



Leibniz  
Universität  
Hannover

# PALM-4U Oberflächenmodellierung

## Inhalt

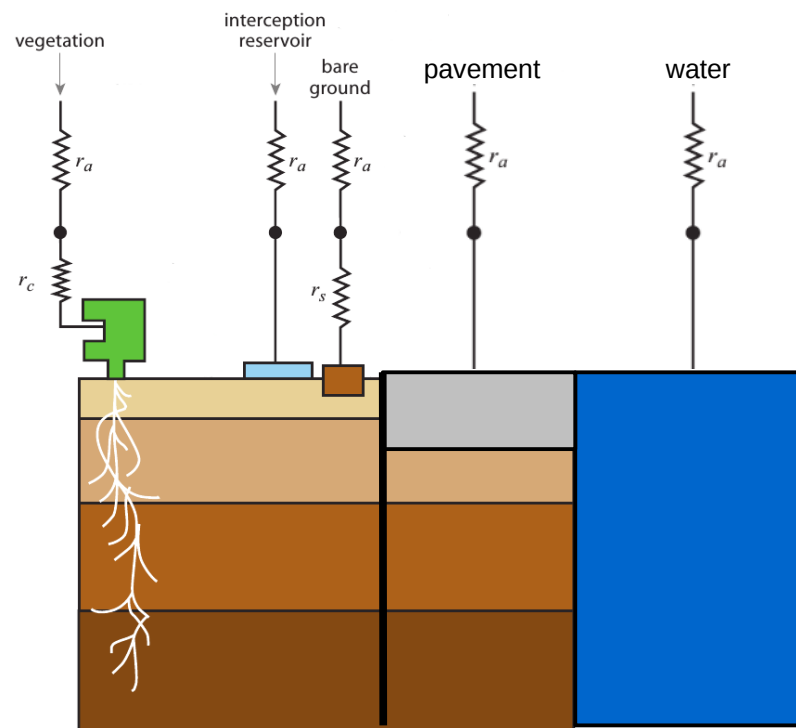
- Modellierung
  - natürliche Oberflächen (Vegetation, Erdboden, Wasser)
  - „urbaner“ Oberflächen (Straßen, Wände, Dächer)
  - komplexes Gelände (Berge)
  - 3D Vegetation (Bäume)
  - (Strahlung in der *Urban Canopy Layer*)
- Programmcode
  - Module LSM und USM
  - Oberflächenstruktur
- Spinup-Mechanismus (mit Beispiel)
- Eingangsdaten und Eingabeparameter
- Beispielsimulation: Berlin Ernst-Reuter Platz
- Ausblick

## Wozu überhaupt ein Oberflächenmodell?

- Vegetation, Erdboden, Gebäude, Straßen beeinflussen die Atmosphäre signifikant:
  - Reibung an der Oberfläche
  - Austausch und Speicherung von Wärme  
→ z.B. Städtische Wärmeinsel
  - Austausch von Wasser (Evapotranspiration, Niederschlag)
  - Randbedingung für Gebäudesystemtechnik und Innenraumklima
  
- Oberflächenmodell sollte immer verwendet werden, wenn die Thermodynamik eine Rolle spielt

# Parametrisierung natürlicher Oberflächen (+ Straßen)

- Landoberflächenparametrisierung basierend auf TESSEL Schema (ECMWF-IFS)
- Energiebilanzlöser (teilweise mit „skin layer approach“)
- Bodenmodell: 8 Schichten (1 cm, 2 cm, ...)
- Interzeptionsreservoir auf Pflanzen
- Oberflächenklassen:
  - Vegetation (16 Klassen)
  - Vegetationsloser Boden (1 Klasse)
  - Straßenkörper (15 Klassen)
  - Wasser (5 Klassen)
- *Tile approach*: Anteile Vegetation, Boden und Flüssigwasser auf Pflanzen
- Einschränkungen:
  - Keine Eisphase
  - Kein lateraler Transport im Boden
  - Vegetation ist flach



# Energiebilanzlöser

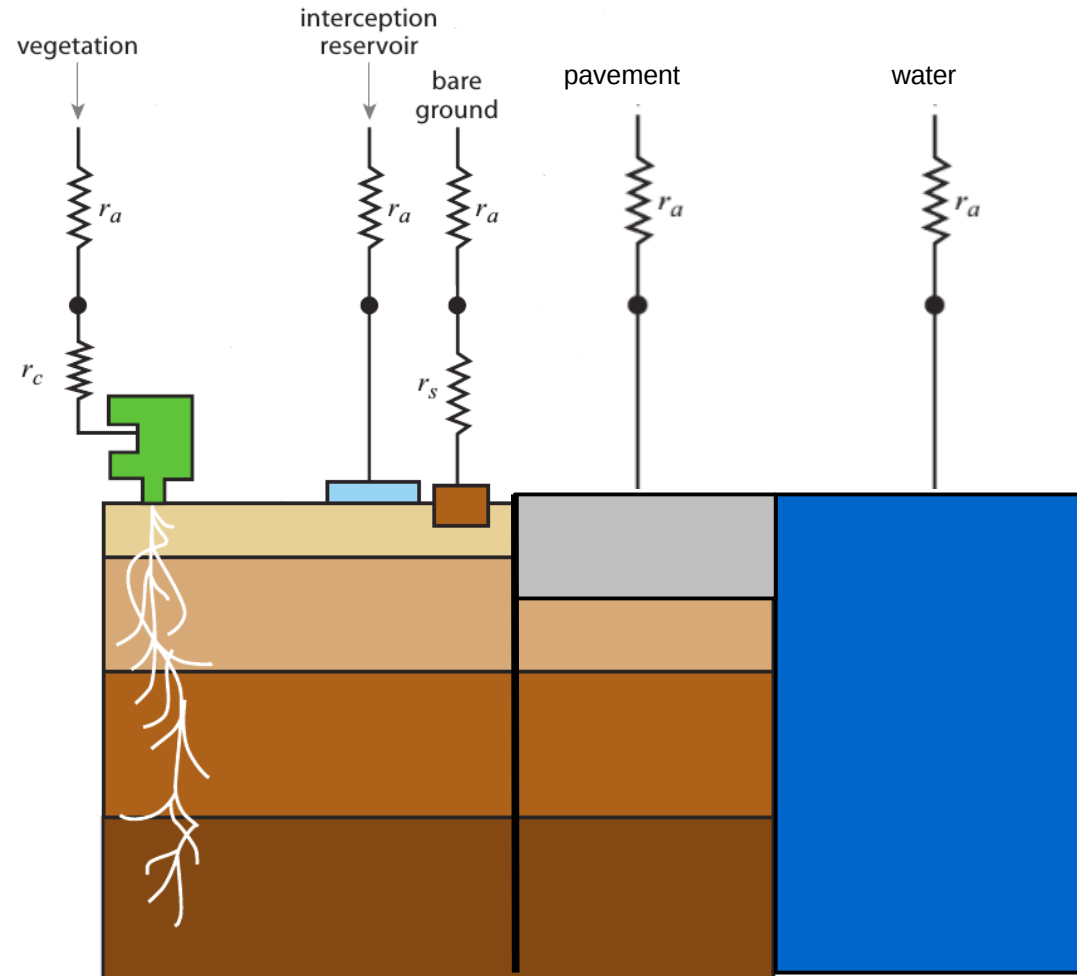
- Prognostische Gleichung für die Oberflächentemperatur

$$C_0 \frac{dT_0}{dt} = R_n - H - LE - G$$

- $C_0$ : Wärmekapazität der Oberfläche ( $\text{J m}^{-2} \text{K}^{-1}$ )
- $T_0$ : Oberflächentemperatur (K)
- $R_n$ : Nettostrahlung am Boden ( $\text{W m}^{-2}$ )
- $H$ : Fühlbarer Wärmestrom ( $\text{W m}^{-2}$ )
- $LE$ : Latenter Wärmestrom ( $\text{W m}^{-2}$ )
- $G$ : Bodenwärmestrom ( $\text{W m}^{-2}$ )

# Widerstandsparametrisierung

- Austausch fühlbare Wärme:  
 $r_a$ : aerodynamischer Widerstand  
(Monin-Obukhov)
- Austausch latenter Wärme:
- $r_a$ : aerodynamischer Widerstand
- $r_c$ : Vegetationswiderstand
- $r_s$ : Widerstand ohne Vegetation



# Berechnung der Flüsse

$$\begin{aligned}
 C_0 \frac{dT_0}{dt} &= R_n - H - LE - G \\
 &= R_n + \rho c_p \frac{1}{r_a} (\theta_1 - \theta_0) + \rho l_v \frac{1}{r_a + r_s} (q_{v,1} - q_{v,\text{sat}}(T_0)) - \Lambda(T_0 - T_{\text{soil},1})
 \end{aligned}$$

- Parametrisierung
- Bodenmodell
- Atmosphärenmodell
- Strahlungsmodell

## Wärmekapazität der Oberfläche

- Vegetation (*skin layer*):
  - $C_0 = 0$  (*skin layer* hat keine Wärmekapazität!)
- Vegetationsloser Boden (keine *skin layer*):
  - $C_0 \neq 0$ : Wärmekapazität der obersten  $\frac{1}{4}$  Bodenschicht
- Straßenkörper (keine *skin layer*):
  - $C_0 \neq 0$  : Wärmekapazität der obersten  $\frac{1}{4}$  Schicht
- Wasser:
  - $C_0 = 0$  (Oberflächentemperatur = Wassertemperatur)



# Wärmeleitfähigkeit in den Boden

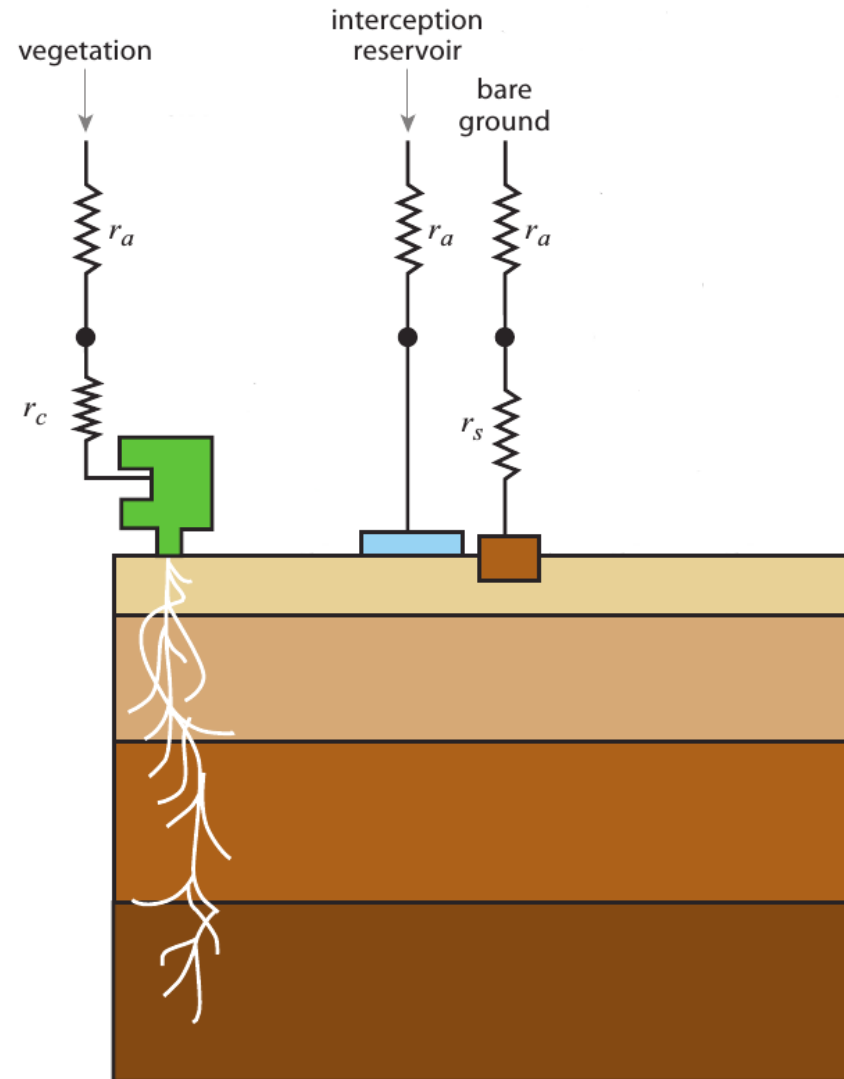
- Vegetation (*skin layer*):
 

$$\Lambda = \frac{\Lambda_{\text{skin}} \Lambda_{\text{soil}}}{\Lambda_{\text{skin}} + \Lambda_{\text{soil}}}$$

    -
  - Vegetationsloser Boden (keine *skin layer*):  $\Lambda = \Lambda_{\text{soil}}$
  - Straßenkörper (keine *skin layer*):  $\Lambda = \Lambda_{\text{pave}}$
  - Wasser:  $\Lambda = 10^{10}$
- 
- $\Lambda_{\text{soil}} = \lambda / (0.5 \text{ dz})$  : Heat conductivity of the upper 1/2 soil layer (W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>)
  - $\Lambda_{\text{pave}} = \lambda / (0.5 \text{ dz})$  : Heat conductivity of the upper 1/2 pavement layer (W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>)

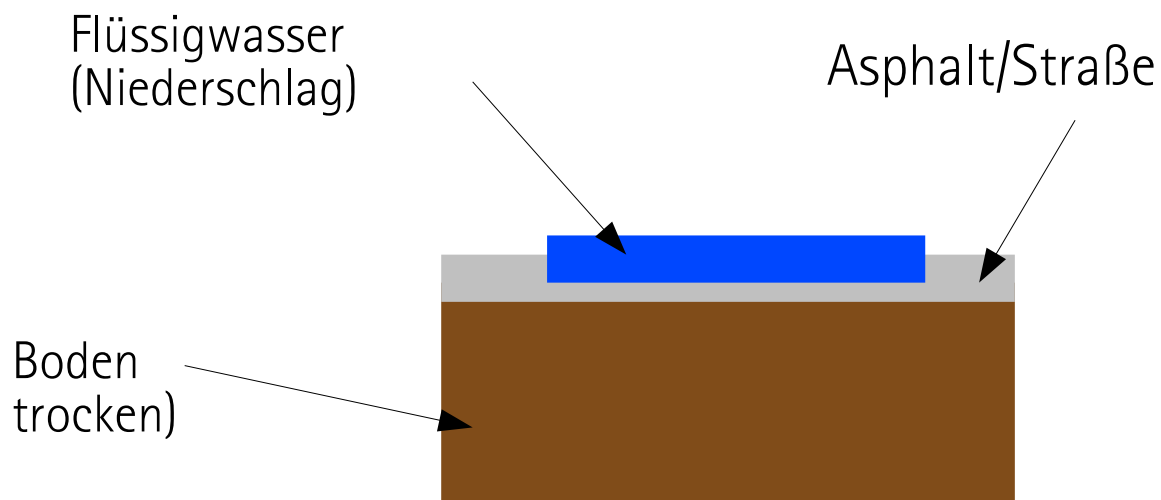
# Bodenmodell

- Mehrschichtmodell (8 Schichten)
- Keine Eisphase
  - Kein Schnee
  - Kein Gefrorenes Wasser
- Vertikaltransport Wärme und Wasser
- Wasseraufnahme durch Wurzeln erfolgt bevorzugt in Schichten mit hoher Feuchte



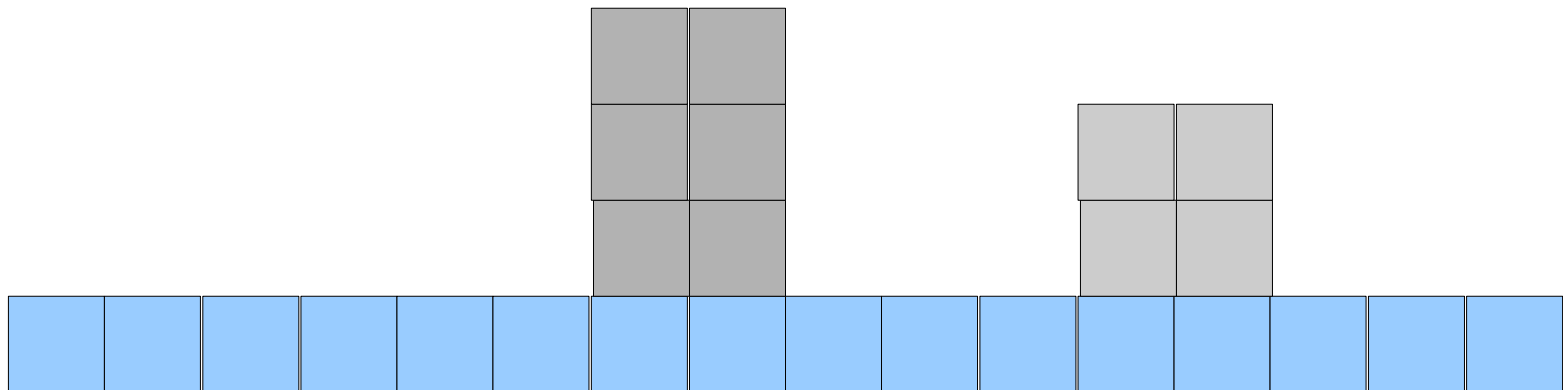
## Spezialbehandlung von Straßenkörpern

- Versiegelt (kein Transport von Wasser)
- Trockener Boden
- Wärmeleitung zwischen Straßenkörper und Erdboden wird berechnet
- „Interzeption“ von Niederschlagswasser möglich
- Anzahl Schichten im Boden variable



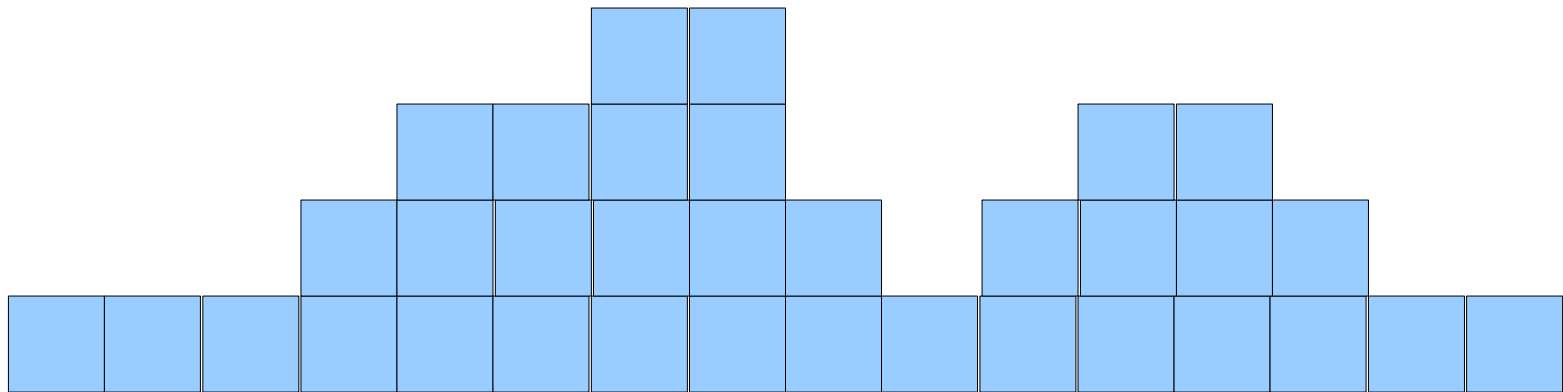
# Parametrisierung von Gebäudewänden und Dächern

- Unterschiede zu Landoberflächenmodell:
  - *Tile approach*: Anteile opake Wände, Fenster, Grünanteil
  - Aerodynamischer Widerstand an vertikalen Wänden nach Krayenhoff & Voogt (2006)
  - Kopplung and Wandmodell (analog zu Bodenmodell)
  - Kopplung and Innenraummodell (inaktiv)
  - Spezielle Strahlung notwendig (siehe Vortrag „Strahlung“) um Abschattung und Mehrfachreflexionen zwischen Gebäuden zu berücksichtigen



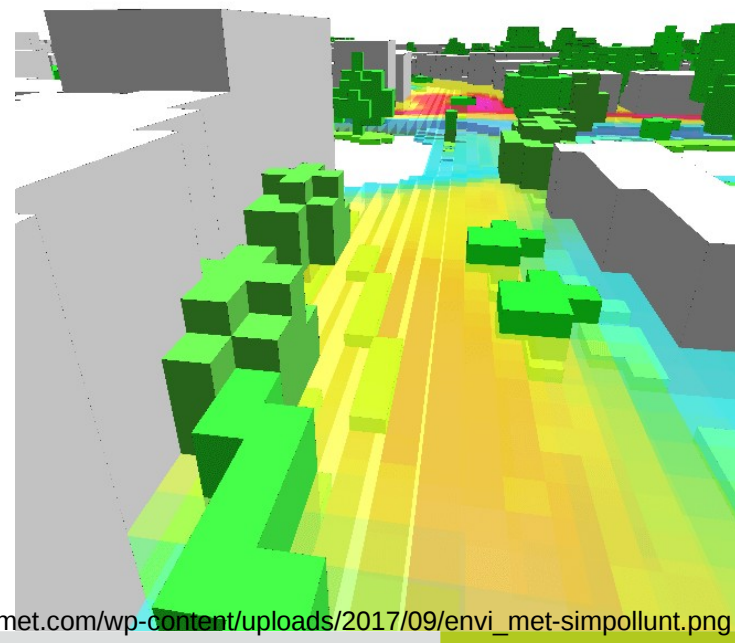
# Komplexes Gelände

- Kartesisches Gitter
- Landoberflächenmodel an horizontalen und vertikalen Flächen
- Abschattung etc. wird berücksichtigt



## 3D Vegetation

- „Große“ Vegetation (Bäume) wird durch 3D Blattflächendichte repräsentiert
- Impulssenke durch *drag force* Ansatz
- Abschattung und Absorption kurzwelliger Strahlung wird berücksichtigt
- Derzeit noch transparent im langwelligen Bereich
- Derzeit noch keine Transpiration und Kopplung an Bodenmodell

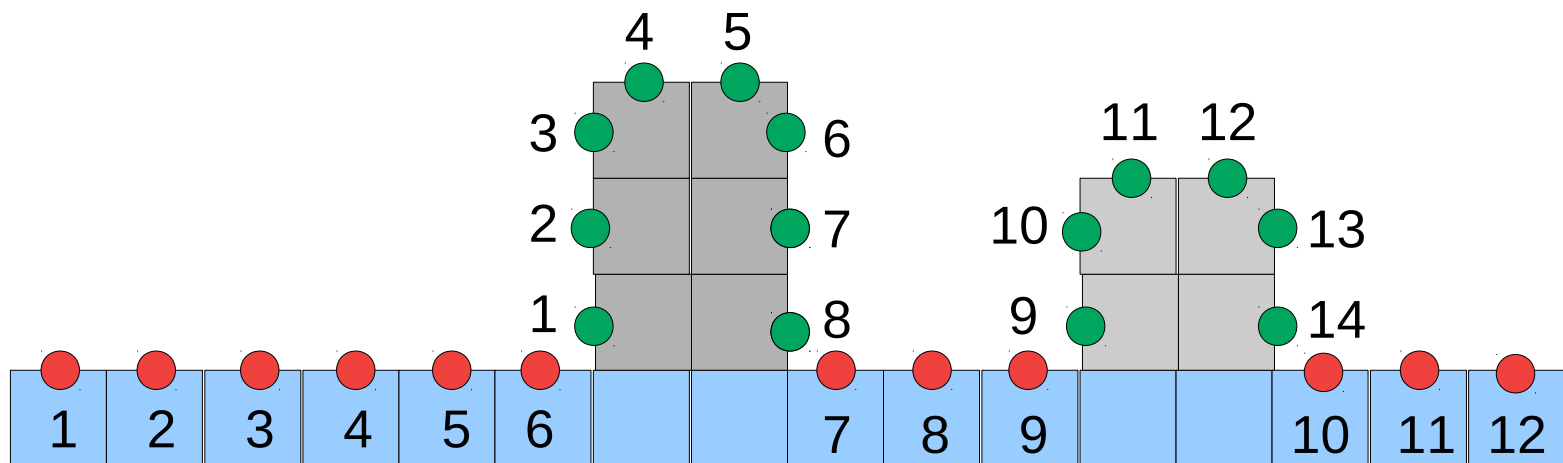


## Programmcode: die Module USM und LSM

- Die wichtigsten Routinen:
  - `surface_mod.f90`:  
Definition von Variablen und Initialisierung
  - `land_surface_model_mod.f90`:  
Vegetation, Bodenmodell, Straßenkörper
  - `urban_surface_mod.f90`:  
Vertikale Wände und Dächer
  - `radiation_model_mod.f90`:  
Strahlungstransfer, Strahlung für 3D Vegetation
  - `plant_canopy_model_mod.f90`:  
Aerodynamik von 3D Vegetation

## Programmcode: die Oberflächenstruktur

- Jedes Oberflächenelement wird in 1D Feld abgespeichert und identisch unabhängig von Landoberflächen- oder Gebäudeoberflächenmodell behandelt.
  - Gebäudeoberfläche #1-14
  - Landoberfläche #1-12





## Eingangsdaten und Eingabeparameter

- Fortran NAMELIST (&ism\_par, &turban\_surface\_par)
- Alternativ / besser: PALM Input Data Standard (PIDS, v1.7)
- *Static driver*:
  - Beschreibt alle möglichen Oberflächenparameter (Geländehöhe, Gebäudehöhe, Vegetationsparameter, etc.)
  - Bis zu 3 LODs, z.B.:
    - **LOD1**: building\_type (y,x)  
Alle Parameter identisch für Pixel (y,x)
    - **LOD2**: building\_pars (46,y,x)  
Einzelne Parameter können für jedes Pixel (y,x) überschrieben werden
    - **LOD3**: building\_surface\_pars (26,1:ns)  
Jeder Parameter kann für jedes Oberflächenelement im Raum überschrieben werden

# Eingabeparameter für natürliche Oberflächen

- LOD1: vegetation\_type
- Klassifikation nach Landbedeckung (18 Klassen)
- 12 Parameter werden automatisch gesetzt

vegetation_type	Description
0	user defined
1	bare soil
2	crops, mixed farming
3	short grass
4	evergreen needleleaf trees
5	deciduous needleleaf trees
6	evergreen broadleaf trees
7	deciduous broadleaf trees
8	tall grass
9	desert
10	tundra
11	irrigated crops
12	semidesert
13*	ice caps and glaciers
14	bogs and marshes
15	evergreen shrubs
16	deciduous shrubs
17	mixed forest/woodland
18	interrupted forest

vegetation_type	r_c_min (s/m)	LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	c_veg	gD (1/hPa)	z0_vegetation (m)	z0h_vegetation	lambda_s (W/m <sup>2</sup> /K)	lambda_u (W/m <sup>2</sup> /K)	f_sw_in	c_surface	albedo_type	emissivity
1	180.0	3.00	1.00	0.00	0.005	0.5E-4	10.0	10.0	0.05	0.0	0	0.94
2	180.0	3.00	1.00	0.00	0.10	0.0001	10.0	10.0	0.05	0.0	2	0.95
3	110.0	2.00	1.00	0.00	0.03	0.30E-4	10.0	10.0	0.05	0.0	2	0.95
4	500.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	5	0.97
5	500.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	6	0.97
6	175.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	8	0.97
7	240.0	6.00	0.99	0.13	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	9	0.97
8	100.0	2.00	0.70	0.00	0.47	0.47E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	8	0.97
9	250.0	0.05	0.00	0.00	0.013	0.013E-2	15.0	15.0	0.00	0.0	3	0.94
10	80.0	1.00	0.50	0.00	0.034	0.034E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	11	0.97
11	180.0	3.00	1.00	0.00	0.5	0.50E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	13	0.97
12	150.0	0.50	0.10	0.00	0.17	0.17E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	2	0.97
13*	0.0	0.00	0.00	0.00	1.3E-3	1.3E-4	58.0	58.0	0.00	0.0	11	0.97
14	240.0	4.00	0.60	0.00	0.83	0.83E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	4	0.97
15	225.0	3.00	0.50	0.00	0.10	0.10E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	4	0.97
16	225.0	1.50	0.50	0.00	0.25	0.25E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	4	0.97
17	250.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00E-2	20.0	15.0	0.03	0.0	7	0.97
18	175.0	2.50	1.00	0.03	1.10	1.10E-2	20.0	15.0	0.03	0.0	8	0.97

# Eingabeparameter für natürliche Oberflächen

- LOD2: vegetation\_pars (0:11,y,x)
- 12 Parameter die einzeln überschrieben werden können

vegetation_type	r_c_min (s/m)	LAI (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	c_veg	gD (1/hPa)	z0_vegetation (m)	z0h_vegetation	lambda_s (W/m <sup>2</sup> /K)	lambda_u (W/m <sup>2</sup> /K)	f_sw_in	c_surface	albedo_type	emissivity
1	180.0	3.00	1.00	0.00	0.005	0.5E-4	10.0	10.0	0.05	0.0	0	0.94
2	180.0	3.00	1.00	0.00	0.10	0.0001	10.0	10.0	0.05	0.0	2	0.95
3	110.0	2.00	1.00	0.00	0.03	0.30E-4	10.0	10.0	0.05	0.0	2	0.95
4	500.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	5	0.97
5	500.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	6	0.97
6	175.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	8	0.97
7	240.0	6.00	0.99	0.13	2.00	2.00	20.0	15.0	0.03	0.0	9	0.97
8	100.0	2.00	0.70	0.00	0.47	0.47E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	8	0.97
9	250.0	0.05	0.00	0.00	0.013	0.013E-2	15.0	15.0	0.00	0.0	3	0.94
10	80.0	1.00	0.50	0.00	0.034	0.034E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	11	0.97
11	180.0	3.00	1.00	0.00	0.5	0.50E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	13	0.97
12	150.0	0.50	0.10	0.00	0.17	0.17E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	2	0.97
13*	0.0	0.00	0.00	0.00	1.3E-3	1.3E-4	58.0	58.0	0.00	0.0	11	0.97
14	240.0	4.00	0.60	0.00	0.83	0.83E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	4	0.97
15	225.0	3.00	0.50	0.00	0.10	0.10E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	4	0.97
16	225.0	1.50	0.50	0.00	0.25	0.25E-2	10.0	10.0	0.05	0.0	4	0.97
17	250.0	5.00	1.00	0.03	2.00	2.00E-2	20.0	15.0	0.03	0.0	7	0.97
18	175.0	2.50	1.00	0.03	1.10	1.10E-2	20.0	15.0	0.03	0.0	8	0.97

# Eingabeparameter für natürliche Oberflächen

- **LOD1:** soil\_type (y,x)
- Klassifikation nach Bodenart/Porosität (6 Klassen)
- 8 Parameter werden automatisch gesetzt

soil_type	Description
0	user defined
1	coarse
2	medium
3	medium-fine
4	fine
5	very fine
6	organic

soil_type	alpha_vg	l_vg	n_vg	gamma_w_sat (m/s)	m_sat (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	m_fc (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	m_wilt (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	m_res (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
1	3.83	1.150	1.38	6.94E-6	0.403	0.244	0.059	0.025
2	3.14	-2.342	1.28	1.16E-6	0.439	0.347	0.151	0.010
3	0.83	-0.588	1.25	0.26E-6	0.430	0.383	0.133	0.010
4	3.67	-1.977	1.10	2.87E-6	0.520	0.448	0.279	0.010
5	2.65	2.500	1.10	1.74E-6	0.614	0.541	0.335	0.010
6	1.30	0.400	1.20	1.20E-6	0.766	0.663	0.267	0.010

# Eingabeparameter für natürliche Oberflächen

- LOD2: soil\_pars (0:7,[z],y,x)
- 8 Parameter können einzeln überschrieben werden

soil_type	alpha vg	l vg	n vg	gamma w	sat (m/s)	m sat (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	m fc (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	m wilt (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	m res (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
1	3.83	1.150	1.38		6.94E-6	0.403	0.244	0.059	0.025
2	3.14	-2.342	1.28		1.16E-6	0.439	0.347	0.151	0.010
3	0.83	-0.588	1.25		0.26E-6	0.430	0.383	0.133	0.010
4	3.67	-1.977	1.10		2.87E-6	0.520	0.448	0.279	0.010
5	2.65	2.500	1.10		1.74E-6	0.614	0.541	0.335	0.010
6	1.30	0.400	1.20		1.20E-6	0.766	0.663	0.267	0.010

# Eingabeparameter für Wasserflächen

- LOD1: **water\_type** (y,x)
- 5 verschiedene Wasserkörper
- 7 Parameter werden automatisch gesetzt
- **ACHTUNG: in Bearbeitung**

water_type	description	default albedo_type
0	user-defined water body according to <i>water_pars</i>	1
1	lake	1
2	river	1
3	ocean	1
4	pond	1
5	fountain	1

# Eingabeparameter für Wasserflächen

- LOD2: `water_pars (0:6,y,x)`
- 7 Parameter können einzeln überschrieben werden
- **ACHTUNG: in Bearbeitung**

nwater_pars	description
0	water temperature (fixed) (K)
1	roughness length for momentum (Charnock parameterization is used if not set) (m)
2	roughness length for heat (Charnock parameterization is used if not set) (m)
3	heat conductivity between skin layer and water (stable conditions) (W/m <sup>2</sup> /K) (should not be changed)
4	heat conductivity between skin layer and water (unstable conditions) (W/m <sup>2</sup> /K) (should not be changed)
5	albedo type
6	emissivity (0-1)

# Eingangsdaten für Straßenkörper

- LOD1: **pavement\_type** (y,x)
- 16 verschiedene Oberflächen
- 6 Parameter werden automatisch gesetzt
- **ACHTUNG: in Bearbeitung**

pavement_type	description (to be continued)	albedo_type
0	user-defined pavement according to <b>pavement_pars</b>	0
1	unknown pavement (asphalt/concrete mixture)	18
2	asphalt (asphalt concrete)	19
3	concrete (Portland concrete)	20
4	sett	21
5	paving stones	22
6	cobblestone	23
7	metal	24
8	wood	25
9	gravel	26
10	fine gravel	27
11	pebblestone	28
12	woodchips	29
13	tartan (sports)	30
14	artificial turf (sports)	31
15	clay (sports)	32
16	building (dummy)	33



# Eingangsdaten für Straßenkörper

- LOD2: `pavement_surface_pars (0:3,y,x)`
- LOD2: `pavement_subsurface_pars (0:1,y,x)`
- 6 Parameter können einzeln überschrieben werden

<code>npavement_subsurface_pars</code>	description
0	thermal conductivity (W/m/K) of the layer
1	volumetric heat capacity (J/m <sup>3</sup> /K) of the layer

<code>npavement_pars</code>	description
0	roughness length for momentum (m)
1	roughness length for heat (m)
2	albedo type
3	emissivity (0-1)

# Eingabeparameter für Gebäudeoberflächen

- LOD1: **building\_type** (y,x)
- 6 verschiedene Gebäudearten
- 46 Parameter werden automatisch gesetzt

building_type	description		
	name	type	age
0	user-defined type according to <b>building_pars</b>		
1	R1	residential	- 1950
2	R2	residential	1951 - 2000
3	R3	residential	2001 -
4	O1	office	- 1950
5	O2	office	1951 - 2000
6	O3	office	2001 -

# Eingabeparameter für Gebäudeoberflächen

- LOD2:  
**building\_pars (0:46,y,x)**
- 47 Parameter

15	emissivity of green fraction (0-1)
16	emissivity of window fraction (0-1)
17	transmissivity of window fraction (0-1)
18	roughness length for momentum (m)
19	roughness length for heat (m)
20	ground floor height (m)
21	ground floor wall fraction (0-1)

nbuilding_pars	description
0	wall fraction (0-1)
1	window fraction (0-1)
2	green fraction on wall (0-1)
3	green fraction on roof (0-1)
4	leaf area index of green fraction (roof)
5	leaf area index of green fraction (wall)
6	heat capacity of wall layer 1
7	heat capacity of wall layer 2
8	heat capacity of wall layer 3
9	thermal conductivity of wall layer 1
10	thermal conductivity of wall layer 2
11	thermal conductivity of wall layer 3
12	indoor target summer temperature (K)
13	indoor target winter temperature (K)
14	emissivity of wall fraction (0-1)

22	ground floor window fraction (0-1)
23	ground floor green fraction on wall (0-1)
24	ground floor green fraction on roof (0-1)
25	ground floor leaf area Index of green fraction (wall)
26	ground floor heat capacity of wall layer 1
27	ground floor heat capacity of wall layer 2
28	ground floor heat capacity of wall layer 3
29	ground floor thermal conductivity of wall layer 1
30	ground floor thermal conductivity of wall layer 2
31	ground floor thermal conductivity of wall layer 3
32	ground floor emissivity of wall fraction (0-1)
33	ground floor emissivity of green fraction (0-1)
34	ground floor emissivity of window fraction (0-1)

37	ground floor roughness length for heat (m)
38	albedo_type of wall fraction
39	albedo_type of green fraction
40	albedo_type of window fraction
41	wall thickness of layer 1 (m)
42	wall thickness of layer 2 (m)
43	wall thickness of layer 3 (m)
44	wall thickness of layer 4 (m)
45	surface conductivity (will be removed in future version)
46	surface heat capacity (will be removed in future version)

# Eingabeparameter für Gebäudeoberflächen

- LOD3:  
**building\_surface\_pars (0:26,1:ns)**
- 27 Parameter können für jedes  
Oberflächenelement gesetzt werden

23	Longwave albedo of window fraction
24	Shortwave albedo of window fraction
24	Broadband albedo of green fraction
25	Longwave albedo of green fraction
26	Shortwave albedo of green fraction

nbuilding_surface_pars	description
0	wall fraction (0-1)
1	window fraction (0-1)
2	green fraction on wall (0-1)
3	green fraction on roof (0-1)
4	leaf area Index of green fraction
5	heat capacity of wall layer 1
6	heat capacity of wall layer 2
7	heat capacity of wall layer 3
8	thermal conductivity of wall layer 1
9	thermal conductivity of wall layer 2
10	thermal conductivity of wall layer 3
11	Indoor target summer temperature
12	Indoor target winter temperature
13	emissivity of wall fraction (0-1)
14	emissivity of green fraction (0-1)
15	emissivity of window fraction (0-1)
16	transmissivity of window fraction (0-1)
17	roughness length for momentum (m)
18	roughness length for heat (m)
19	Broadband albedo of wall fraction
20	Longwave albedo of wall fraction
21	Shortwave albedo of wall fraction
22	Broadband albedo of window fraction

## Zusammenfassung Eingabedaten

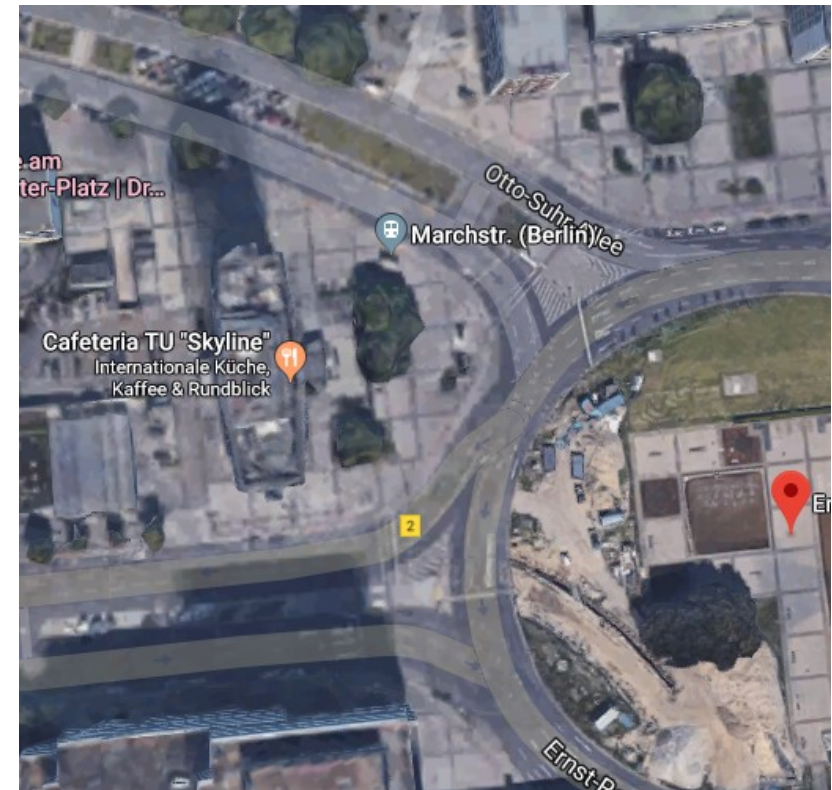
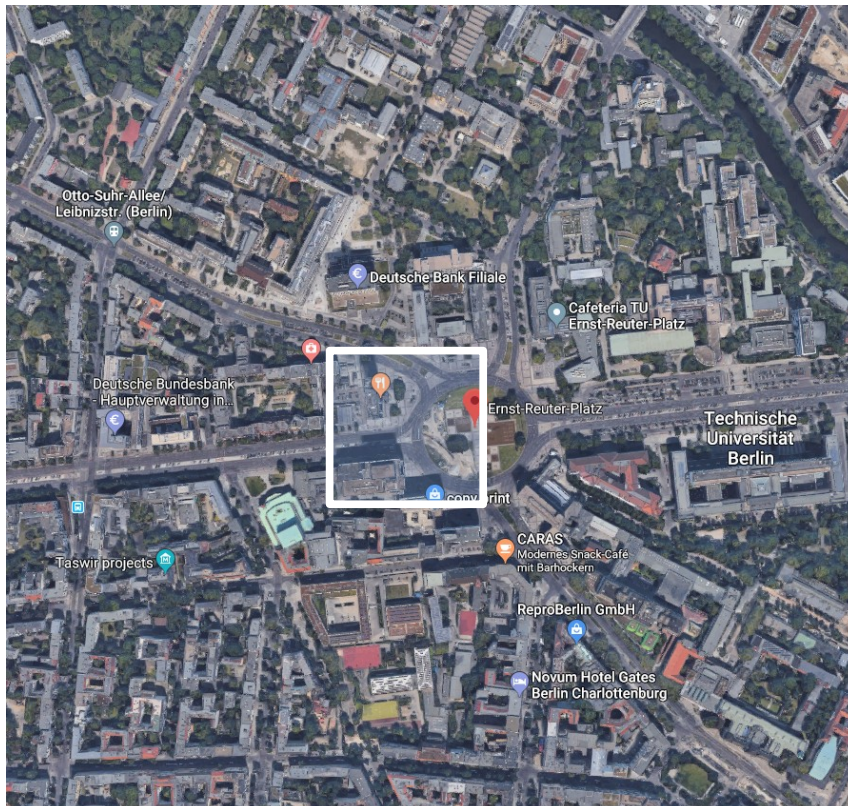
- LOD0: Fortran NAMELISTs: homogene Verteilung (default)  
 &lsmpar, siehe  
<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/app/lsmpr>
- &turban\_surface\_par, noch nicht dokumentiert

## Zusammenfassung Eingabedaten

- LOD0: Fortran NAMELIST: homogene Verteilung (default)
- Kann (selektiv) überschrieben werden mit steigendem LOD:
  - LOD1: **\*\*\*\_type (y,x)**
  - LOD2: **\*\*\*\_pars (p,y,x)**  
und ggfs.
  - LOD3: **building\_surface\_pars(p,1:ns)**
- Weitere Eingangsparameter (z.B. 3D Vegetation) werden im PIDS ausführlich erklärt
- Wie können *static driver* generiert werden?
  - Aktuell: per Hand aus verfügbaren NetCDF Rohdaten (Rohdaten für Berlin und NCL Skript sind auf SFTP verfügbar)
  - Zukunft: GUI

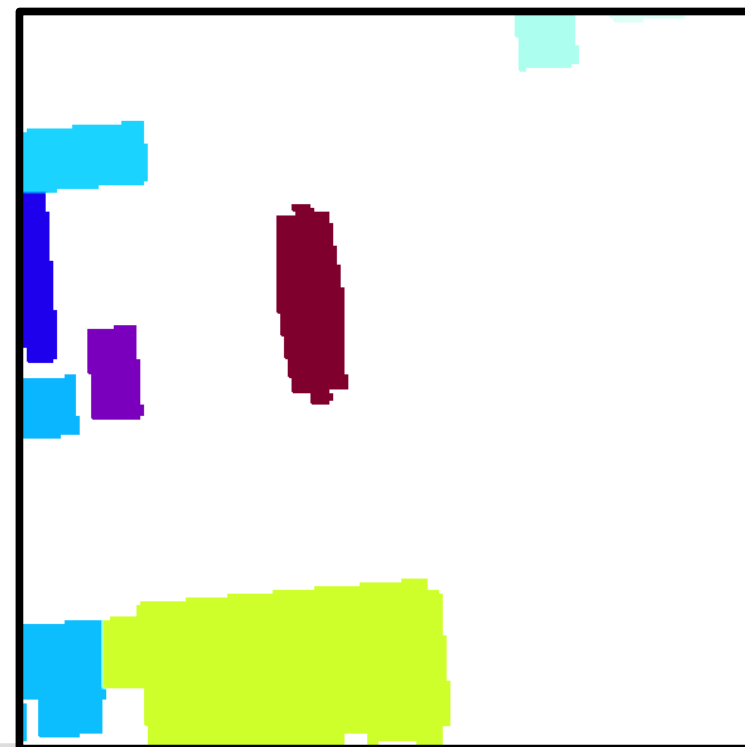
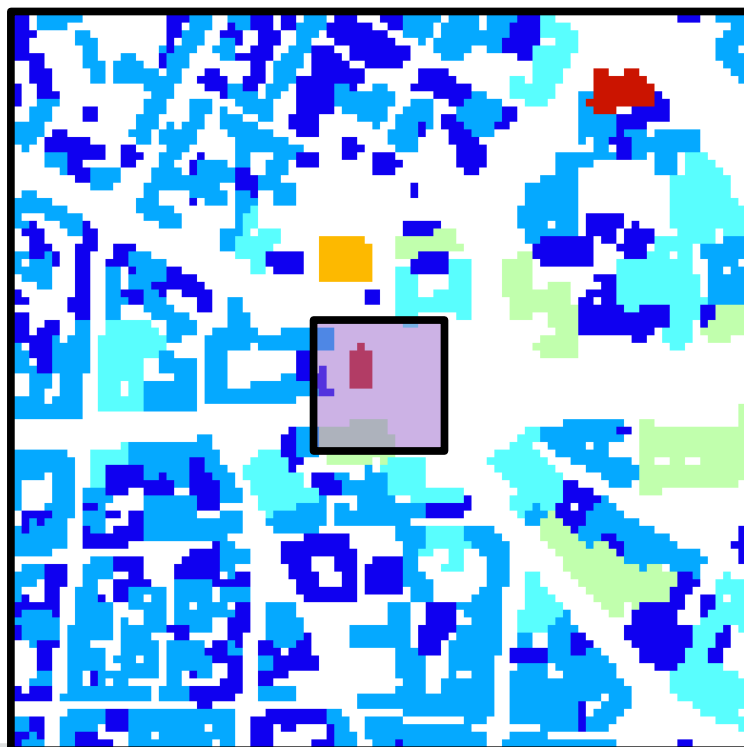
# Anwendungsbeispiel: Berlin Ernst-Reuter Platz

- Gesamtberlin → Ernst-Reuter-Platz (1 km<sup>2</sup> @ 1 m)



## Anwendungsbeispiel: Berlin Ernst-Reuter Platz

- test\_berlin\_static.nc (10 m)
- test\_berlin\_static\_NO2.nc (1 m)
- 23h Simulation, Darstellung: Oberflächentemperatur





# Spinup-Mechanismus

- Ermöglicht Vorlauf um stationären Zustand der Materialtemperaturen zu erreichen
- Aktive Komponenten:
  - Strahlungstransfer
  - Landoberflächenmodell
  - Gebäudeoberflächenmodell
- Antrieb:
  - Anfangswindfeld
  - Parametrisierter Tagesgang der oberflächennahen Temperatur (basierend auf orbitalen Parametern und Nutzereinstellung)



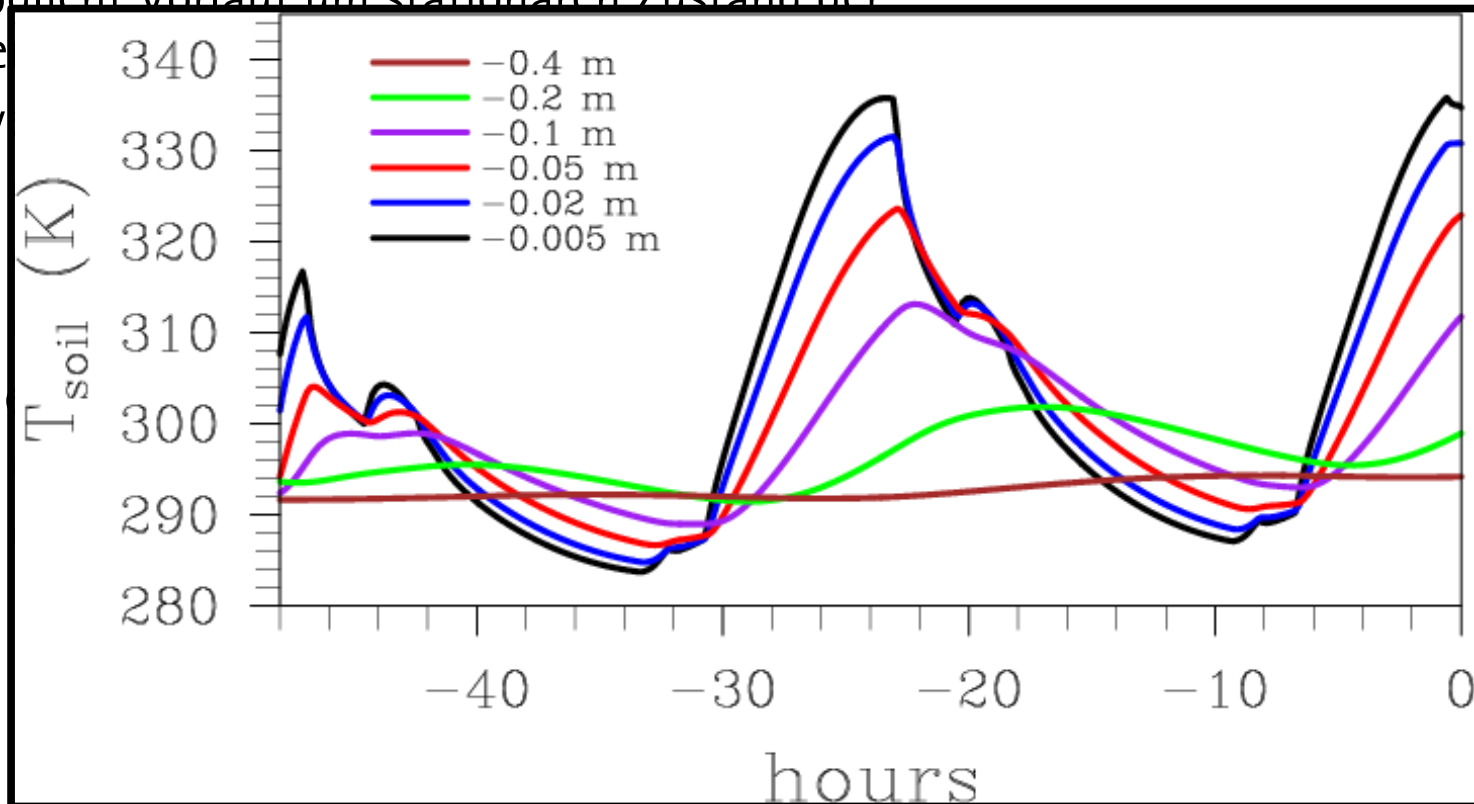
# Spinup-Mechanismus

- Ermöglicht Vorlauf um stationären Zustand der Materialtemperaturen zu erreichen
- Aktive Komponenten:
  - Strahlungstransfer
  - Landoberflächenmodell
  - Gebäudeoberflächenmodell
- Antrieb:
  - Anfangswindfeld
  - Parametrisierter Tagesgang der oberflächennahen Temperatur (basierend auf orbitalen Parametern und Nutzereinstellung)



# Spinup-Mechanismus

- Ermöglicht Vorlauf um stationären Zustand der
- Materie
- Aktiv
- Antriebs



(Wurzelsystem)

# Spinup-Mechanismus

- Ermöglicht Vorlauf um stationären Zustand der Materialtemperaturen zu erreichen
- Aktive Komponenten:
  - Strahlungstransfer
  - Landoberflächenmodell
  - Gebäudeoberflächenmodell
- Antrieb:
  - Anfangswindfeld
  - Parametrisierter Tagesgang der oberflächennahen Temperatur (basierend auf orbitalen Parametern und Nutzereinstellung)



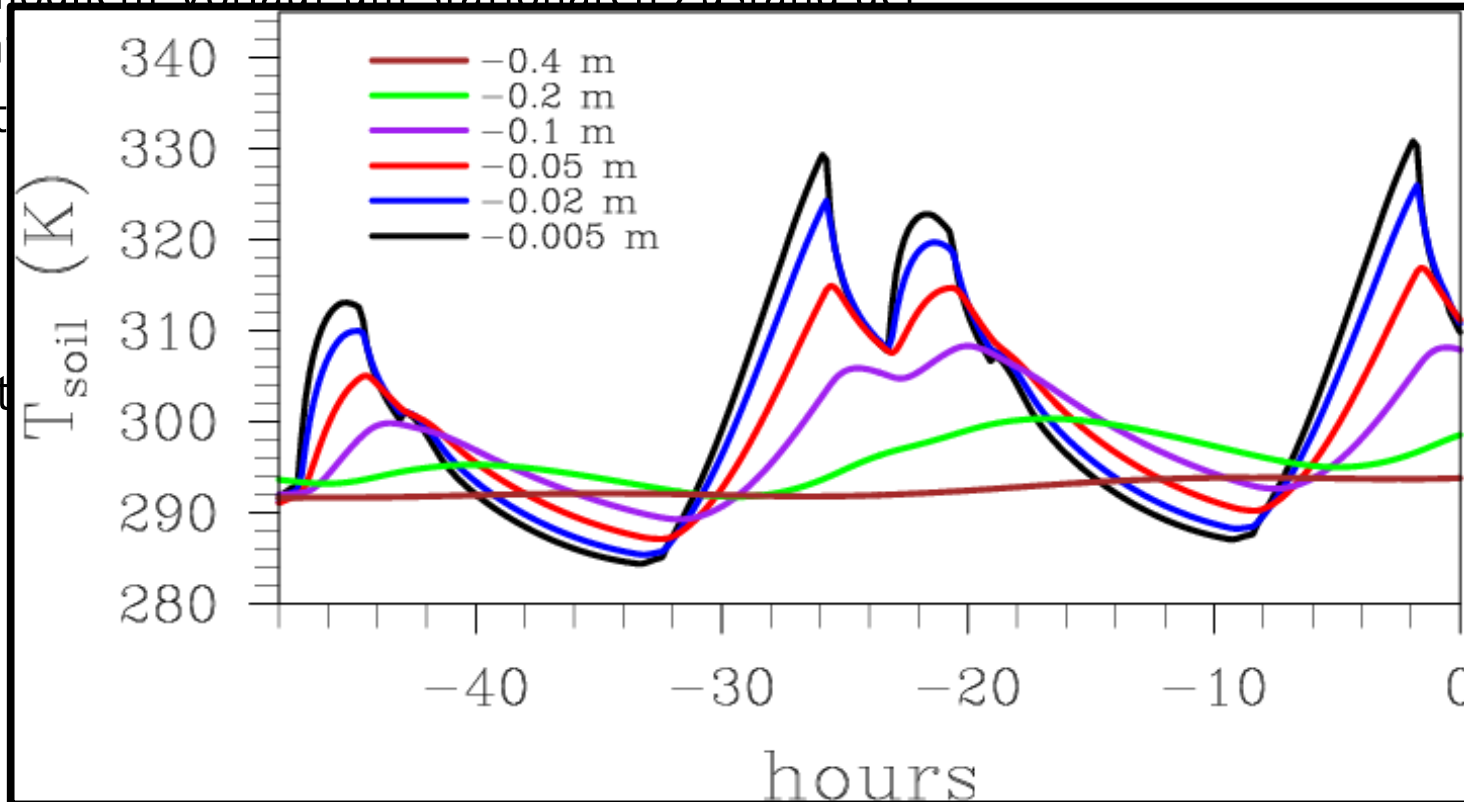
# Spinup-Mechanismus

- Ermöglicht Vorlauf um stationären Zustand der

Ma

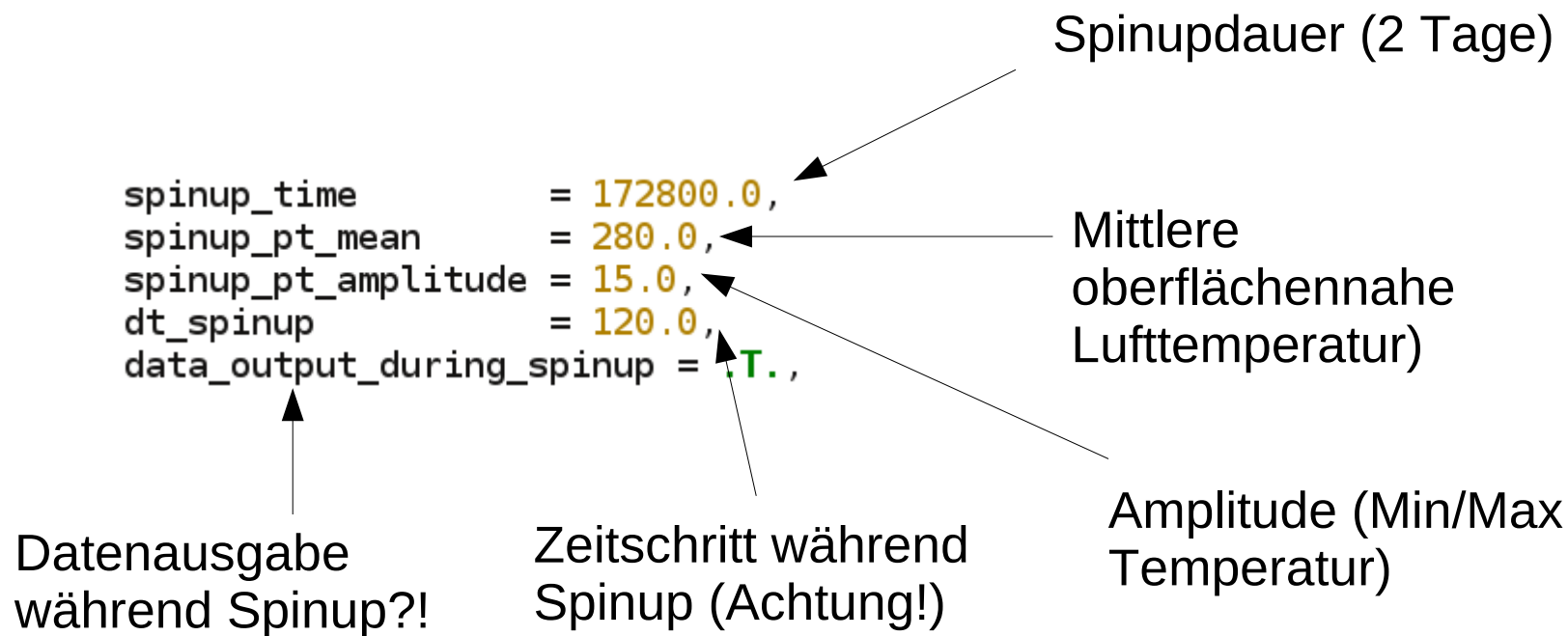
- Akt

Ant



# Spinup-Mechanismus

- Konfiguration via Fortran NAMELIST &inipar:



- Modellzeit beginnt mit negativen Werten (hier:  $t = -172800.0$  s). Atmosphärenmodell wird bei  $t = 0$  zugeschaltet.

## Ausblick

- Modellteile in Entwicklung:
  - Erweiterung Gebäudeklassen
  - Parameterlisten für `water_***` und `pavement_***`
  - Transpiration von Fassaden- und Dachbegrünung
  - Einlesen von `building_surface_pars`
  - Transpiration 3D Vegetation
  
- Debugging:
  - Fortsetzungsläufe mit Spinup Mechanismus (Datenausgabe)
  
- Generierung von PIDS kompatiblen Eingangsdaten:
  - In Zukunft vereinfacht per GUI