\text{FPS}}$ " = Feinporenspeicher des Horizonts [l]"

**Transformationsprozesse im Boden**Nitrifikation und Ammonium Volatilation

Die Umsetzungsprozesse des Ammoniumpools sind in diesem Modell die Nitrifikation von Ammonium zu Nitrat und die Ammonium Volatilation. Die Kalkulation des Gesamtumsatzes des Ammoniumpools findet für die beiden Prozesse gemeinsam statt. Anschließend werden die Raten für beide Prozesse separiert. Zur Darstellung des Einflusses der Temperatur wird der folgende Koeffizient berechnet:

$$\eta_{\text{temp}} = 0.41 \cdot \frac{\text{temp}_{\text{Layer}} - 5}{10} \quad [1]$$

mit: " $\eta_{\text{temp}}$ " = Bodentemperaturkoeffizient [-]"

" $\text{temp}_{\text{Layer}}$ " = Temperatur der Bodenschicht [°C]"

Der Einfluss der Bodenfeuchte auf die Nitrifikation wird durch den Koeffizienten  $\eta_{\text{water}}$  beschreiben:

$$\text{für } \text{act}_{\text{LPS}} + \text{act}_{\text{MPS}} < 0.25 \cdot (\text{sto}_{\text{LPS}} + \text{sto}_{\text{MPS}}) \quad \eta_{\text{water}} = \frac{\text{act}_{\text{LPS}} + \text{act}_{\text{MPS}} + \text{sto}_{\text{FPS}}}{0.25 \cdot (\text{sto}_{\text{LPS}} + \text{sto}_{\text{MPS}} + \text{sto}_{\text{FPS}})} \quad [2]$$

$$\text{für } \text{act}_{\text{LPS}} + \text{act}_{\text{MPS}} \geq 0.25 \cdot (\text{sto}_{\text{LPS}} + \text{sto}_{\text{MPS}}) \quad \eta_{\text{water}} = 1 \quad [3]$$

mit: " $\eta_{\text{water}}$ " = Bodenfeuchtekoeffizient [-]"

" $\text{sto}_{\text{LPS}}$ " = maximaler Grobporenspeicher des Horizonts [l]"

" $\text{sto}_{\text{MPS}}$ " = maximaler Mittelporenspeicher des Horizonts [l]"

" $\text{sto}_{\text{FPS}}$ " = maximaler Feinporenspeicher des Horizonts [l]"

" $\text{act}_{\text{LPS}}$ " = aktueller Grobporenspeicher des Horizonts [l]"

" $\text{act}_{\text{MPS}}$ " = aktueller Mittelporenspeicher des Horizonts [l]"

Die Abhängigkeit der Ammoniumvolatilation von der Bodentiefe wird mit der folgenden Gleichung beschrieben:



**Beschreibung der Komponente**

$\eta_{vol_z} = 1 - \frac{\{layerdepth\}}{\{layerdepth + \exp(4.706 - (0.305 \cdot \frac{\{layerdepth\}}{20}))\}}$

mit: " $\eta_{vol_z}$ " = Bodentiefekoeffizient [-]"

" $layerdepth$ " = Untergrenze des Bodenhorizonts [cm]"

Der Gesamtumsatz des Ammoniumpools errechnet sich wie folgt:

$N_{nit + vol} = NH_4Pool * (1 - \exp(-(\eta_{water} \cdot \eta_{temp}) - (\eta_{vol_z} \cdot \eta_{temp})))$

Aufgeteilt wird dieser Gesamtumsatz anschließend in:

$frac_{nitr} = 1 - \exp(-(\eta_{water} \cdot \eta_{temp}))$

$frac_{vol} = 1 - \exp(-(\eta_{vol_z} \cdot \eta_{temp}))$

$nitri_{trans} = (frac_{nitr} / (frac_{nitr} + frac_{vol})) \cdot N_{nit + vol}$

$volati_{trans} = (frac_{vol} / (frac_{nitr} + frac_{vol})) \cdot N_{nit + vol}$

mit: " $\eta_{water}$ " = Bodenfeuchtekoeffizient [-]"

" $\eta_{temp}$ " = Bodentemperaturkoeffizient [-]"

" $\eta_{vol_z}$ " = Bodentiefekoeffizient [-]"

" $NH_4Pool$ " = Bodenfeuchtekoeffizient [kgN/ha]"

" $N_{nit + vol}$ " = Gesamtumsatzes des Ammoniumpools [kgN/ha]"

" $frac_{nitr}$ " = Fraktion Nitrifikation [-]"

" $frac_{vol}$ " = Fraktion Ammoniumvolatilisation [-]"

" $nitri_{trans}$ " = Menge Nitrifikation [kgN/ha]"

" $volati_{trans}$ " = Menge Ammoniumvolatilisation [kgN/ha]"

**Vorberechnungen zum Einfluss der Umgebungsbedingungen**

Um den Einfluss der Bodentemperatur und der Bodenfeuchte in den verschiedenen Transformationsprozessen darzustellen werden vorab für jeden Horizont die folgenden Koeffizienten berechnet:

$\gamma_{temp} = 0.9 \cdot \frac{temp_{Layer}}{temp_{Layer} \cdot \exp(9.93 - 0.312 \cdot temp_{Layer}) + 0.1}$  [1]

mit: " $\gamma_{temp}$ " = Bodentemperaturkoeffizient [-]"

" $temp_{Layer}$ " = Temperatur der Bodenschicht [°C]"

$\gamma_{water} = \frac{act_{LPS} + act_{MPS} + sto_{FPS}}{sto_{LPS} + sto_{MPS} + sto_{FPS}}$  [2]

mit: " $\gamma_{water}$ " = Bodenfeuchtekoeffizient [-]"

" $sto_{LPS}$ " = maximaler Grobporenspeicher des Horizonts [l]"

" $sto_{MPS}$ " = maximaler Mittelporenspeicher des Horizonts [l]"

**Beschreibung der Komponente**

"  $\text{sto}_{\text{FPS}}$  = maximaler Feinporenspeicher des Horizonts [l]"

"  $\text{act}_{\text{LPS}}$  = aktueller Grobporenspeicher des Horizonts [l]"

"  $\text{act}_{\text{MPS}}$  = aktueller Mittelporenspeicher des Horizonts [l]"

Transfer zwischen den organischen Pools

Der Transfer zwischen dem aktiven und dem stabilen organischen Pool wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$N_{\text{Hum}_{\text{trans}}} = \beta_{\text{trans}} \cdot (N_{\text{activ}_{\text{pool}}} \cdot \left(\frac{1}{\text{fr}_{\text{actN}}} - 1\right) - N_{\text{stabel}_{\text{pool}}})$$

mit: "  $N_{\text{Hum}_{\text{trans}}}$  = Transferrate zwischen aktiven und dem stabilen organischen Pool [kgN/ha]"

"  $\beta_{\text{trans}}$  = Transferkonstante zwischen aktiven und dem stabilen organischen Pool; Vorgabewert = 0.00001 [-]"

"  $N_{\text{activ}_{\text{pool}}}$  = Aktiver organischer Pool [kgN/ha]"

"  $N_{\text{stabel}_{\text{pool}}}$  = Stabiler organischer Pool [kgN/ha]"

"  $\text{fr}_{\text{actN}}$  = Fraktion des organischen Stickstoffs im aktiven organischen Pool = 0.02 [-]"

Die Transferrate wird hierbei vom aktiven Pool subtrahiert während sie zu dem stabilen Pool hinzuaddiert wird.

Mineralisierung des aktiven Pools

Der aktive Pool wird unter Auslassung der Nitrifikation direkt zu Nitrat mineralisiert. Die Rate wird hierbei wie folgt berechnet:

$$N_{\text{actmin}} = \beta_{\text{min}} \cdot \sqrt{\gamma_{\text{temp}}} \cdot \gamma_{\text{water}} \cdot N_{\text{activ}_{\text{pool}}}$$

mit: "  $N_{\text{actmin}}$  = Transferrate zwischen aktiven organischen und dem Nitratpool [kgN/ha]"

"  $\beta_{\text{min}}$  = Transferkonstante zwischen aktiven organischen und dem Nitratpool; Vorgabewert = 0.002 [-]"

"  $N_{\text{activ}_{\text{pool}}}$  = Aktiver organischer Pool [kgN/ha]"

"  $\gamma_{\text{water}}$  = Bodenfeuchtekoeffizient [-]"

"  $\gamma_{\text{temp}}$  = Bodentemperaturkoeffizient [-]"

Die Transferrate wird hierbei vom aktiven Pool subtrahiert während sie zu dem Nitratpool hinzuaddiert wird.

Dynamik der Residuenpools

Die Dynamik des Abbaus frischer organischer Substanz (Residuen) aus Pflanzenresten und organischem Dünger erfolgt nur im obersten Bodenhorizont. Die Residuen werden hierbei in zwei Pools aufgeteilt, der Erste repräsentiert die Biomasse als Ganzes und der Zweite den Stickstoffanteil der Residuen. Die Zufuhr zu den Residuenpools erfolgt über Pflanzenreste nach der Ernte und über die organische Düngung mit Hilfe der folgenden Gleichungen:

**Beschreibung der Komponente**

$$\text{Residue}_{\text{pool}} = \text{Residue}_{\text{pool}} + \text{inp}_{\text{biomass}} + (\text{fertorgN}_{\text{fresh}} \cdot 10) \cdot \text{!}$$

$$N_{\text{residue}_{\text{pool}}} = N_{\text{residue}_{\text{pool}}} + \text{inpN}_{\text{biomass}} + \text{fertorgN}_{\text{fresh}} \cdot \text{!}$$

mit: " $\text{Residue}_{\text{pool}}$ " = Residuenpool [kg/ha]"

" $\text{inp}_{\text{biomass}}$ " = Zugeführte Biomasse [kg/ha]"

" $\text{fertorgN}_{\text{fresh}}$ " = Über organische Düngung zugeführter Stickstoff [kgN/ha]"

" $N_{\text{residue}_{\text{pool}}}$ " = Stickstoffanteil des Residuenpools [kgN/ha]"

Der Abbau des Residuenpools findet in Abhängigkeit des Kohlenstoff- Stickstoffverhältnisses (C/N-Verhältnis) statt. Die Berechnung des C/N-Verhältnisses erfolgt wie in der nachstehenden Gleichung angegeben.

$$\epsilon_{\text{C/N}} = \frac{\text{Residue}_{\text{pool}} \cdot 0.58}{N_{\text{residue}_{\text{pool}}} + \text{NO}_3\text{Pool}}$$

$$\gamma_{\text{ntr}} = \min \begin{cases} \exp(-0.693 \cdot \frac{\epsilon_{\text{C/N}} - 25}{25}) \\ 1.0 \end{cases}$$

mit: " $\epsilon_{\text{C/N}}$ " = C/N-Verhältnis [-]"

" $\gamma_{\text{ntr}}$ " = Residuenabbaufaktor [-]"

" $\text{Residue}_{\text{pool}}$ " = Residuenpool [kg/ha]"

" $\text{NO}_3\text{Pool}$ " = Nitratpool [kgN/ha]"

" $N_{\text{residue}_{\text{pool}}}$ " = Stickstoffanteil des Residuenpools [kgN/ha]"

Aus " $\gamma_{\text{ntr}}$ ", " $\gamma_{\text{water}}$ ", " $\gamma_{\text{temp}}$ "

rechnet sich die Abbaukonstante des Residuenpools:

$$\Delta_{\text{ntr}} = \beta_{\text{rsd}} \cdot \gamma_{\text{ntr}} \cdot \sqrt{\gamma_{\text{water}}} \cdot \gamma_{\text{temp}}$$

mit: " $\Delta_{\text{ntr}}$ " = Konstante der Rate des Residuenabbaus [-]"

" $\gamma_{\text{ntr}}$ " = Residuenabbaufaktor [-]"

" $\beta_{\text{rsd}}$ " = Residuenabbaukoeffizient; Vorgabewert = 0.05 [-]"

" $\gamma_{\text{water}}$ " = Bodenfeuchtekoeffizient [-]"

" $\gamma_{\text{temp}}$ " = Bodentemperaturkoeffizient [-]"

Der Abbau des Residuenpools erfolgt anhand der Konstante der Rate des Residuenabbaus. Dabei wird der Stickstoffteil auf den aktiven organischen Pool, im Sinne einer Humifizierung und den Nitratpool im Sinne einer Mineralisierung, im Verhältnis 20 zu 80% aufgeteilt:

$$\text{Residue}_{\text{pool}}^2 = \text{Residue}_{\text{pool}}^1 - (\Delta_{\text{ntr}} \cdot \text{Residue}_{\text{pool}}^1)$$

$$N_{\text{active}_{\text{pool}}}^2 = N_{\text{active}_{\text{pool}}}^1 + (0.2 \cdot \Delta_{\text{ntr}} \cdot N_{\text{residue}_{\text{pool}}}^1)$$

**Beschreibung der Komponente**

$$\text{NO\_3Pool2} = \text{NO\_3Pool1} + (0.8 \cdot \Delta_{\text{ntr}} \cdot N_{\text{residue\_pool}}) \cdot 1$$

$$N_{\text{residue\_pool}}^2 = N_{\text{residue\_pool}}^1 - (\Delta_{\text{ntr}} \cdot N_{\text{residue\_pool}}) \cdot 1$$

mit: " $\Delta_{\text{ntr}}$ " = Konstante der Rate des Residuenabbaus [-]"

" $\text{Residue\_pool}^1$ " = Residuenpool vor dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $\text{Residue\_pool}^2$ " = Residuenpool nach dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $N_{\text{active\_pool}}^1$ " = Aktiver organischer Pool vor dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $N_{\text{active\_pool}}^2$ " = Aktiver organischer Pool nach dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $\text{NO\_3Pool1}$ " = Bodennitratpool vor dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $\text{NO\_3Pool2}$ " = Bodennitratpool nach dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $N_{\text{residue\_pool}}^1$ " = Stickstoffanteil des Residuenpools vor dem Zeitschritt [kgN/ha]"

" $N_{\text{residue\_pool}}^2$ " = Stickstoffanteil des Residuenpools nach dem Zeitschritt [kgN/ha]"

**Denitrifikation**

Denitrifikation findet statt wenn der Boden sich in einem nahezu wassergesättigten Zustand befindet. Die Rate ist dabei abhängig von dem Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden und der Bodentemperatur. Abweichend von SWAT (0,95) liegt der Grad der Wassersättigung bei der Denitrifikation stattfindet mit 0,91 niedriger. Dies ist dadurch begründet, dass SWAT die Luftkapazität des Bodens im Gegensatz zu J2000 nicht berücksichtigt und somit in J2000 das zu Grunde liegende Porenvolumen, bei der Berechnung der Wassersättigung größer ist. Es wird weiterhin sichergestellt, dass die Rate höchstens 1 kgN/ha\*d beträgt, da höhere Raten im Freiland nicht zu erwarten sind.

$$\text{denit}_{\text{trans}} = \begin{cases} \text{NO\_3Pool} \cdot (1 - \exp(-1.4 \cdot \gamma_{\text{temp}} \cdot C_{\text{org}})) \cdot \gamma_{\text{water}} \geq \beta_{\text{denit}} \\ 0.0 & \gamma_{\text{water}} < \beta_{\text{denit}} \end{cases}$$

mit " $\text{NO\_3Pool}$ " = Bodennitratpool [kgN/ha]"

" $\text{denit}_{\text{trans}}$ " = Denitrifikationsrate [kgN/ha]"

" $\gamma_{\text{water}}$ " = Bodenfeuchtekoeffizient [-]"

" $\gamma_{\text{temp}}$ " = Bodentemperaturkoeffizient [-]"

" $\beta_{\text{denit}}$ " = Denitrifikationskoeffizient; Vorgabewert = 0.91 [-]"

**Stofftransport mit der Wasserbewegung im Boden****Stickstoffkonzentration des mobilen Wassers**

Für die Simulation des Stofftransports mit der Wasserbewegung wird zunächst die Stickstoffkonzentration des mobilen Wassers bestimmt. Hierbei wird vereinfachend angenommen, dass ausschließlich der Stickstoff des Nitratpools mobil ist und somit in die Berechnung eingeht. Die Wassermenge bestimmt sich aus den Bodenspeichern und den den Horizont verlassenden Wasserflüssen.

**Beschreibung der Komponente**

$\text{soil\_water} = \text{act\_LPS} + \text{act\_MPS} + \text{sto\_FPS}$

$\text{mobile\_water} = \begin{cases} \text{RD1\_out} * \text{Beta\_NO}_3 + \text{RD2\_out} + \text{h\_perco} \\ + \text{hor\_by\_infiltr} + \text{diff\_out} \end{cases} \quad ; \text{ Horizont} = 1$   
 $\text{RD2\_out} + \text{h\_perco} + \text{hor\_by\_infiltr} + \text{diff\_out} \quad ; \text{ Horizont} < n$   
 $\text{RD2\_out} + \text{h\_perco} + \text{diff\_out} \quad ; \text{ Horizont} = n$

$\text{concN\_mobile} = \frac{\text{NO}_3\text{Pool} * (1 - \exp\{-\text{mobile\_water}\})}{(1 - \theta_{\text{nit}}) * \text{soil\_water}}$

mit: " $\text{NO}_3\text{Pool}$ " = Bodennitratpool [kgN/ha] " $\text{soil\_water}$ " = Bodenwassergehalt [mm]"

" $\text{mobile\_water}$ " = Menge an Mobilem Wasser [mm]"

" $\text{Beta\_NO}_3$ " = Perkulationskoeffizient; Vorgabewert = 0.2 [-]"

" $\text{RD1\_out}$ " = Oberflächenabfluss [mm]"

" $\text{RD2\_out}$ " = Interflow [mm]"

" $\text{h\_perco}$ " = Perkolation in tieferen Horizont bzw. Grundwasser [mm]"

" $\text{hor\_by\_infiltr}$ " = Infiltrations Wasser, dass in einem Zeitschritt in tiefere Schichten vordringt und somit den aktuellen Horizont "bypass" [mm]"

" $\text{diff\_out}$ " = Wasser, dass durch Diffusion den Horizont verlässt [mm]"

" $\theta_{\text{nit}}$ " = Fraktion des Porenvolumens von dem Anionen ausgeschlossen sind (durch positiven Ladungsüberschuss der Tonminerale); Vorgabewert = 0.05 [-]"

" $\text{concN\_mobile}$ " = Stickstoffkonzentration des mobilen Wassers [kgN/ha\*mm]"

Das der Einfluss des Infiltrations Wassers, dass dass in einem Zeitschritt in tiefere Schichten vordringt wird mit Hilfe eines Parameters ( $\text{infil\_conc\_factor}$ ) wie folgt bestimmt. Dabei repräsentiert dieser Parameter in wie weit das "Bypasswasser" mit der Bodenmatrix interagiert oder in Makroporen an den durchflossenen Schichten vorbeifließt.

$\text{hor\_by\_infiltr}[i-1] = \sum^n_i \text{hor\_by\_infiltr} * \text{infil\_conc\_factor}$

mit: " $\text{hor\_by\_infiltr}$ " = Infiltrations Wasser, dass in einem Zeitschritt in tiefere Schichten vordringt und somit den aktuellen Horizont "bypass" [mm]"

" $\text{infil\_conc\_factor}$ " = Bypassparameter [mm]"

" $i$ " = Aktueller Horizont [-]"

" $n$ " = Anzahl der Horizonte [-]"

**Stickstofftransport in den Abflusskomponenten**

Basierend auf der Stickstoffkonzentration des mobilen Wassers werden für die einzelnen Horizonte die Stickstofffrachten für die Abflusskomponenten berechnet. Hierbei wird der Interflow in allen Horizonten und der Oberflächenabfluss nur im obersten Horizont berücksichtigt, während die Perkolation immer in den tiefer gelegenen Horizont bzw. in die Grundwasserspeicher erfolgt.

$N_{\text{surface}} = \text{Beta\_NO}_3 \cdot \text{RD1\_out} \cdot \text{concN\_mobile}$

$N_{\text{interflow}} = \text{RD2\_out} \cdot \text{concN\_mobile}$

**Beschreibung der Komponente**

$$\text{N}_{\text{perco}} = (\text{hor}_{\text{by}_{\text{infiltr}}} + \text{h}_{\text{perco}}) \cdot \text{concN}_{\text{mobile}}$$

mit: " $\text{concN}_{\text{mobile}}$ " = Stickstoffkonzentration des mobilen Wassers [kgN/ha\*mm]"

" $\text{hor}_{\text{by}_{\text{infiltr}}}$ " = Infiltrations Wasser, dass in einem Zeitschritt in tiefere Schichten vordringt und somit den aktuellen Horizont "bypass" [mm]"

" $\text{N}_{\text{surface}}$ " = Stickstoff im Oberflächenabfluss [kgN/ha]"

" $\text{N}_{\text{interflow}}$ " = Stickstoff im Interflow [kgN/ha]"

" $\text{N}_{\text{perco}}$ " = Stickstoff im Perkulationswasser [kgN/ha]"

" $\text{RD1}_{\text{out}}$ " = Oberflächenabfluss [mm]"

" $\text{RD2}_{\text{out}}$ " = Interflow [mm]"

" $\text{h}_{\text{perco}}$ " = Perkolation [mm]"

" $\text{Beta}_{\text{NO}_3}$ " = Percolationskoeffizient [-]"

Der Perkulationskoeffizient stellt dabei ein Maß für die Interaktion des Oberflächenabfluss mit der Bodenmatrix des obersten Horizontes dar und Bestimmt somit den Stickstoffgehalt des Oberflächenabflusses. Der Stoff der mit dem Diffusionswasser den Horizont verlässt wird wie folgt berechnet. Als Diffusion wird dabei die Wasserbewegung bezeichnet die aufgrund von Potentialgradienten oberhalb der Feldkapazität stattfindet. Ein negativer Wert für das Diffusionswasser bedeutet hierbei eine absteigende Wasserbewegung während ein positiver Wert eine aufsteigende Wasserbewegung repräsentiert.

$$\text{diffoutN} = \begin{cases} w_{1_{\text{diff}}}[i] * \text{ConcN}_{\text{mobile}}[i] & \text{if } w_{1_{\text{diff}}}[i] > 0 \\ w_{1_{\text{diff}}}[i] * \text{ConcN}_{\text{mobile}}[i+1] & \text{if } w_{1_{\text{diff}}}[i] < 0 \end{cases}$$

und

$$\text{NO}_3\text{Pool}[i] = \text{NO}_3\text{Pool}[i] + \text{diffoutN}$$

und

$$\text{NO}_3\text{Pool}[i+1] = \text{NO}_3\text{Pool}[i+1] - \text{diffoutN}$$

mit: " $\text{concN}_{\text{mobile}}$ " = Stickstoffkonzentration des mobilen Wassers [kgN/ha\*mm]"

" $\text{diffoutN}$ " = Stickstoff im Diffusionswasser [kgN/ha]"

" $\text{NO}_3\text{Pool}$ " = Bodennitratpool [kgN/ha]"

" $w_{1_{\text{diff}}}$ " = Diffusionswasser [mm]"

" $i$ " = Bodenhorizont [kgN/ha]"

**Literatur**

Literatur 1

bitte ausfüllen