

Anlage 5.2: Berechnung der Verdunstungsrate nach PENMAN (1948)



- Verdunstungsrate in Abhängigkeit der Bodennutzung für den Zeitraum 1992 - 2001

Halbjahr	T [°C]	s [h/d]	N [mm]	v [m/s]	rf [%]	e_a [hPa]	e_s [hPa]	Δ [hPa]	f(v) [mm/(hPa)]	l [mm]	Oberhalb				Untertal							
											Laubwald		Nadelwald		Wald		Weide, Wiese		eng bebaute Fläche		locker bebaute Fläche	
											r =	17,50%	r =	10,00%	r =	13,75%	r =	20,00%	r =	5,00%	r =	7,50%
[]	Durchschnittswert Lufttemp.	Durchschnittswert Sonnenschein	Durchschnittswert Niederschlagsh.	Durchschnittswert Windgeschw.	Durchschnittswert relative	Durchschnittswert Dampfdruck	Sättigungsda mpf-druck	Steigung Sättigungsda mpf-druck	Windfunktion	Effektive Abstrahlung	Nettostrahlung s Äquivalent	Poten tielle Evapotranspiration	Nettostrahlung s Äquivalent	Poten tielle Evapotranspiration	Nettostrahlung s Äquivalent	Poten tielle Evapotranspiration	Nettostrahlung s Äquivalent	Poten tielle Evapotranspiration	Nettostrahlung s Äquivalent	Poten tielle Evapotranspiration		
	[°C]	[h/d]	[mm]	[m/s]	[%]	[hPa]	[hPaK]	[hPaK]	[mm/(hPa)]	[W/m²]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	
Winterhalbjahr 1992	3,80	2,29	59,85	3,05	81,79	6,65	8,14	0,566	0,557	35,55	0,398	0,631	0,548	0,699	0,473	0,665	0,348	0,608	0,849	0,746	0,598	0,722
Sommerhalbjahr 1992	15,02	6,29	61,93	2,21	72,15	12,44	17,24	1,094	0,439	53,47	2,864	2,577	3,296	2,845	3,080	2,711	2,720	2,488	3,584	3,024	3,440	2,934
Winterhalbjahr 1993	4,05	2,99	61,53	2,92	78,65	6,65	8,45	0,586	0,539	42,99	0,334	0,674	0,503	0,753	0,418	0,714	0,278	0,648	0,615	0,806	0,559	0,779
Sommerhalbjahr 1993	14,07	5,73	65,02	2,12	73,42	11,90	16,21	1,037	0,427	50,10	2,747	2,391	3,158	2,641	2,952	2,518	2,610	2,308	3,431	2,807	3,294	2,723
Winterhalbjahr 1994	3,75	2,32	70,08	3,16	79,80	6,64	8,32	0,579	0,572	35,87	0,395	0,700	0,546	0,770	0,471	0,735	0,345	0,677	0,647	0,817	0,597	0,793
Sommerhalbjahr 1994	15,00	6,42	70,25	2,08	72,61	12,55	17,29	1,098	0,418	54,07	2,898	2,550	3,335	2,821	3,116	2,685	2,752	2,459	3,628	3,002	3,481	2,912
Winterhalbjahr 1995	4,82	2,68	62,20	3,18	80,65	7,15	8,86	0,611	0,575	39,34	0,375	0,694	0,535	0,770	0,455	0,732	0,321	0,668	0,642	0,821	0,589	0,796
Sommerhalbjahr 1995	15,30	6,10	61,20	2,00	73,83	12,87	17,43	1,104	0,410	51,47	2,855	2,484	3,280	2,748	3,067	2,616	2,713	2,395	3,563	2,924	3,421	2,836
Winterhalbjahr 1996	1,42	3,02	22,57	2,22	79,75	5,82	7,05	0,500	0,441	43,64	0,320	0,488	0,489	0,570	0,404	0,534	0,283	0,474	0,602	0,619	0,545	0,594
Sommerhalbjahr 1996	13,23	4,83	69,83	1,97	78,02	11,99	15,37	0,990	0,406	43,28	2,608	2,109	2,984	2,333	2,796	2,221	2,483	2,034	3,235	2,483	3,110	2,408
Winterhalbjahr 1997	2,98	2,90	47,45	2,53	80,41	6,35	7,90	0,553	0,484	41,95	0,345	0,567	0,511	0,642	0,428	0,605	0,290	0,542	0,622	0,692	0,567	0,667
Sommerhalbjahr 1997	14,68	6,67	54,60	1,85	72,95	12,52	17,17	1,083	0,389	55,58	2,950	2,516	3,397	2,793	3,173	2,654	2,801	2,424	3,695	2,978	3,546	2,886
Winterhalbjahr 1998	4,85	2,37	49,50	2,70	81,00	7,24	8,94	0,616	0,508	36,00	0,405	0,643	0,557	0,715	0,481	0,679	0,354	0,618	0,659	0,764	0,608	0,740
Sommerhalbjahr 1998	14,27	4,96	92,30	1,97	77,61	12,72	16,39	1,047	0,405	43,49	2,656	2,200	3,037	2,432	2,846	2,316	2,529	2,123	3,291	2,587	3,164	2,510
Winterhalbjahr 1999	3,83	2,55	57,92	2,52	82,75	6,87	8,30	0,577	0,482	37,92	0,388	0,551	0,545	0,623	0,467	0,587	0,336	0,527	0,650	0,672	0,598	0,648
Sommerhalbjahr 1999	15,40	-0,99	67,45	2,08	71,91	12,65	17,59	1,113	0,418	4,12	1,536	1,736	1,689	1,831	1,612	1,783	1,485	1,704	1,791	1,895	1,740	1,863
Winterhalbjahr 2000	4,78	2,43	62,65	3,00	82,40	7,23	8,78	0,606	0,550	36,60	0,401	0,637	0,555	0,710	0,478	0,674	0,349	0,612	0,657	0,759	0,606	0,734
Sommerhalbjahr 2000	14,85	5,00	66,38	2,01	76,48	12,95	16,94	1,077	0,412	43,69	2,665	2,273	3,048	2,509	2,857	2,391	2,538	2,194	3,303	2,666	3,176	2,588
Winterhalbjahr 2001	4,12	2,06	56,58	2,60	84,65	7,20	8,50	0,589	0,494	32,54	0,439	0,548	0,583	0,615	0,511	0,582	0,391	0,528	0,680	0,661	0,631	0,636
Sommerhalbjahr 2001	15,13	5,40	57,80	2,40	77,65	13,06	16,81	1,066	0,466	46,32	2,741	2,358	3,139	2,603	2,940	2,481	2,609	2,277	3,405	2,766	3,272	2,684

Anlage 5.2: Berechnung der Verdunstungsrate nach PENMAN (1948)



- Verdunstungsrate in Abhängigkeit der Bodennutzung für den Zeitraum 1992 - 2001

Halbjahr	T Durchschnittswert Lufttemp. [°C]	s Durchschnittswert Sonnenschein [h/d]	N Durchschnittswert Niederschlags h. [mm]	v Durchschnittswert Windgeschw. [m/s]	rf Durchschnittswert relative [‰]	e_a Durchschnittswert Dampfdruck [hPa]	e_s Sättigungsda mpf-druck [hPa]	Δ Steigung Sättigungsda mpf-druck [hPa/K]	f(v) Windfunktion [mm/(hPa)]	I Effektive Abstrahlung [W/m²]	Obertal				Untertal							
											Laubwald		Nadelwald		Wald		Weide, Wiese		eng bebaute Fläche		locker bebaute Fläche	
											r =	17,50%	r =	10,00%	r =	13,75%	r =	20,00%	r =	5,00%	r =	7,50%
[]	[°C]	[h/d]	[mm]	[m/s]	[‰]	[hPa]	[hPa]	[hPa/K]	[mm/(hPa)]	[W/m²]	EH	ET _p	EH	ET _p	EH	ET _p	EH	ET _p	EH	ET _p	EH	ET _p
Winterhalbjahr 2002	4,07	2,75	67,65	3,25	83,46	6,95	8,33	0,578	0,585	39,97	0,373	0,606	0,535	0,681	0,454	0,644	0,319	0,581	0,843	0,731	0,589	0,708
Sommerhalbjahr 2002	14,77	4,99	61,67	2,29	81,16	13,73	16,92	1,076	0,451	39,65	2,635	2,176	3,002	2,402	2,619	2,289	2,513	2,101	3,247	2,653	3,124	2,477
Winterhalbjahr 2003	3,50	3,31	50,33	2,10	81,49	6,83	8,14	0,567	0,424	46,00	0,319	0,493	0,496	0,574	0,407	0,533	0,280	0,466	0,613	0,628	0,555	0,601
Sommerhalbjahr 2003	15,60	6,89	47,08	2,06	72,33	12,63	17,46	1,103	0,418	57,54	2,974	2,613	3,429	2,896	3,201	2,754	2,822	2,519	3,732	3,085	3,580	2,990
Winterhalbjahr 2004	4,32	2,85	56,42	3,05	76,46	6,67	8,50	0,589	0,557	41,65	0,342	0,702	0,507	0,780	0,424	0,741	0,287	0,677	0,616	0,631	0,561	0,805
Sommerhalbjahr 2004	14,28	5,51	65,75	2,39	75,28	12,23	16,25	1,038	0,465	48,09	2,725	2,389	3,127	2,634	2,926	2,511	2,591	2,308	3,395	2,797	3,261	2,715
Winterhalbjahr 2005	3,45	2,50	60,47	2,71	80,39	6,53	8,12	0,566	0,509	37,75	0,380	0,613	0,536	0,684	0,458	0,648	0,328	0,589	0,640	0,732	0,588	0,708
Sommerhalbjahr 2005	14,87	6,33	60,13	2,05	75,84	12,81	16,89	1,073	0,417	52,81	2,904	2,442	3,338	2,709	3,121	2,575	2,760	2,353	3,627	2,887	3,483	2,798
Winterhalbjahr 2006	2,25	2,51	48,00	2,89	85,07	6,35	7,46	0,525	0,507	37,50	0,392	0,488	0,548	0,556	0,470	0,522	0,340	0,465	0,652	0,602	0,600	0,579
Sommerhalbjahr 2006	16,18	6,75	59,50	2,13	73,17	13,17	18,00	1,132	0,428	55,80	2,976	2,638	3,426	2,921	3,201	2,779	2,826	2,544	3,726	3,109	3,576	3,015
Winterhalbjahr 2007	6,63	3,38	57,03	2,74	78,52	7,64	9,73	0,661	0,514	46,78	0,311	0,695	0,490	0,784	0,400	0,739	0,252	0,666	0,609	0,643	0,549	0,813
Sommerhalbjahr 2007	14,40	5,20	92,08	2,16	76,30	12,55	16,45	1,049	0,432	45,47	2,687	2,296	3,077	2,534	2,862	2,415	2,557	2,217	3,337	2,693	3,207	2,614
Winterhalbjahr 2008	4,17	2,17	66,07	2,74	78,53	6,96	8,86	0,614	0,514	34,03	0,417	0,709	0,565	0,780	0,491	0,744	0,368	0,686	0,663	0,827	0,614	0,803
Sommerhalbjahr 2008	14,88	5,80	56,18	2,13	72,82	12,28	16,84	1,069	0,428	50,48	2,783	2,454	3,176	2,708	2,970	2,581	2,625	2,389	3,452	2,877	3,314	2,792
Winterhalbjahr 2009	3,63	2,66	44,62	2,31	80,59	6,56	8,14	0,567	0,453	39,46	0,365	0,585	0,525	0,628	0,445	0,592	0,312	0,531	0,632	0,677	0,578	0,653
Sommerhalbjahr 2009	14,73	5,71	61,37	2,02	75,29	12,59	16,72	1,064	0,413	49,03	2,776	2,362	3,196	2,614	2,981	2,488	2,640	2,279	3,459	2,782	3,323	2,698
Winterhalbjahr 2010	3,03	2,57	56,38	2,70	80,89	6,39	7,90	0,553	0,508	38,48	0,374	0,589	0,532	0,661	0,453	0,625	0,321	0,565	0,637	0,708	0,584	0,684
Sommerhalbjahr 2010	14,20	5,79	60,50	2,15	76,01	12,35	16,25	1,038	0,431	49,69	2,787	2,353	3,200	2,604	2,993	2,478	2,649	2,269	3,475	2,771	3,337	2,687
Winterhalbjahr 2011	3,73	3,09	41,72	2,63	79,83	6,56	8,22	0,572	0,498	44,00	0,327	0,597	0,498	0,675	0,412	0,636	0,270	0,570	0,612	0,728	0,555	0,702
Sommerhalbjahr 2011	14,95	6,15	53,78	2,13	73,38	12,37	16,86	1,071	0,428	52,61	2,835	2,484	3,262	2,746	3,049	2,615	2,693	2,396	3,547	2,922	3,405	2,834
Winterhalbjahr 2012	4,12	2,95	50,05	2,75	81,74	6,94	8,49	0,589	0,515	42,08	0,355	0,591	0,522	0,669	0,439	0,630	0,299	0,565	0,634	0,721	0,578	0,695
Sommerhalbjahr 2012	14,60	5,59	51,30	2,10	75,43	12,41	16,45	1,048	0,424	48,49	2,745	2,343	3,150	2,590	2,947	2,466	2,610	2,280	3,420	2,754	3,285	2,672

Anlage 5.2: Berechnung der Verdunstungsrate nach PENMAN (1948)



- Berechnung einer nach Flächenanteil gewichteten Gesamt-Verdunstungsrate

Hydrologische Halbjahr	Obertal					Untertal					Evapotranspiration für das HHJ					
	Laubwald		Nadelwald		kombinierte Evapo- transpiration	Evapo- transpiration für das HHJ	Wald, Wiese, Weide				kombinierte Evapo- transpiration	Evapo- transpiration für das HHJ	Obertal		Untertal	
	Flächenanteil		Flächenanteil				Flächenanteil						Gesamtflächenanteil		Gesamtflächenanteil	
	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	21,6%	64,6%	10,6%	3,3%	35,6%	64,4%	35,6%	64,4%				
ET _p	ET _p	ET _{p,komb.}	ET _{p,HHJ,Obertal}	ET _p	ET _p	ET _p	ET _p	ET _{p,komb.}	ET _{p,HHJ,Untertal}	ET _{p,HHJ,Obertal}	ET _{p,HHJ,Untertal}	ET _{p,HHJ,Gesamt}	ET _{p,HHJ}	Anteil		
[]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm]	[]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
Winterhalbjahr 1992	0,631	0,699	0,665	121,363	0,665	0,608	0,746	0,722	0,639	116,618	Hydrologisches Gesamtjahr	121,363	116,618	118,307	601,194	19,7
Sommerhalbjahr 1992	2,577	2,845	2,711	494,758	2,711	2,488	3,024	2,934	2,610	476,325	2002	494,758	476,325	482,887		80,3
Winterhalbjahr 1993	0,674	0,753	0,714	130,305	0,714	0,648	0,806	0,779	0,684	124,830	Hydrologisches Gesamtjahr	130,305	124,830	126,779	574,901	22,1
Sommerhalbjahr 1993	2,391	2,641	2,516	459,170	2,516	2,308	2,807	2,723	2,422	442,015	2003	459,170	442,015	448,122		77,9
Winterhalbjahr 1994	0,700	0,770	0,735	134,138	0,735	0,677	0,817	0,793	0,709	129,393	Hydrologisches Gesamtjahr	134,138	129,393	131,082	609,171	21,5
Sommerhalbjahr 1994	2,550	2,821	2,686	490,195	2,685	2,459	3,002	2,912	2,583	471,398	2004	490,195	471,398	478,089		78,5
Winterhalbjahr 1995	0,694	0,770	0,732	133,590	0,732	0,668	0,821	0,796	0,703	128,298	Hydrologisches Gesamtjahr	133,590	128,298	130,182	595,849	21,8
Sommerhalbjahr 1995	2,484	2,748	2,616	477,420	2,616	2,395	2,924	2,836	2,516	459,170	2005	477,420	459,170	465,667		78,2
Winterhalbjahr 1996	0,498	0,570	0,534	97,455	0,534	0,474	0,619	0,594	0,507	92,528	Hydrologisches Gesamtjahr	97,455	92,528	94,282	489,624	19,3
Sommerhalbjahr 1996	2,109	2,333	2,221	405,333	2,221	2,034	2,483	2,408	2,136	389,820	2006	405,333	389,820	395,342		80,7
Winterhalbjahr 1997	0,567	0,642	0,605	110,413	0,605	0,542	0,692	0,667	0,576	105,120	Hydrologisches Gesamtjahr	110,413	105,120	107,004	579,201	18,5
Sommerhalbjahr 1997	2,516	2,793	2,655	484,538	2,654	2,424	2,978	2,886	2,550	465,375	2007	484,538	465,375	472,197		81,5
Winterhalbjahr 1998	0,643	0,715	0,679	123,918	0,679	0,618	0,764	0,740	0,651	118,808	Hydrologisches Gesamtjahr	123,918	118,808	120,627	533,072	22,6
Sommerhalbjahr 1998	2,200	2,432	2,316	422,670	2,316	2,123	2,587	2,510	2,229	406,793	2008	422,670	406,793	412,445		77,4
Winterhalbjahr 1999	0,551	0,623	0,587	107,128	0,587	0,527	0,672	0,648	0,560	102,200	Hydrologisches Gesamtjahr	107,128	102,200	103,954	425,303	24,4
Sommerhalbjahr 1999	1,736	1,831	1,784	325,580	1,783	1,704	1,895	1,863	1,748	319,010	2009	325,580	319,010	321,349		75,6
Winterhalbjahr 2000	0,637	0,710	0,674	123,005	0,674	0,612	0,759	0,734	0,646	117,895	Hydrologisches Gesamtjahr	123,005	117,895	119,714	545,611	21,9
Sommerhalbjahr 2000	2,273	2,509	2,391	436,358	2,391	2,194	2,666	2,588	2,302	420,115	2010	436,358	420,115	425,897		78,1
Winterhalbjahr 2001	0,548	0,615	0,582	106,215	0,582	0,526	0,661	0,638	0,557	101,653	Hydrologisches Gesamtjahr	106,215	101,653	103,277	545,246	18,9
Sommerhalbjahr 2001	2,358	2,603	2,481	452,783	2,481	2,277	2,766	2,684	2,389	435,993	2011	452,783	435,993	441,970		81,1

Anlage 5.2: Berechnung der Verdunstungsrate nach PENMAN (1948)



- Berechnung einer nach Flächenanteil gewichteten Gesamt-Verdunstungsrate

Hydrologische Halbjahr	Obertal				Untertal						Evapotranspiration für das HHJ					
	Laubwald		Nadelwald		kombinierte Evapo- transpiration	Evapo- transpiration für das HHJ	Wald			Wiese, Weide		kombinierte Evapo- transpiration	Evapo- transpiration für das HHJ	Obertal	Untertal	
	Flächenanteil		Flächenanteil				Flächenanteil			Flächenanteil				Gesamtflächenanteil	Gesamtflächenanteil	
	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	21,6%	64,6%	10,6%	3,3%	35,6%	64,4%						
ET _p	ET _p	ET _{p,komb.}	ET _{p,HHJ,Obertal}	ET _p	ET _p	ET _p	ET _p	ET _{p,komb.}	ET _{p,HHJ,Untertal}	ET _{p,HHJ,Obertal}	ET _{p,HHJ,Untertal}	ET _{p,HHJ,Gesamt}	ET _{p,HHJ}	Anteil		
[]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm]	[]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
Winterhalbjahr 2002	0,606	0,681	0,644	117,530	0,644	0,581	0,731	0,706	0,615	112,238	Hydrologisches Gesamtjahr	117,530	112,238	114,122	521,874	21,9
Sommerhalbjahr 2002	2,176	2,402	2,289	417,743	2,289	2,101	2,553	2,477	2,204	402,230	2002	417,743	402,230	407,752		78,1
Winterhalbjahr 2003	0,493	0,574	0,534	97,455	0,533	0,466	0,628	0,601	0,503	91,798	Hydrologisches Gesamtjahr	97,455	91,798	93,812	584,023	16,1
Sommerhalbjahr 2003	2,613	2,896	2,755	502,788	2,754	2,519	3,085	2,990	2,648	483,260	2003	502,788	483,260	490,212		83,9
Winterhalbjahr 2004	0,702	0,780	0,741	135,233	0,741	0,677	0,831	0,805	0,712	129,940	Hydrologisches Gesamtjahr	135,233	129,940	131,824	579,334	22,8
Sommerhalbjahr 2004	2,389	2,634	2,512	458,440	2,511	2,308	2,797	2,715	2,419	441,468	2004	458,440	441,468	447,510		77,2
Winterhalbjahr 2005	0,613	0,684	0,649	118,443	0,648	0,589	0,732	0,708	0,621	113,333	Hydrologisches Gesamtjahr	118,443	113,333	115,152	573,401	20,1
Sommerhalbjahr 2005	2,442	2,709	2,576	470,120	2,575	2,353	2,887	2,798	2,475	451,688	2005	470,120	451,688	458,249		79,9
Winterhalbjahr 2006	0,488	0,556	0,522	95,265	0,522	0,465	0,602	0,579	0,496	90,520	Hydrologisches Gesamtjahr	95,265	90,520	92,209	586,984	15,7
Sommerhalbjahr 2006	2,638	2,921	2,780	507,350	2,779	2,544	3,109	3,015	2,673	487,823	2006	507,350	487,823	494,774		84,3
Winterhalbjahr 2007	0,695	0,784	0,740	135,050	0,739	0,666	0,843	0,813	0,706	128,845	Hydrologisches Gesamtjahr	135,050	128,845	131,054	561,331	23,3
Sommerhalbjahr 2007	2,296	2,534	2,415	440,738	2,415	2,217	2,693	2,614	2,326	424,495	2007	440,738	424,495	430,277		76,7
Winterhalbjahr 2008	0,709	0,780	0,745	135,963	0,744	0,686	0,827	0,803	0,718	131,035	Hydrologisches Gesamtjahr	135,963	131,035	132,789	592,539	22,4
Sommerhalbjahr 2008	2,454	2,708	2,581	471,033	2,581	2,369	2,877	2,792	2,485	453,513	2008	471,033	453,513	459,750		77,6
Winterhalbjahr 2009	0,555	0,628	0,592	108,040	0,592	0,531	0,677	0,653	0,564	102,930	Hydrologisches Gesamtjahr	108,040	102,930	104,749	547,761	19,1
Sommerhalbjahr 2009	2,362	2,614	2,488	454,060	2,488	2,279	2,782	2,698	2,394	436,905	2009	454,060	436,905	443,012		80,9
Winterhalbjahr 2010	0,589	0,661	0,625	114,063	0,625	0,565	0,708	0,684	0,598	109,135	Hydrologisches Gesamtjahr	114,063	109,135	110,889	552,024	20,1
Sommerhalbjahr 2010	2,353	2,604	2,479	452,418	2,478	2,269	2,771	2,687	2,383	434,898	2010	452,418	434,898	441,135		79,9
Winterhalbjahr 2011	0,597	0,675	0,636	116,070	0,636	0,570	0,728	0,702	0,606	110,595	Hydrologisches Gesamtjahr	116,070	110,595	112,544	578,146	19,5
Sommerhalbjahr 2011	2,484	2,746	2,615	477,238	2,615	2,396	2,922	2,834	2,516	459,170	2011	477,238	459,170	465,602		80,5
Winterhalbjahr 2012	0,591	0,669	0,630	114,975	0,630	0,565	0,721	0,695	0,600	109,500	Hydrologisches Gesamtjahr	114,975	109,500	111,449	550,629	20,2
Sommerhalbjahr 2012	2,343	2,590	2,467	450,228	2,466	2,260	2,754	2,672	2,373	433,073	2012	450,228	433,073	439,180		79,8

Anlage 5.2: Berechnung der Verdunstungsrate nach PENMAN (1948)



Tab. 1: Albedowerte (Rückstrahlkoeffizient) für Böden in %

Vegetationslose Oberflächen	Dunkle Böden	5 - 15
	Trockene Lehmböden	20 - 35
	Graue Lehmböden	20 - 35
	Trockene, helle Sandböden	25 - 45
	Wüsten	30
Bewachsene Oberflächen	Weizenfeld	10 - 25
	Wiese	15 - 25
	Trockene Steppe	20 - 30
	Tundra und Laubwald	15 - 20
	Nadelwald	5 - 15
Städtische Oberflächen	Asphalt	5 - 20
	Beton	10 - 35
	Ziegel	20 - 40
	Wellblech	10 - 16

Tab. 2: Extraterrestrische Strahlung RE, mittlere Monatswerte in W/m²

Geographische Breite	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
	Winterhalbjahr						Sommerhalbjahr					
0 °N	427	419	425	439	444	433	408	393	399	419	433	436
10 °N	385	365	374	402	433	444	439	433	433	439	433	416
30 °N	269	235	249	303	371	430	467	481	475	444	393	328
40 °N	198	161	181	243	323	405	464	490	473	430	354	272
46 °N	153	117	135	198	289	382	452	483	467	409	324	230
47 °N	146	110	128	191	283	378	450	482	466	406	319	224
48 °N	139	103	121	184	277	375	449	482	465	403	314	217
49 °N	132	96	114	177	271	371	447	481	464	400	309	211
50 °N	125	89	107	170	265	367	445	481	463	398	304	204
51 °N	118	83	100	163	259	363	443	480	462	394	298	197
	181						379					
52 °N	111	76	93	156	253	358	441	480	461	391	293	191
53 °N	104	70	86	149	247	354	439	479	459	388	287	184
54 °N	97	63	79	142	240	350	437	478	458	384	282	177
55 °N	90	56	73	135	234	345	435	478	457	381	276	170

Anlage 5.2: Berechnung der Verdunstungsrate nach PENMAN (1948)



Tab. 3: Maximale tägliche Sonnenscheindauer S, mittlere Monatswerte in h/d

Nördliche Breite	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
	Winterhalbjahr						Sommerhalbjahr					
55°	8,5	7,3	7,9	9,8	11,9	14,2	16,2	17,3	16,7	15,0	12,7	10,6
54°	8,6	7,4	8,0	9,9	11,9	14,1	16,1	17,1	16,6	14,9	12,7	10,6
53°	8,7	7,6	8,2	9,9	11,9	14,0	15,9	16,9	16,4	14,8	12,7	10,6
52°	8,9	7,8	8,3	10,0	11,9	13,9	15,7	16,7	16,3	14,6	12,7	10,7
51°	9,0	8,0	8,5	10,1	11,9	13,9	15,5	16,5	16,1	14,6	12,7	10,8
	10,2						14,4					
50°	9,1	8,1	8,6	10,2	11,9	13,8	15,4	16,4	15,9	14,5	12,7	10,8
49°	9,2	8,2	8,7	10,2	11,9	13,7	15,3	16,2	15,8	14,4	12,7	10,8
48°	9,3	8,3	8,8	10,2	11,9	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9
47°	9,4	8,5	9,0	10,3	11,9	13,6	15,1	15,8	15,5	14,2	12,6	10,9
46°	9,6	8,6	9,2	10,3	11,9	13,5	15,0	15,7	15,3	14,1	12,6	10,9
40°	10,0	9,3	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2
35°	10,3	9,8	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3
30°	10,6	10,2	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5
25°	10,9	10,6	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6
20°	11,2	10,9	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7
15°	11,4	11,2	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8
10°	11,6	11,5	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8
5°	11,9	11,8	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0
0°	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Anlage 5.3: Berechnung der Verdunstungsrate nach TURC (1955)



* Die Verdunstungsraten für die hydrologischen Halbjahre sind über die ermittelten Prozentanteile aus der jährlichen aktuellen Verdunstung zurückgerechnet worden.

Hydrologisches Gesamtjahr	Hydrologisches Halbjahr	Et _{a,HGJ}	WHJ 83% SHJ 17%
		[mm]	Et _{a,HHJ} *
1990	WHJ	454,33	77,24
	SHJ		377,10
1991	WHJ	360,33	61,26
	SHJ		299,08
1992	WHJ	485,14	82,47
	SHJ		402,66
1993	WHJ	460,83	78,34
	SHJ		382,49
1994	WHJ	482,92	82,10
	SHJ		400,82
1995	WHJ	476,84	81,06
	SHJ		395,78
1996	WHJ	381,13	64,79
	SHJ		316,34
1997	WHJ	420,94	71,56
	SHJ		349,38
1998	WHJ	488,57	83,06
	SHJ		405,52
1999	WHJ	470,68	80,02
	SHJ		390,66
2000	WHJ	479,57	81,53
	SHJ		398,05
2001	WHJ	454,98	77,35
	SHJ		377,63
2002	WHJ	492,47	83,72
	SHJ		408,75
2003	WHJ	423,20	71,94
	SHJ		351,26
2004	WHJ	460,10	78,22
	SHJ		381,89
2005	WHJ	455,23	77,39
	SHJ		377,84
2006	WHJ	436,61	74,22
	SHJ		362,38
2007	WHJ	518,70	88,18
	SHJ		430,52
2008	WHJ	465,63	79,16
	SHJ		386,48
2009	WHJ	433,82	73,75
	SHJ		360,07
2010	WHJ	439,92	74,79
	SHJ		365,14
2011	WHJ	416,19	70,75
	SHJ		345,44
2012	WHJ	428,00	72,76
	SHJ		355,24

Anlage 5.4: Gesamtwasserhaushalt des Untersuchungsgebietes in mm (1992 - 2012)



Hydrologisches Jahr	Hydrologisches Halbjahr	h _N -		h _v -		h _{AU}		= h _{AO}	
		Niederschlag		Verdunstung		Unterirdischer Abfluss		Oberirdischer Abfluss	
		[mm]	[mm]	ET _{p,HHJ} [mm]	ET _{p,HGJ} [mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1992	HWHJ	359,10	850,70	118,31	601,19	42,60	85,20	198,19	164,31
	HSJH	491,60		482,89		42,60		-33,89	
1993	HWHJ	369,20	759,30	126,78	574,90	42,60	85,20	199,82	99,20
	HSJH	390,10		448,12		42,60		-100,62	
1994	HWHJ	420,50	842,00	131,08	609,17	42,60	85,20	246,82	147,63
	HSJH	421,50		478,09		42,60		-99,19	
1995	HWHJ	373,20	740,40	130,18	595,85	42,60	85,20	200,42	59,35
	HSJH	367,20		465,67		42,60		-141,07	
1996	HWHJ	135,40	554,40	94,28	489,62	42,60	85,20	-1,48	-20,42
	HSJH	419,00		395,34		42,60		-18,94	
1997	HWHJ	284,70	612,30	107,00	579,20	42,60	85,20	135,10	-52,10
	HSJH	327,60		472,20		42,60		-187,20	
1998	HWHJ	297,00	850,80	120,63	533,07	42,60	85,20	133,77	232,53
	HSJH	553,80		412,44		42,60		98,76	
1999	HWHJ	347,50	752,20	103,95	425,30	42,60	85,20	200,95	241,70
	HSJH	404,70		321,35		42,60		40,75	
2000	HWHJ	375,90	774,20	119,71	545,61	42,60	85,20	213,59	143,39
	HSJH	398,30		425,90		42,60		-70,20	
2001	HWHJ	339,50	686,30	103,28	545,25	42,60	85,20	193,62	55,85
	HSJH	346,80		441,97		42,60		-137,77	
2002	HWHJ	405,90	895,90	114,12	521,87	42,60	85,20	249,18	288,83
	HSJH	490,00		407,75		42,60		39,65	
2003	HWHJ	302,00	584,50	93,81	584,02	42,60	85,20	165,59	-84,72
	HSJH	282,50		490,21		42,60		-250,31	
2004	HWHJ	338,50	733,00	131,82	579,33	42,60	85,20	164,08	68,47
	HSJH	394,50		447,51		42,60		-95,61	
2005	HWHJ	362,80	723,60	115,15	573,40	42,60	85,20	205,05	65,00
	HSJH	360,80		458,25		42,60		-140,05	
2006	HWHJ	288,00	645,00	92,21	586,98	42,60	85,20	153,19	-27,18
	HSJH	357,00		494,77		42,60		-180,37	
2007	HWHJ	342,20	894,70	131,05	561,33	42,60	85,20	168,55	248,17
	HSJH	552,50		430,28		42,60		79,62	
2008	HWHJ	396,40	733,50	132,79	592,54	42,60	85,20	221,01	55,76
	HSJH	337,10		459,75		42,60		-165,25	
2009	HWHJ	268,90	637,10	104,75	547,76	42,60	85,20	121,55	4,14
	HSJH	368,20		443,01		42,60		-117,41	
2010	HWHJ	338,30	701,30	110,89	552,02	42,60	85,20	184,81	64,08
	HSJH	363,00		441,14		42,60		-120,74	
2011	HWHJ	250,30	573,00	112,54	578,15	42,60	85,20	95,16	-90,35
	HSJH	322,70		465,60		42,60		-185,50	
2012	HWHJ	300,30	608,10	111,45	550,63	42,60	85,20	146,25	-27,73
	HSJH	307,80		439,18		42,60		-173,98	

Anlage 5.4: Gesamtwasserhaushalt des Untersuchungsgebietes in L/s (1992 - 2012)



Hydrologisches Jahr	Hydrologisches Halbjahr	Q _N -		Q _V -		Q _{AU}		=		Q _{AO}
		Niederschlag		Verdunstung		Unterirdischer Abfluss		Oberirdischer Abfluss		
		[L/s]	[L/s]	ET _{p,HHJ} [L/s]	ET _{p,HGJ} [L/s]	[L/s]	[L/s]	[L/s]	[L/s]	
1992	HWHJ	50,966	120,737	16,791	85,325	6,046	12,092	28,129	23,319	
	HSHJ	69,771		68,534		6,046		-4,809		
1993	HWHJ	52,399	107,765	17,993	81,594	6,046	12,092	28,360	14,079	
	HSHJ	55,365		63,600		6,046		-14,281		
1994	HWHJ	59,680	119,502	18,604	86,457	6,046	12,092	35,030	20,952	
	HSHJ	59,822		67,854		6,046		-14,078		
1995	HWHJ	52,967	105,082	18,476	84,567	6,046	12,092	28,445	8,424	
	HSHJ	52,115		66,090		6,046		-20,021		
1996	HWHJ	19,217	78,684	13,381	69,491	6,046	12,092	-0,210	-2,899	
	HSHJ	59,467		56,110		6,046		-2,688		
1997	HWHJ	40,406	86,902	15,187	82,204	6,046	12,092	19,174	-7,395	
	HSHJ	46,495		67,017		6,046		-26,568		
1998	HWHJ	42,152	120,751	17,120	75,657	6,046	12,092	18,986	33,002	
	HSHJ	78,599		58,537		6,046		14,016		
1999	HWHJ	49,319	106,757	14,754	60,362	6,046	12,092	28,520	34,303	
	HSHJ	57,438		45,608		6,046		5,784		
2000	HWHJ	53,350	109,879	16,991	77,437	6,046	12,092	30,313	20,351	
	HSHJ	56,529		60,446		6,046		-9,963		
2001	HWHJ	48,184	97,404	14,658	77,385	6,046	12,092	27,480	7,927	
	HSHJ	49,220		62,727		6,046		-19,553		
2002	HWHJ	57,608	127,152	16,197	74,068	6,046	12,092	35,365	40,992	
	HSHJ	69,544		57,871		6,046		5,627		
2003	HWHJ	42,862	82,956	13,314	82,888	6,046	12,092	23,501	-12,025	
	HSHJ	40,094		69,574		6,046		-35,526		
2004	HWHJ	48,042	104,032	18,709	82,223	6,046	12,092	23,287	9,717	
	HSHJ	55,990		63,513		6,046		-13,570		
2005	HWHJ	51,491	102,698	16,343	81,381	6,046	12,092	29,102	9,225	
	HSHJ	51,207		65,038		6,046		-19,877		
2006	HWHJ	40,875	91,543	13,087	83,308	6,046	12,092	21,742	-3,858	
	HSHJ	50,668		70,221		6,046		-25,600		
2007	HWHJ	48,567	126,982	18,600	79,668	6,046	12,092	23,921	35,222	
	HSHJ	78,414		61,068		6,046		11,301		
2008	HWHJ	56,260	104,103	18,846	84,097	6,046	12,092	31,367	7,914	
	HSHJ	47,843		65,251		6,046		-23,453		
2009	HWHJ	38,164	90,421	14,867	77,742	6,046	12,092	17,251	0,587	
	HSHJ	52,257		62,875		6,046		-16,664		
2010	HWHJ	48,014	99,533	15,738	78,347	6,046	12,092	26,230	9,094	
	HSHJ	51,519		62,609		6,046		-17,135		
2011	HWHJ	35,524	81,324	15,973	82,054	6,046	12,092	13,505	-12,822	
	HSHJ	45,800		66,081		6,046		-26,328		
2012	HWHJ	42,620	86,305	15,818	78,149	6,046	12,092	20,757	-3,935	
	HSHJ	43,685		62,331		6,046		-24,692		

Anlage 5.4: Gesamtwasserhaushalt des Untersuchungsgebietes in m³ (1992 - 2012)



Hydrologisches Jahr	Hydrologisches Halbjahr	Q _N -		Q _V -		Q _{AU}		= Q _{AO}	
		Niederschlag		Verdunstung		Unterirdischer Abfluss		Oberirdischer Abfluss	
		[m³]	[m³]	ET _{p,HHJ} [m³]	ET _{p,HGJ} [m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]
1992	HWHJ	1.608.768,0	3.811.136,0	530.014,1	2.693.347,7	190.848,0	381.696,0	887.905,9	736.092,3
	HSHJ	2.202.368,0		2.163.333,6		190.848,0		-151.813,6	
1993	HWHJ	1.654.016,0	3.401.664,0	567.970,4	2.575.557,7	190.848,0	381.696,0	895.197,6	444.410,3
	HSHJ	1.747.648,0		2.007.587,4		190.848,0		-450.787,4	
1994	HWHJ	1.883.840,0	3.772.160,0	587.246,1	2.729.086,7	190.848,0	381.696,0	1.105.745,9	661.377,3
	HSHJ	1.888.320,0		2.141.840,6		190.848,0		-444.368,6	
1995	HWHJ	1.671.936,0	3.316.992,0	583.213,7	2.669.401,9	190.848,0	381.696,0	897.874,3	265.894,1
	HSHJ	1.645.056,0		2.086.188,2		190.848,0		-631.980,2	
1996	HWHJ	606.592,0	2.483.712,0	422.382,0	2.193.516,1	190.848,0	381.696,0	-6.638,0	-91.500,1
	HSHJ	1.877.120,0		1.771.134,2		190.848,0		-84.862,2	
1997	HWHJ	1.275.456,0	2.743.104,0	479.378,5	2.594.820,4	190.848,0	381.696,0	605.229,5	-233.412,4
	HSHJ	1.467.648,0		2.115.441,9		190.848,0		-838.641,9	
1998	HWHJ	1.330.560,0	3.811.584,0	540.407,4	2.388.160,5	190.848,0	381.696,0	599.304,6	1.041.727,5
	HSHJ	2.481.024,0		1.847.753,1		190.848,0		442.422,9	
1999	HWHJ	1.556.800,0	3.369.856,0	465.714,8	1.905.357,9	190.848,0	381.696,0	900.237,2	1.082.802,1
	HSHJ	1.813.056,0		1.439.643,2		190.848,0		182.564,8	
2000	HWHJ	1.684.032,0	3.468.416,0	536.319,4	2.444.339,5	190.848,0	381.696,0	956.864,6	642.380,5
	HSHJ	1.784.384,0		1.908.020,0		190.848,0		-314.484,0	
2001	HWHJ	1.520.960,0	3.074.624,0	462.679,8	2.442.704,3	190.848,0	381.696,0	867.432,2	250.223,7
	HSHJ	1.553.664,0		1.980.024,4		190.848,0		-617.208,4	
2002	HWHJ	1.818.432,0	4.013.632,0	511.266,6	2.337.995,5	190.848,0	381.696,0	1.116.317,4	1.293.940,5
	HSHJ	2.195.200,0		1.826.729,0		190.848,0		177.623,0	
2003	HWHJ	1.352.960,0	2.618.560,0	420.277,8	2.616.427,5	190.848,0	381.696,0	741.834,2	-379.563,5
	HSHJ	1.265.600,0		2.196.149,8		190.848,0		-1.121.397,8	
2004	HWHJ	1.516.480,0	3.283.840,0	590.571,5	2.595.416,3	190.848,0	381.696,0	735.060,5	306.727,7
	HSHJ	1.767.360,0		2.004.844,8		190.848,0		-428.332,8	
2005	HWHJ	1.625.344,0	3.241.728,0	515.881,0	2.568.836,5	190.848,0	381.696,0	918.615,0	291.195,5
	HSHJ	1.616.384,0		2.052.955,5		190.848,0		-627.419,5	
2006	HWHJ	1.290.240,0	2.889.600,0	413.096,3	2.629.683,8	190.848,0	381.696,0	686.295,7	-121.779,8
	HSHJ	1.599.360,0		2.216.587,5		190.848,0		-808.075,5	
2007	HWHJ	1.533.056,0	4.008.256,0	587.121,9	2.514.762,9	190.848,0	381.696,0	755.086,1	1.111.797,1
	HSHJ	2.475.200,0		1.927.641,0		190.848,0		356.711,0	
2008	HWHJ	1.775.872,0	3.286.080,0	594.894,7	2.654.574,7	190.848,0	381.696,0	990.129,3	249.809,3
	HSHJ	1.510.208,0		2.059.680,0		190.848,0		-740.320,0	
2009	HWHJ	1.204.672,0	2.854.208,0	469.275,5	2.453.969,3	190.848,0	381.696,0	544.548,5	18.542,7
	HSHJ	1.649.536,0		1.984.693,8		190.848,0		-526.005,8	
2010	HWHJ	1.515.584,0	3.141.824,0	496.782,7	2.473.067,5	190.848,0	381.696,0	827.953,3	287.060,5
	HSHJ	1.626.240,0		1.976.284,8		190.848,0		-540.892,8	
2011	HWHJ	1.121.344,0	2.567.040,0	504.197,1	2.590.094,1	190.848,0	381.696,0	426.298,9	-404.750,1
	HSHJ	1.445.696,0		2.085.897,0		190.848,0		-831.049,0	
2012	HWHJ	1.345.344,0	2.724.288,0	499.291,5	2.466.817,9	190.848,0	381.696,0	655.204,5	-124.225,9
	HSHJ	1.378.944,0		1.967.526,4		190.848,0		-779.430,4	