



Atlas der Bewässerung

ober- und unterirdische Tropfer

Die Ausbreitung des Wassers im Boden beim Einzeltropfer

Bewässerungsatlas (Tropfbewässerung)

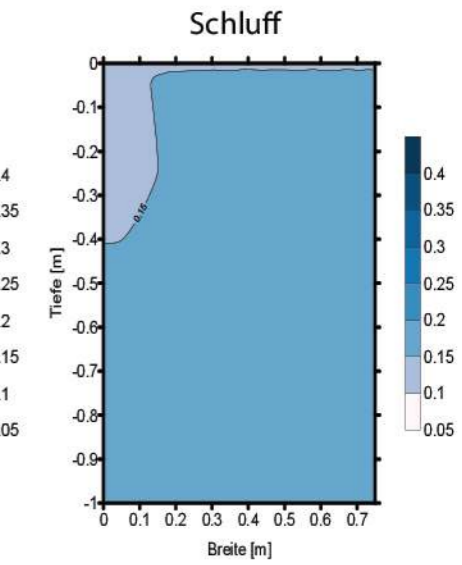
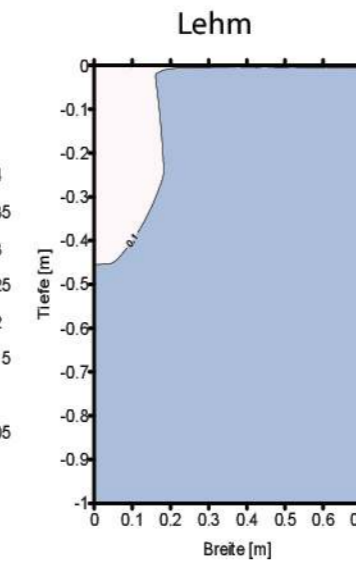
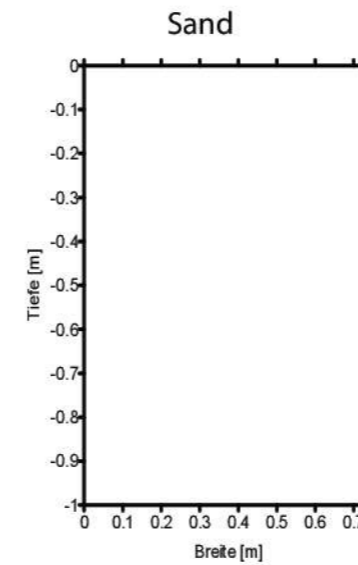
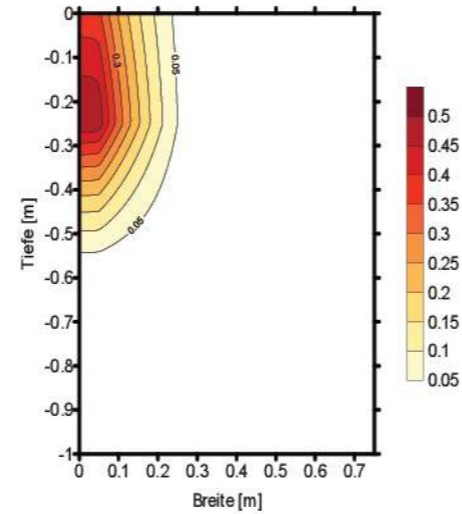
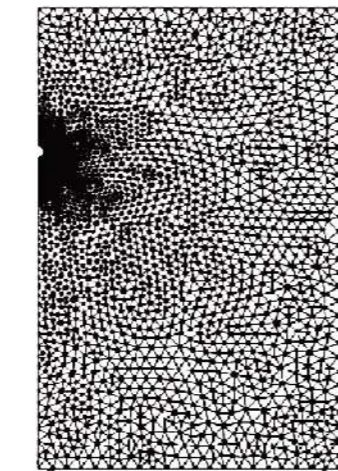
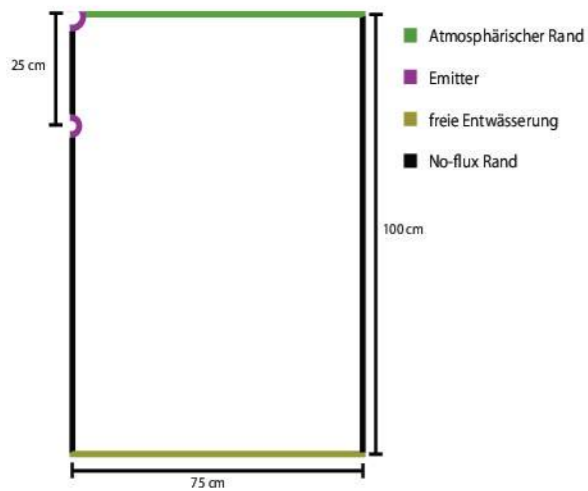


Abb. 1: Konzeptioneller Aufbau des Modells

Abb. 2: Berechnungsnetz

Abb. 3: Wurzelwasserentzugs-Funktion

Abb. 4: Anfangszustand nach 24 h (48 h) Evaporation und Wurzelwasserentzug

Der Bewässerungsatlas (Tropfbewässerung) zeigt die Auswirkungen unterschiedlicher Bewässerungsvarianten auf die Bodenfeuchteverteilung an drei verschiedenen Standorten am Beispiel von Mais an einem Sommertag in Deutschland.

Konzeptioneller Aufbau. Für die Szenarien wurde ein rechteckiges (75 cm x 100 cm) zweidimensionales Bodenkompartment generiert (siehe Abb. 1), bei dem lediglich ein Emitter als Punktquelle für die Wasserversorgung berücksichtigt wurde.

Bodeneigenschaften. Verwendete Böden: Sand, Lehm und Schluff, die der ROSETTA-Datenbank (Schaap, 2001) entnommen wurden (vgl. Tab. 1). Aufgrund der signifikanten Unterschiede in der hydraulischen Leitfähigkeit und der Speicherkapazität deckt diese Auswahl ein breites Spektrum an auftretenden Phänomenen ab.

Wurzelwasserentzug. Die max. Wurzeltiefe beträgt 60 cm und der maximale Wurzelradius 30 cm. In diesem Bereich variiert die Entzugsrate (siehe Abb. 3). Den Verlauf der Wasserstressfunktion nach Feddes kann der Abbildung 5 entnommen werden. Die verwendeten Parameter finden sich bei Wesseling (1991).

Anfangszustände. Die Anfangsbedingungen sind entweder feucht (bei Sand nahe, bei Lehm und Schluff 80% der Feldkapazität), trocken (Startwert -800 cm Druckhöhe) oder sind durch 24 Stunden Evapotranspiration beeinflusst (siehe Abb. 4).

Randbedingungen. An der oberen Randbedingung wird eine Verdunstungsrate von 1 mm/d angenommen. Am unteren Rand wird ein freier Ausfluss angenommen, d.h. es handelt sich um einen grundwasserfernen Standort. Der Wurzelwasserentzug zum Zwecke der Transpiration (6 mm/d) erfolgt über innere Senken im Bereich des Wurzelraumes (siehe Abb. 3).

Tropfervarianten. Die Bewässerungsrate ist gestaffelt in 2 l/h, 4 l/h bis 8 l/h mit jeweils einer Bewässerungsdauer von 2 und 5 Stunden. So wird ein Spektrum an zugeführten Wassermengen von 4 mm bis 40 mm abgedeckt.

Bewässerungsmethoden. Das Design der Bewässerungsanlage wird in oberirdische und unterirdische Wasserversorgung unterschieden (Abb. 1).

Die möglichen Kombinationen sind in der Variantentabelle (Tab. 2) zusammengefasst.

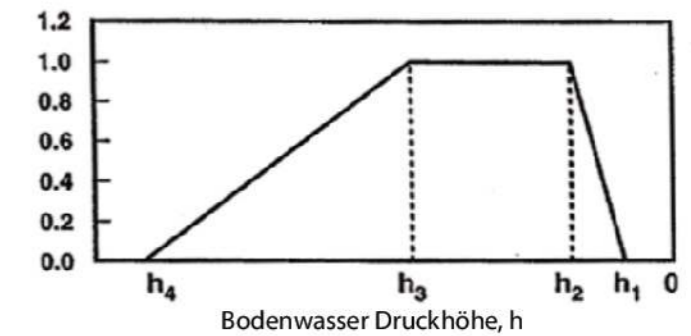


Abb. 5: Wasserstressfunktion nach Feddes

Tab. 1: Parameter des van Genuchten-Modells für Sand, Lehm und Schluff

	θ_r [-]	θ_s [-]	α [1/cm]	n [-]	K_s [cm/d]	l [-]
Sand	0,045	0,43	0,145	2,68	712,8	0,5
Lehm	0,078	0,43	0,036	1,56	24,96	0,5
Schluff	0,034	0,46	0,016	1,37	6	0,5

Tab. 2: Varianten

Bewässerungsmethode	Bodenart	Bewässerungsereignis	Anfangszustand
oberirdisch	Lehm	4 mm 8 mm 10 mm 16 mm 20 mm 40 mm	feucht
	Sand Schluff		trocken (homogen)
unterirdisch	Lehm	24h (48h) ohne	trocken (Wurzelraum)
	Sand Schluff	24h (48h) mit	

Literatur:

M. Sejna, J. Simunek, and M. Th. van Genuchten. The HYDRUS Software Package for Simulating the Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media (2011)

R. A. Feddes, P. J. Kowalik, and H. Zaradny. Simulation of Field Water Use and Crop Yield. John Wiley & Sons, New York, 1978.

J.G. Wesseling, J.A. Elbers, P. Kabat, and B.J. van den Broek. Swatre: Instructions for input. Internal Note, Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 1991.

Marcel G. Schaap, Feike J. Leij, and Martinus Th. van Genuchten. Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Journal of Hydrology, 251:163-176, 2001.

ohne -> ohne Evapotranspiration im Nachlauf
mit -> mit Einfluss von Evapotranspiration im Nachlauf

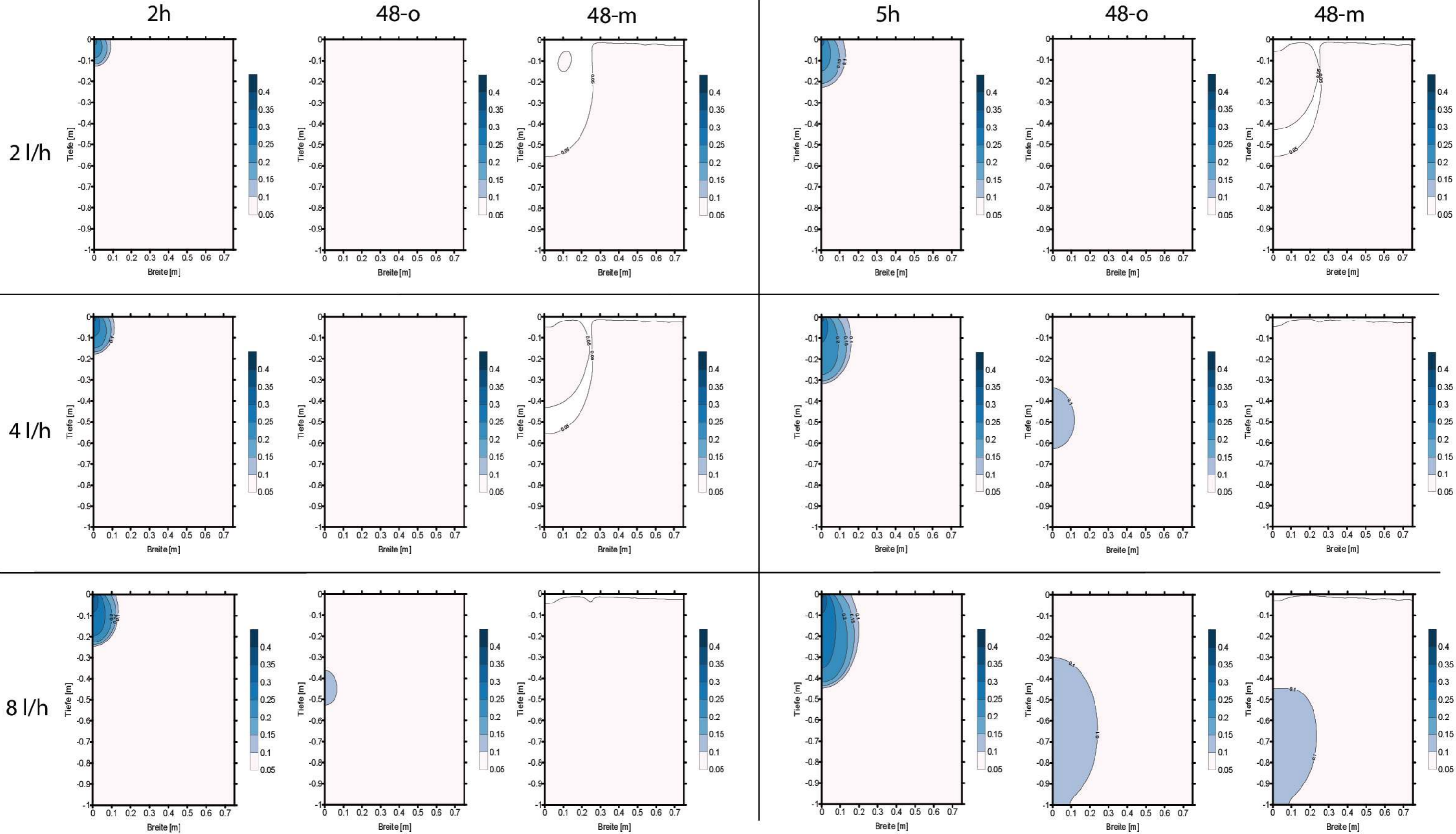
Sand

oberirdische Tropfer

oberirdische Bewässerung

Sand

feucht

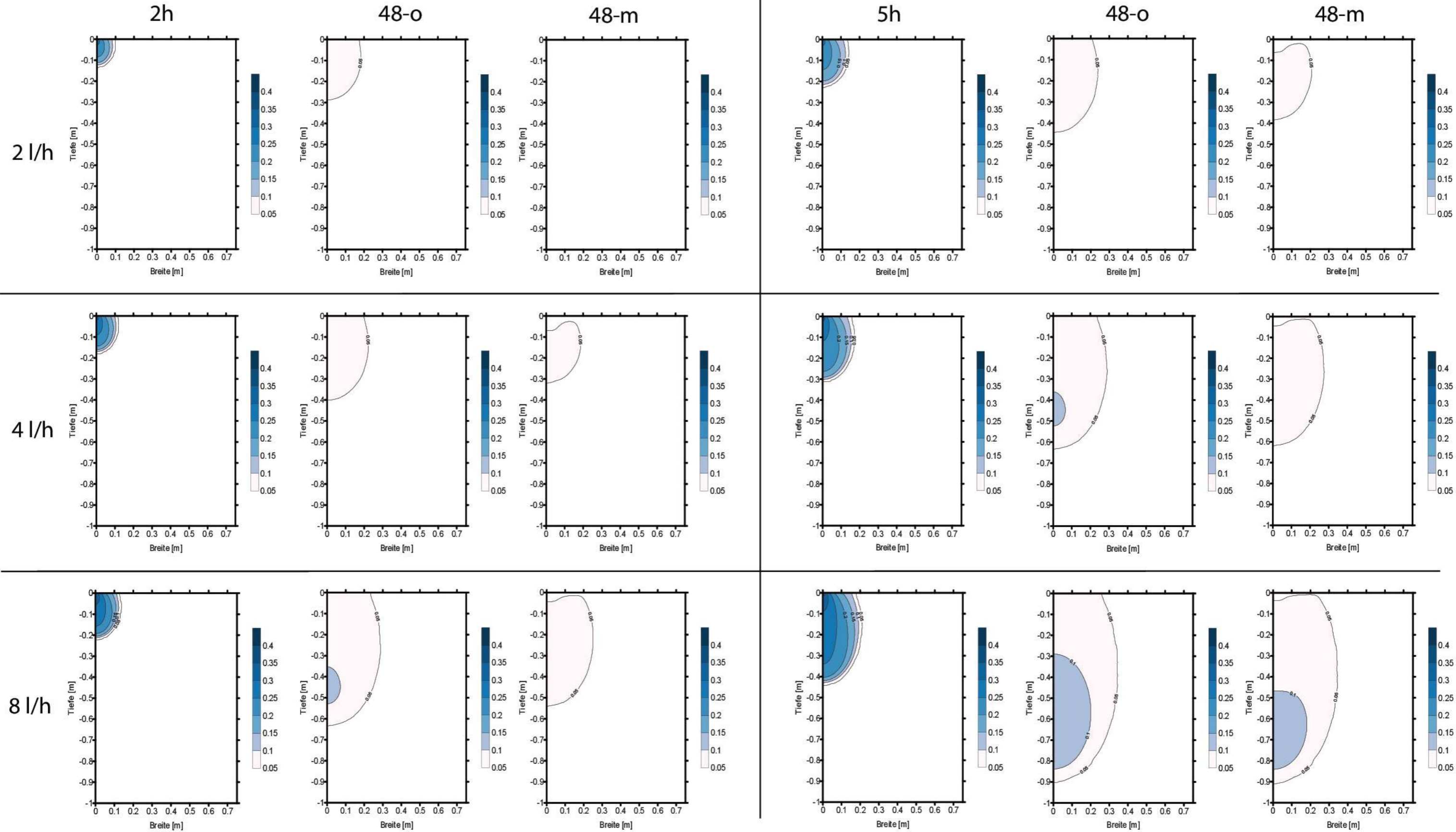


Anfangszustand:	Feuchte liegt bei Feldkapazität Saugspannung = -60 hPa	Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
		Bewässerungsmengen: 4 mm 10 mm 8 mm 20 mm 16 mm 40 mm	Perkolation Speicherung Evaporation Transpiration	- - 0,6 mm 3,4 mm	- - 0,7 mm 9,3 mm	- -2,0 mm 0,7 mm 9,3 mm	- 12,3 mm 0,8 mm 6,9 mm	- 7,6 mm 0,8 mm 7,6 mm

oberirdische Bewässerung

Sand

trocken (homogen)

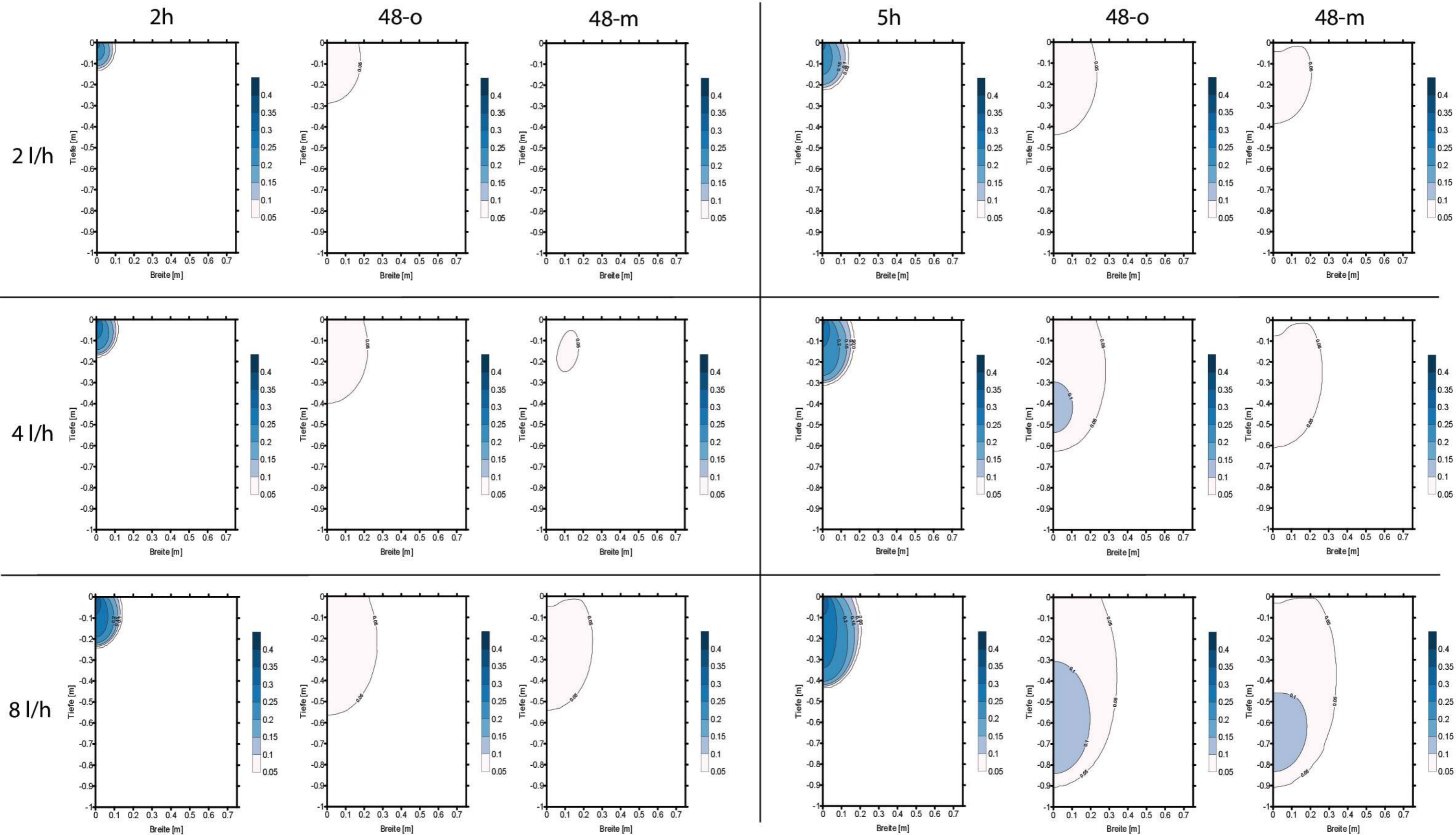


Anfangszustand:		Saugspannung im Boden liegt bei -800 hPa homogen		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
Bewässerungsmengen:		4 mm	10 mm	Perkolation	-	-	-	-	-	-
		8 mm	20 mm	Speicherung	-	3,0 mm	1,5 mm	12,9 mm	8,9 mm	33,7 mm
		16 mm	40 mm	Evaporation	0,2 mm	0,3 mm	0,3 mm	0,4 mm	0,3 mm	0,5 mm
				Transpiration	3,8 mm	6,7 mm	6,2 mm	6,7 mm	6,8 mm	5,8 mm

oberirdische Bewässerung

Sand

trocken (Wurzelraum)



Anfangszustand: Boden durch 24 Stunden WWE + Evaporation beeinflusst Startwert = -800 hPa		Variante	2l/h 2h		2l/h 5h		4l/h 2h		4l/h 5h		8l/h 2h		8l/h 5h	
			Perkolations- Speicherung	Evaporation	Transpiration	Perkolations- Speicherung	Evaporation	Transpiration	Perkolations- Speicherung	Evaporation	Transpiration	Perkolations- Speicherung	Evaporation	Transpiration
Bewässerungsmengen: 4 mm	10 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 mm	20 mm	0,2 mm	0,3 mm	3,4 mm	0,2 mm	12,0 mm	0,3 mm	8,9 mm	0,5 mm	33,8 mm	0,3 mm	0,5 mm	0,5 mm	
16 mm	40 mm	3,8 mm	6,3 mm	0,7 mm	7,1 mm	7,6 mm	6,8 mm	5,7 mm						

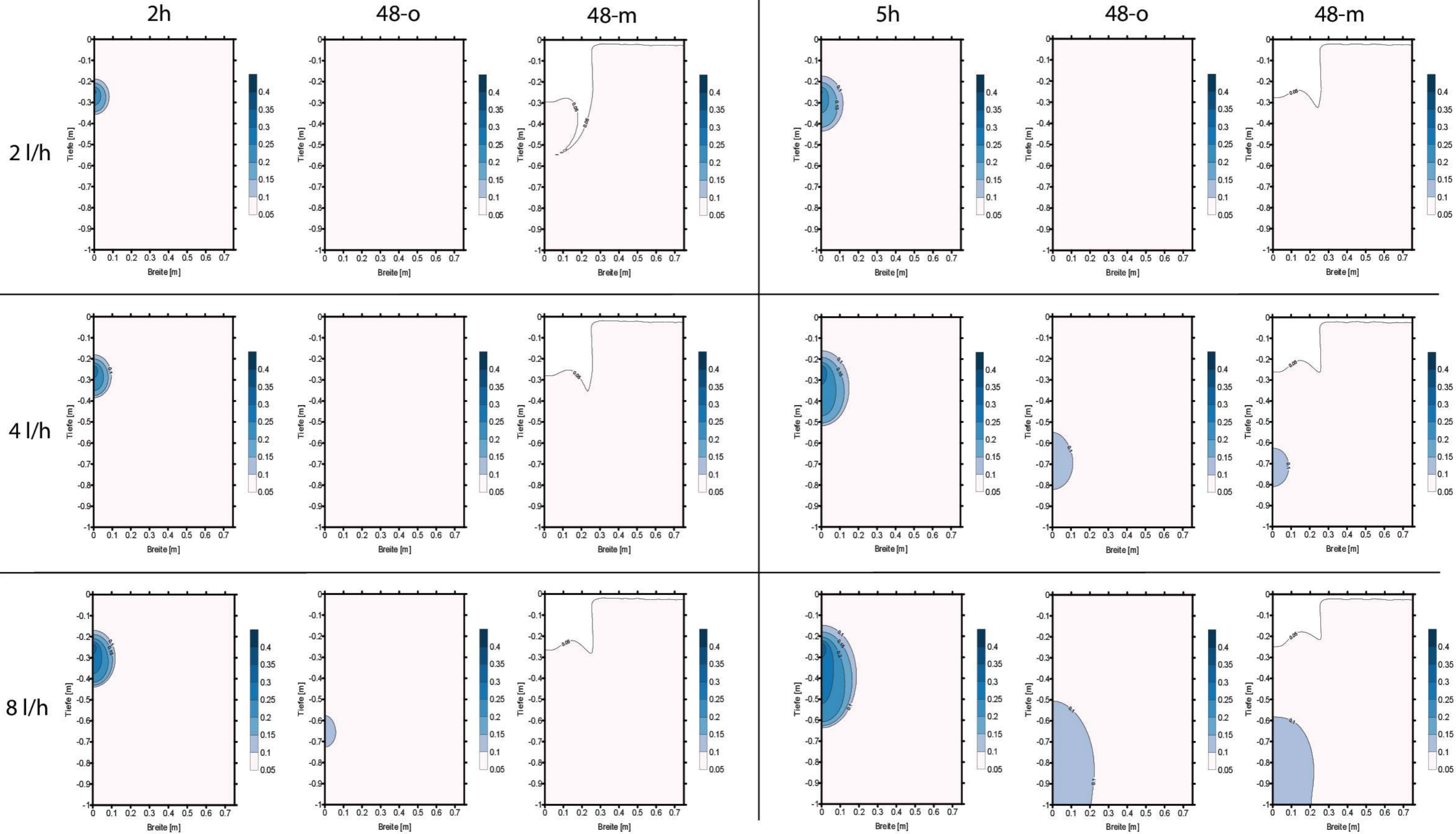
Sand

unterirdische Tropfer

unterirdische Bewässerung

Sand

feucht

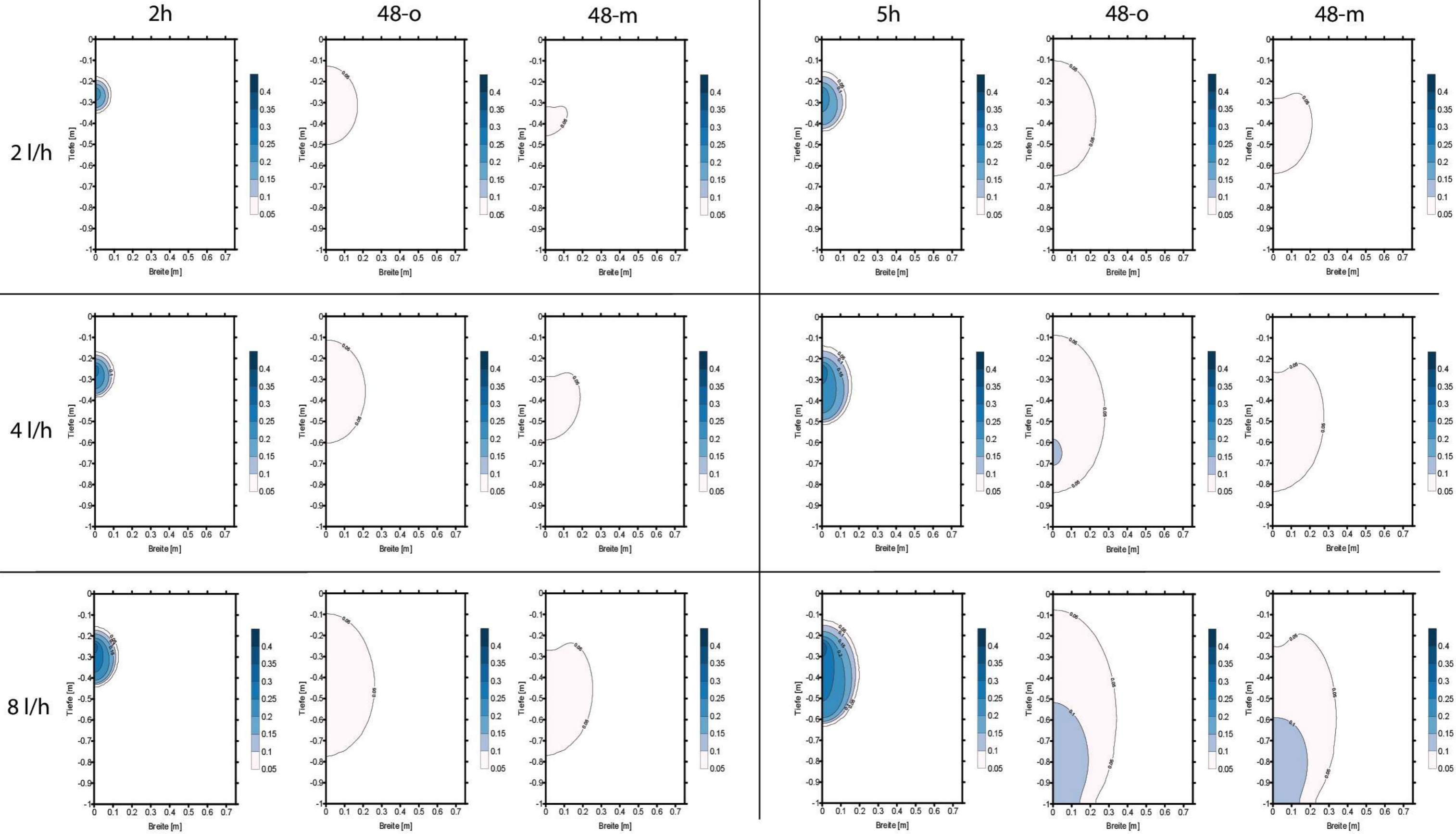


Anfangszustand: Feuchte liegt bei Feldkapazität Saugspannung = -60 hPa		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
Bewässerungsmengen: 4 mm 10 mm		Perkolation	-	-	-	-	-	5,0 mm
8 mm 20 mm		Speicherung	-3,8 mm	2,3 mm	0,4 mm	12,5 mm	8,6 mm	27,6 mm
16 mm 40 mm		Evaporation	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
		Transpiration	7,3 mm	7,2 mm	7,1 mm	7,0 mm	6,9 mm	6,9 mm

unterirdische Bewässerung

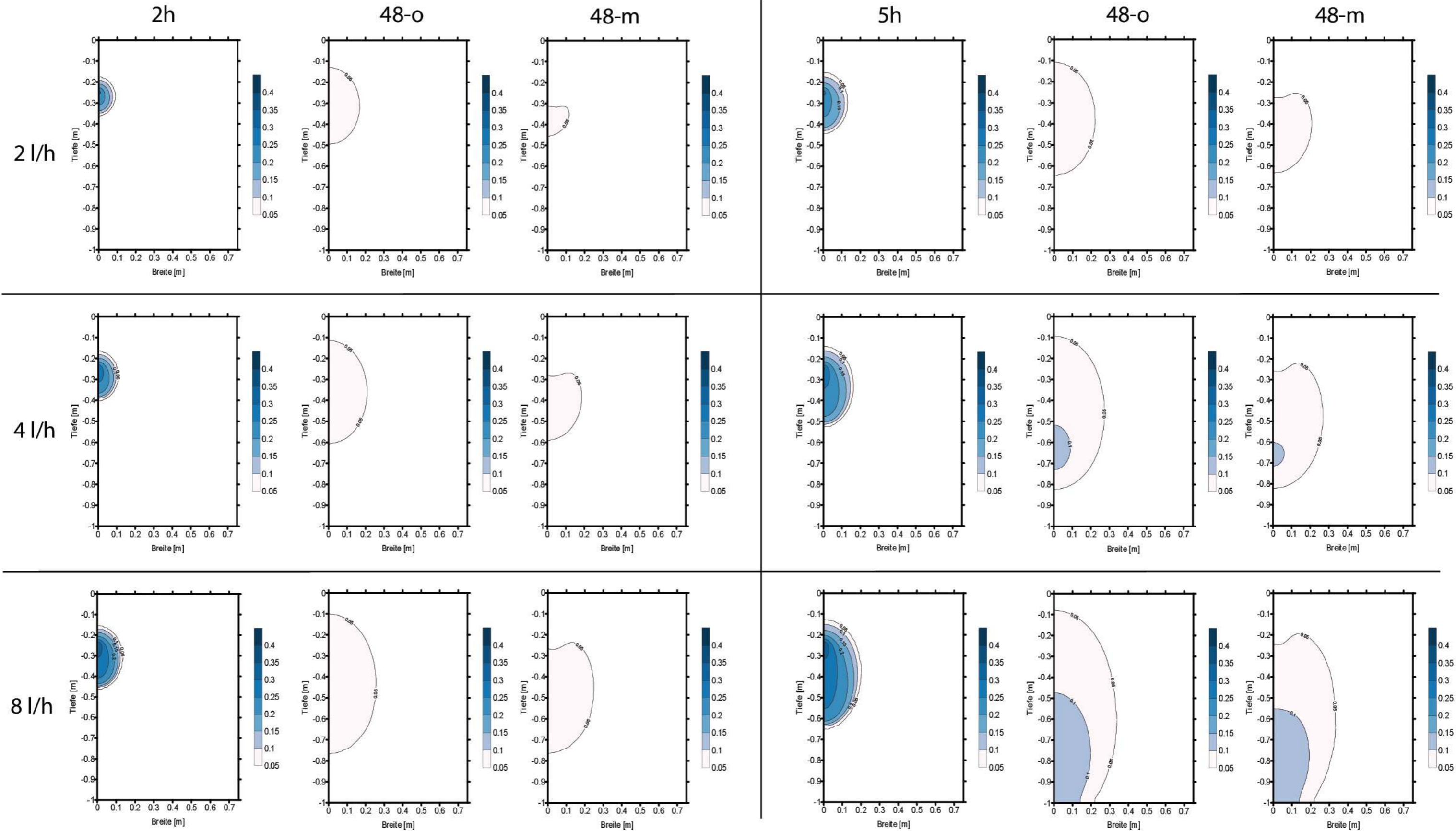
Sand

trocken (homogen)



Anfangszustand:		Saugspannung im Boden liegt bei - 800 hPa homogen		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
Bewässerungsmengen:		4 mm	10 mm	Perkolationspeicherung	-	-	-	-	-	1,5 mm
		8 mm	20 mm	Speicherung	0,4 mm	5,1 mm	3,3 mm	14,8 mm	11,0 mm	33,1 mm
		16 mm	40 mm	Evaporation	-	-	-	-	-	-
				Transpiration	3,6 mm	4,9 mm	4,7 mm	5,2 mm	5,0 mm	5,4 mm

unterirdische Bewässerung Sand trocken (Wurzelraum)



Anfangszustand: Boden durch 24 Stunden WWE + Evaporation beeinflusst Startwert = -800 hPa		Variante	2l/h 2h		2l/h 5h		4l/h 2h		4l/h 5h		8l/h 2h		8l/h 5h	
			Perkolationsmenge	Speicherung	Perkolationsmenge	Speicherung	Perkolationsmenge	Speicherung	Perkolationsmenge	Speicherung	Perkolationsmenge	Speicherung	Perkolationsmenge	Speicherung
Bewässerungsmengen: 4 mm	10 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 mm	33,5 mm
8 mm	20 mm	0,5 mm	5,4 mm	3,5 mm	15,1 mm	11,2 mm	-	-	-	-	-	-	-	-
16 mm	40 mm	3,5 mm	4,6 mm	4,5 mm	4,9 mm	4,8 mm	5,2 mm	-	-	-	-	-	-	-

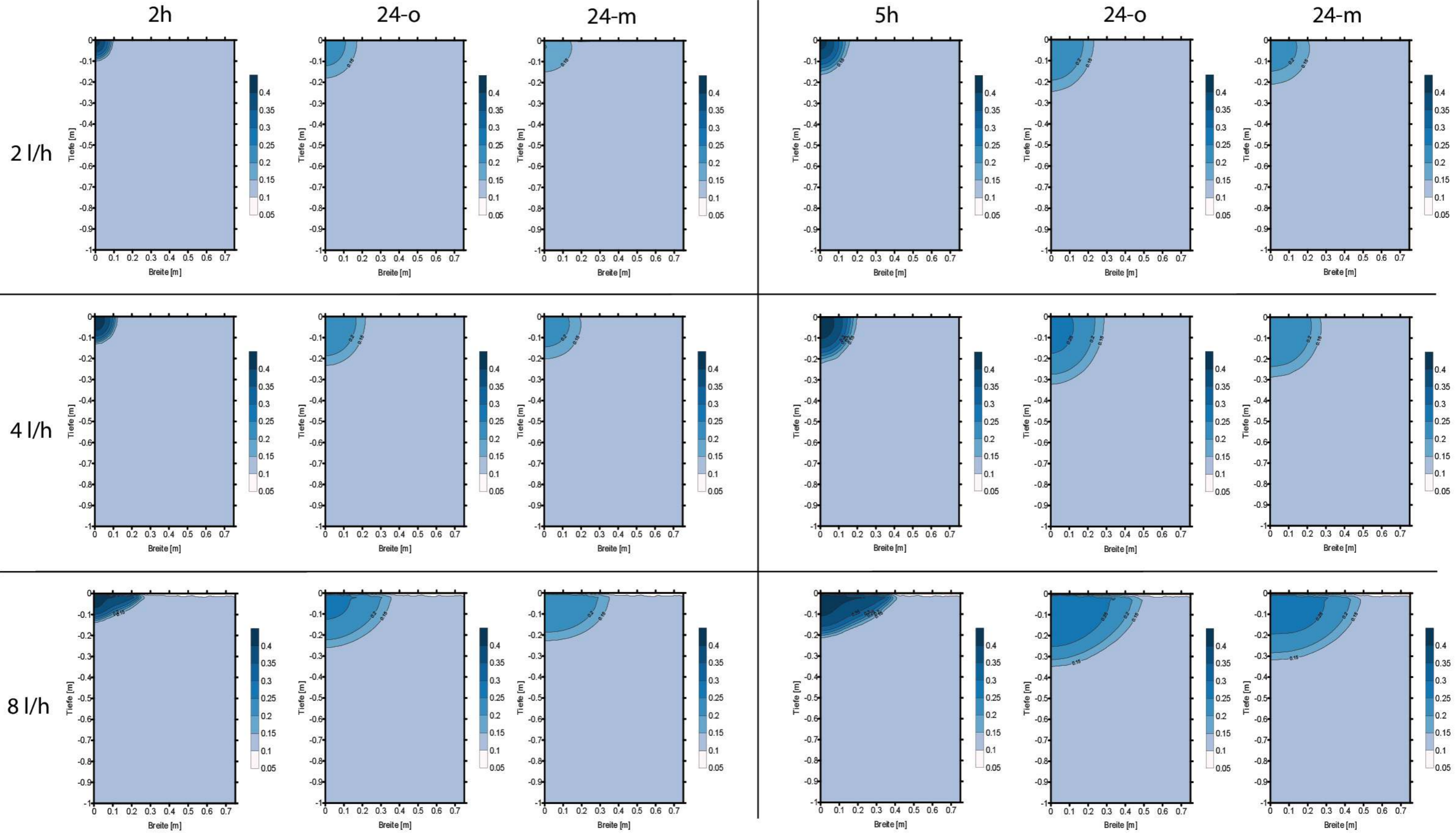
Lehm

oberirdische Tropfer

oberirdische Bewässerung

Lehm

trocken (homogen)



Anfangszustand:		Saugspannung im Boden liegt bei -800 hPa homogen		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
Bewässerungsmengen:		4 mm	10 mm	Perkolation	-	-	-	-	-	-
		8 mm	20 mm	Speicherung	-2,8 mm	3,0 mm	1,1 mm	13,0 mm	0,2 mm	21,0 mm
		16 mm	40 mm	Evaporation	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	0,4* mm	0,6* mm
				Transpiration	5,8 mm	6,0 mm	5,9 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm

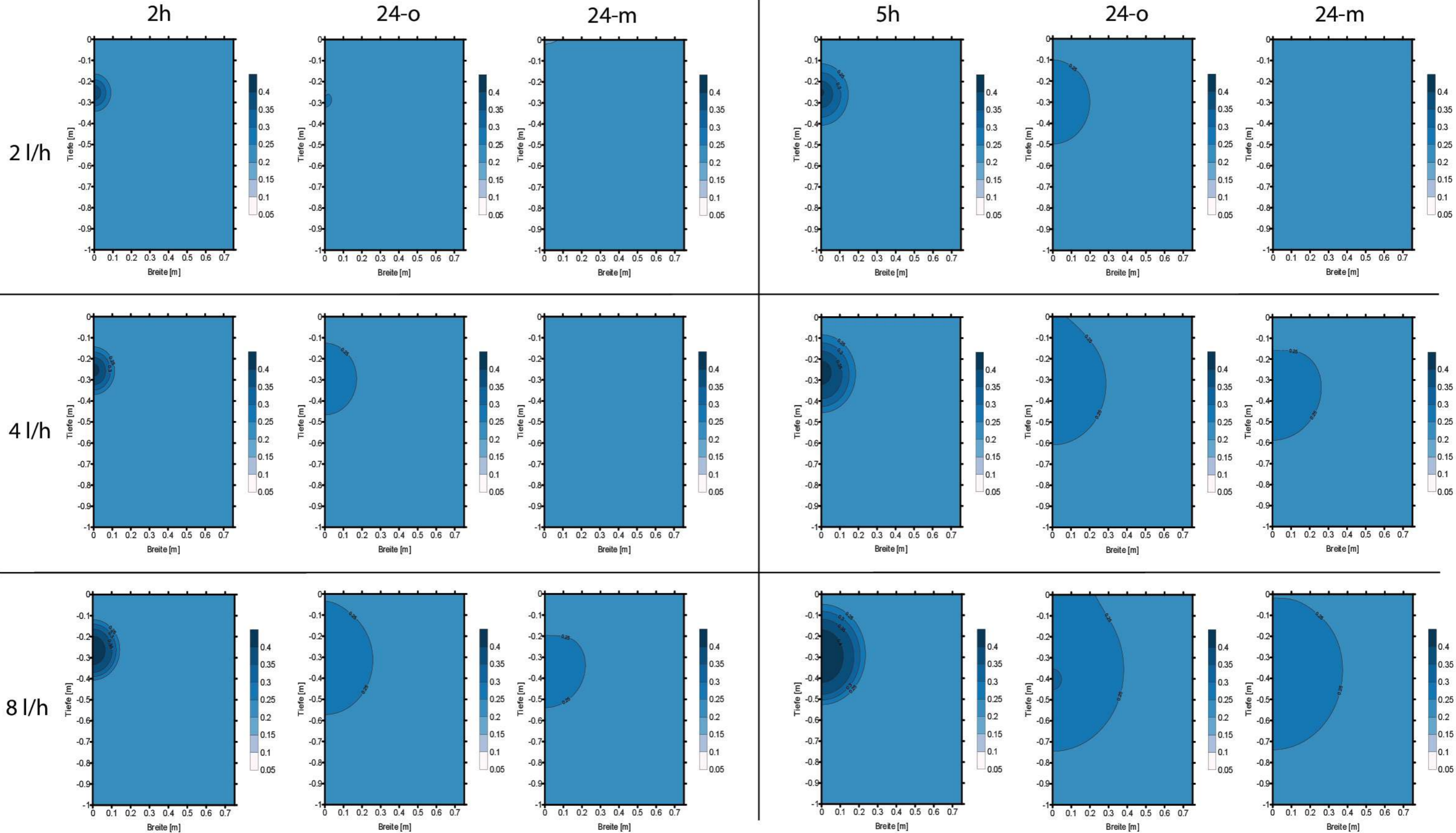
Lehm

unterirdische Tropfer

unterirdische Bewässerung

Lehm

feucht

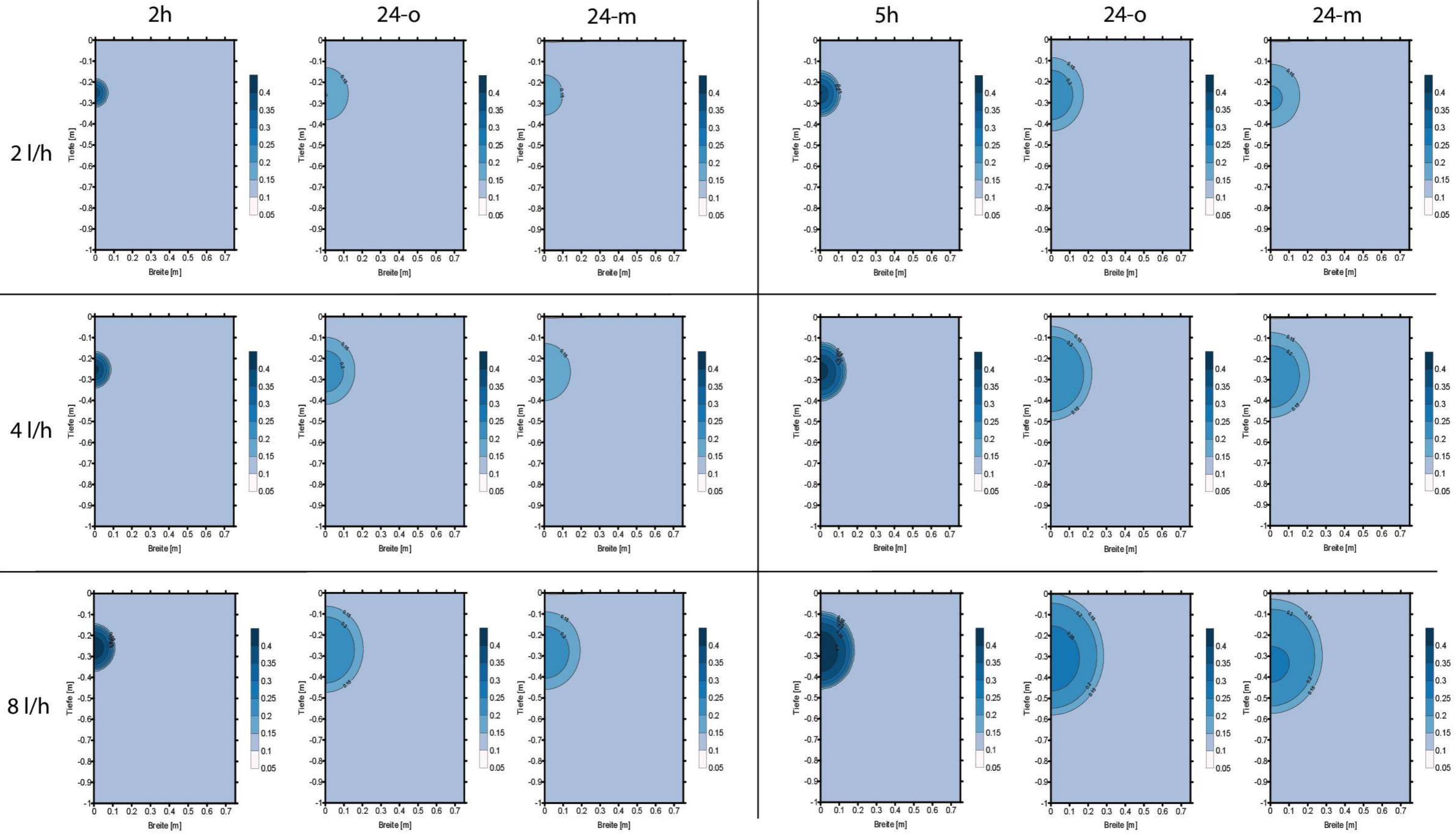


Anfangszustand: Feuchte liegt bei 80% der Feldkapazität Saugspannung = -118 hPa		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
		Bewässerungsmengen: 4 mm 10 mm 8 mm 20 mm 16 mm 40 mm	Perkolation Speicherung Evaporation Transpiration	1,1 mm -4,1 mm 1,0 mm 6,0 mm	1,1 mm 1,9 mm 1,0 mm 6,0 mm	1,1 mm -0,1 mm 1,0 mm 6,0 mm	1,1 mm 11,9 mm 1,0 mm 6,0 mm	1,1 mm 7,9 mm 1,0 mm 6,0 mm

unterirdische Bewässerung

Lehm

trocken (homogen)

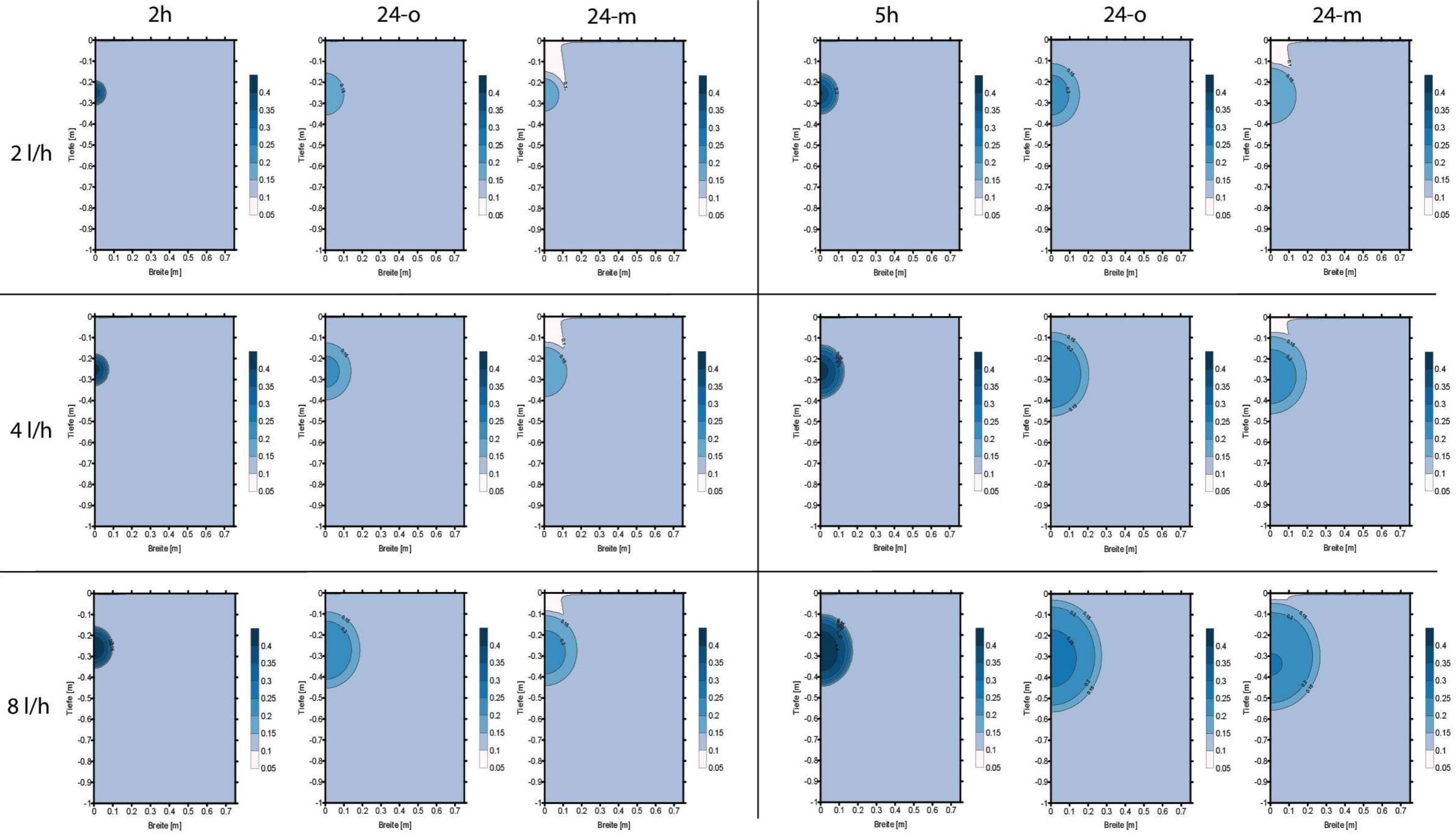


Anfangszustand:		Saugspannung im Boden liegt bei -800 hPa homogen		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
Bewässerungsmengen:		4 mm	10 mm	Perkolation	-	-	-	-	-	-
		8 mm	20 mm	Speicherung	-2,8 mm	3,1 mm	1,2 mm	13,1 mm	9,1 mm	33,1 mm
		16 mm	40 mm	Evaporation	0,9 mm	0,9 mm	0,9 mm	0,9 mm	0,9 mm	0,9 mm
				Transpiration	5,9 mm	6,0 mm	5,9 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm

unterirdische Bewässerung

Lehm

trocken (Wurzelraum)



Anfangszustand: Boden durch 24 Stunden WWE + Evaporation beeinflusst Startwert = -800 hPa		Variante	2l/h 2h	2l/h 5h	4l/h 2h	4l/h 5h	8l/h 2h	8l/h 5h
		Bewässerungsmengen: 4 mm 10 mm 8 mm 20 mm 16 mm 40 mm	Perkolationspeicherung Evaporation Transpiration	- -1,5 mm 0,6 mm 4,9 mm	- 4,1 mm 0,6 mm 5,3 mm	- 2,2 mm 0,6 mm 5,2 mm	- 13,8 mm 0,6 mm 5,6 mm	- 9,9 mm 0,6 mm 5,5 mm

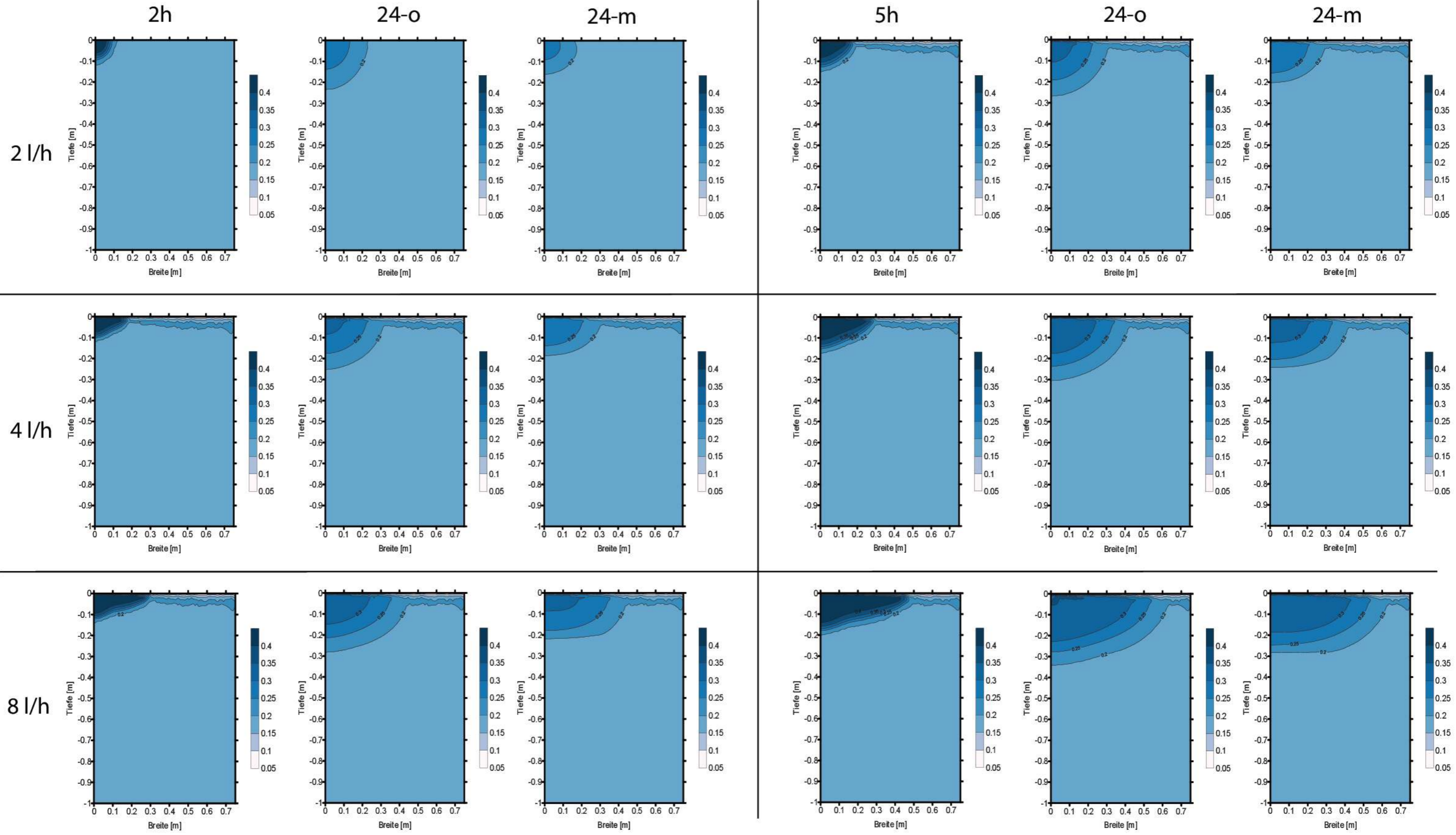
Schluff

oberirdische Tropfer

oberirdische Bewässerung

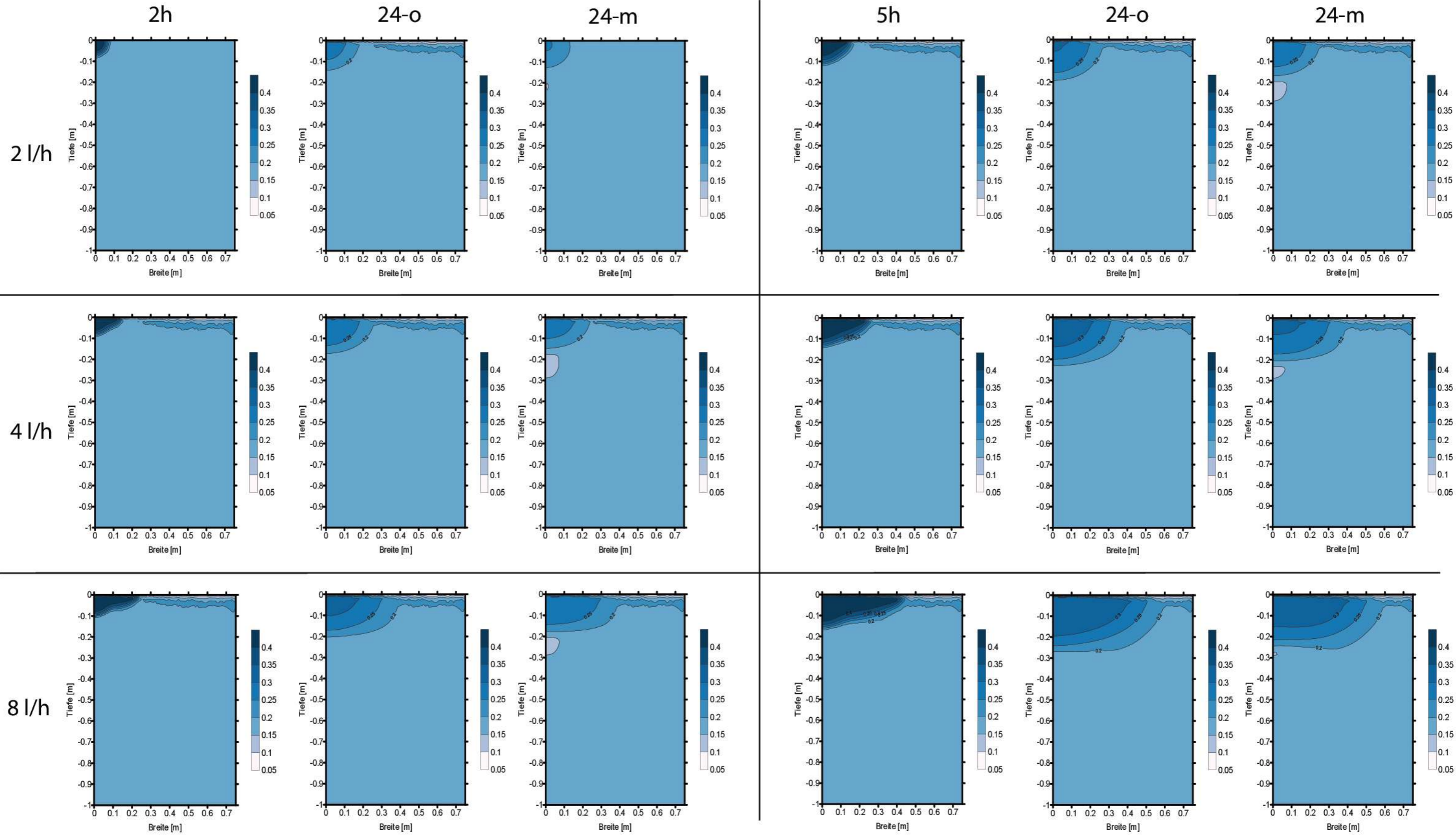
Schluff

trocken (homogen)



Anfangszustand:		Variante	2l/h 2h		2l/h 5h		4l/h 2h		4l/h 5h		8l/h 2h		8l/h 5h	
Saugspannung im Boden liegt bei -800 hPa homogen			Perkolation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bewässerungsmengen: 4 mm 10 mm		Speicherung	-3,0 mm	3,8 mm	9,8 mm	13,6 mm	9,6 mm	33,3 mm						
8 mm 20 mm		Evaporation	1,0 mm	0,2* mm	0,2* mm	0,4* mm	0,4* mm	0,7* mm						
16 mm 40 mm		Transpiration	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm						

oberirdische Bewässerung Schluff trocken (Wurzelraum)



Anfangszustand: Boden durch 24 Stunden WWE + Evaporation beeinflusst Startwert = -800 hPa		Variante	2l/h 2h		2l/h 5h		4l/h 2h		4l/h 5h		8l/h 2h		8l/h 5h	
			Perkolations Speicherung	Evaporation	Transpiration	Perkolations Speicherung	Evaporation	Transpiration	Perkolations Speicherung	Evaporation	Transpiration	Perkolations Speicherung	Evaporation	Transpiration
Bewässerungsmengen: 4 mm 10 mm 8 mm 20 mm 16 mm 40 mm			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-1,3 mm	4,2 mm	2,2 mm	13,8 mm	9,8 mm	33,5 mm	0,7 mm	0,1* mm	0,1* mm	0,3* mm	0,3* mm	0,6* mm
			4,6 mm	5,7 mm	5,7 mm	5,9 mm	5,8 mm	5,9 mm						

Schluff

unterirdische Tropfer

