

WÄRMESCHUTZ BEIM UMKEHRDACH
H. BANGERTER

**REGENSTATISTIK UND TABELLIERTE DÄMMSTÄRKEN
FÜR 101 STATIONEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

APRIL 2001

1. WÄRMEVERLUST DURCH UNTERFLIESSEN DER DÄMMPLATTEN

Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, dass nach geltender Regel für das Umkehrdach ein bestimmter Zuschlag auf die Bemessungsdicke der Dämmplatten verlangt wird. Der Grund liegt darin, dass die Dämmplatten vom anfallenden Niederschlag unterflossen werden und dem Dach dadurch zusätzliche Wärmeenergie entzogen wird. Für reine Umkehrdächer mit diffusionsoffener Abdeckung der extrudierten Polystyrol – Hartschaumplatten galt ursprünglich ein Zusatzverlust $\Delta u = 0.08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nach verschiedenen Kontroversen und Gutachten wurde diese Grösse in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für bekieste Umkehrdächer (DIBt) einheitlich mit $\Delta u = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ festgelegt.

Im Rahmen der europäischen Normengebung (CEN) steht heute eine differenzierte Regelung vor der Inkraftsetzung. Ausgehend vom definierten Zusammenhang:

$$\Delta u [\text{W/m}^2\text{K}] = 0.04 \cdot f \cdot p \cdot (R_i/R_t)^2$$

soll mit dem Koeffizienten p (= mittlere Regenmenge pro Tag [mm/d], bezogen auf die Heizperiode) den örtlichen, zumindest aber regionalen Gegebenheiten besser als bis anhin Rechnung getragen werden. Für Umkehrdächer mit anteilmässigem Wärmeschutz auch unterhalb der wasserführenden Dichtungsebene (speziell sog. DUO – Dächer), wird mit dem Koeffizienten $(R_i/R_t)^2$ eine Abminderung des Zuschlagswertes Δu [$\text{W/m}^2\text{K}$] vorgenommen. Es bedeuten: R_i = Wärmedurchlasswiderstand [$\text{m}^2\text{K/W}$] der UK – Dämmschicht, und R_t = Wärmedurchlasswiderstand [$\text{m}^2\text{K/W}$] des gesamten Dachquerschnitts. Der Wert 0.04 gilt für diffusionsoffene bekieste Umkehrdächer, und der Faktor f ($f \leq 1.0$) berücksichtigt die teilweise Wasserrückhaltung von Nutzbelägen wie Platteneindeckung, Begrünungen, wasserableitende Trennlagen, usw. In der vorliegenden Zusammenstellung (für Kiesdächer) ist der Koeffizient $f = 1.0$ gesetzt.

2. STATISTISCHE AUSWERTUNG DER NIEDERSCHLÄGE

Grundlage der hier tabellierten Dämmstärken für Umkehrdächer bildet die Dokumentation des Deutschen Wetterdienstes (DWD):

Klimadaten von Deutschland, Zeitraum 1961 – 1990 von Gerhard Müller – Westermeier erschienen 1996 im DWD – Selbstverlag, ISBN 3 – 88148 – 324 – 1

Mit den tabellierten Monatsmitteln des Niederschlags für 101 sog. Hauptstationen wurden je zwei Auswertungen pro Station vorgenommen:

2.1 Mittelwert aus 8 Monatswerten (September – April, 240 Heiztage), geteilt durch 30 d/mt.

2.2 Mittelwert aus 6 Monatswerten (Oktober – März, 180 Heiztage), geteilt durch 30 d/mt.

Diese verkürzte Heizperiode führt tendenziell zu einem etwas geringeren Bemessungsregen p [mm/d] und ist allenfalls anwendbar auf Bauten mit sogenanntem Niedrigenergie – Standard. Die Annahme über die Verkürzung der Heizperiode bei NE – Standard, festgelegt i.R. der Arbeiten zur Energieeinsparungs – Verordnung des DIBt, basiert auf: *D. Eschenfelder, Dipl.Ing, Ministerium für Bauen und Wohnen NWR.*

In einer Zusammenfassung auf Tabelle 17/17 sind des weiteren die arithmetischen Mittel der Mittelwerte aus den 100 Stationen (ohne Zugspitze) für Niederschlag und daraus resultierenden Dämmstärken aufgeführt.

Jene Standortwerte, welche auf Grund ihres Niederschlagswertes zu einer grösseren Dämmdicke führen als nach dem pauschalen Ansatz $\Delta u = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ gemäss heutiger DIBt - Regelung, sind durch Untermalung speziell hervorgehoben.

3. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

Ausgehend vom statistisch gesicherten Bemessungsregen p [mm/d] erfolgt zunächst die Berechnung von $\Delta u = 0.04 \cdot p \cdot (R_i/R_t)^2$. Für den Wärmedurchlasswiderstand R_i wird dabei generell festgelegt: $R_i = (u_{\text{soll}}^{-1} - 0.225)$; und für R_t gilt: $R_t = (u_{\text{soll}}^{-1} - 0.125)$. Mit der Differenz von $0.1 \text{ m}^2\text{K/W}$ ist der Wärmedurchlasswiderstand einer ca. 180 mm starken Betondecke berücksichtigt.

Der gefundene Wert Δu wird in den Resultattabellen nicht speziell ausgewiesen, sondern direkt in die Beziehung :

$d_{\text{eff}} [\text{mm}] = [(u_{\text{soll}} - \Delta u)^{-1} - 0.225] \cdot \lambda_{\text{XPS}}$ eingebracht.

Für λ_{XPS} ist der bei CO_2 – Schäumung nach bauaufsichtlicher Zulassung (DIBt) für Dämmplatten $d \geq 60 \text{ mm}$ massgebende Rechenwert $\lambda_{\text{XPS}} = 0.040 \text{ W/mK}$ berücksichtigt. Der Konstantwert $0.225 [\text{m}^2\text{K/W}]$ in der Formel schliesslich, ist die Summe aus Wärmedurchlasswiderstand der Betondecke (0.1) und innerem Wärmeübergangswiderstand (0.125), welche beide ebenfalls zum Wärmeschutz beitragen.

4. RESULTATTABELLEN

Die Ergebnisse der Auswertung sind in 17 Tabellen zusammengefasst.

In der linken Hauptspalte sind Niederschlag und Dämmstärken aufgeführt, wie sie sich für eine „normale“ Heizperiode von ca. 8 Monaten (September – April) ergeben. Die rechte Hauptspalte vermittelt die Ergebnisse für eine verkürzte Heizperiode von 180 Tagen (Oktober – März). Die tendentiell etwas kleineren „Tagesregen“ sind aber nur anwendbar auf hochgedämmte Bauten mit entsprechendem Niedrigenergie – Status (Flachdach $u_{\text{soll}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Die Tabellen sind alphabetisch nach Stationen geordnet.

5. ABSCHLIESSENDE BEURTEILUNG

Es ist anhand der Resultate offensichtlich, dass der heutige Zuschlagswert $\Delta u = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ weder in seiner Höhe, noch als Einheitwert weiterhin haltbar ist. Dies auch unter dem Gesichtspunkt, dass nach einschlägiger Fachmeinung künftig eher mit höheren, jedenfalls nicht mit geringeren Niederschlägen zu rechnen sein wird. Mit anderen Worten: Die hier verarbeitete, neuste Regenstatistik des DWD über den Zeitraum 1961 – 1990 beschreibt tendentiell wohl eher die Untergrenze des aktuellen und künftigen Regenanfalls in Deutschland.

Kloten, April 2001 / Ba.

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
AACHEN	2.15	116	139	173	2.19	231	336	606
ANGERMUENDE	1.26	104	123	149	1.23	188	253	382
ARKONA	1.33	105	124	151	1.31	191	258	394
ARTERN	1.04	102	119	144	0.97	179	237	347
AUGSBURG - MUELHAUSEN	1.79	111	132	163	1.66	205	284	458
BAMBERG	1.57	108	128	156	1.56	200	276	438
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 1 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
BERLIN – DAHLEM	1.44	106	126	154	1.43	195	267	414
BERLIN – TEGEL	1.36	105	125	152	1.33	191	260	397
BERLIN – TEMPELHOF	1.42	105	126	153	1.41	195	265	411
BERUS	2.30	118	142	178	2.40	243	362	693
BOLTENHAGEN	1.35	105	124	151	1.31	191	258	394
BONN - FRIESDORF	1.63	109	129	159	1.59	202	279	444
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 2 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
BRAUNLAGE	3.62	141	177	235	4.11	417	937	****
BRAUNSCHWEIG - VOELKENRODE	1.51	107	127	155	1.49	198	271	425
BREMEN	1.78	111	132	163	1.77	210	294	483
BREMERHAVEN	1.92	112	135	167	1.92	217	308	521
BROCKEN	5.22	183	247	376	5.55	1009	****	****
CHEMNITZ	1.62	108	129	158	1.52	199	273	430
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 3 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K****) $\rightarrow \Delta u > u_{soll}$!!

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
COBURG	1.90	112	134	166	1.91	216	307	518
COTTBUS	1.32	105	124	151	1.26	189	255	387
CUXHAVEN	2.22	117	140	176	2.23	233	341	621
DEUSELBACH	2.15	116	139	173	2.20	231	337	610
DIEPHOLZ	1.82	111	133	164	1.87	214	303	507
ERFURT - BINDERSLEBEN	1.11	102	121	146	1.00	180	239	351
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 4 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
ESSEN - BRENDERNEY	2.48	120	146	184	2.53	251	380	762
FELDBERG - SCHWARZWALD	5.18	182	145	370	5.43	903	****	****
FICHELBERG	2.87	127	155	199	2.86	274	434	1015
FRANKFURT/MAIN – FLUGHAFEN	1.66	109	130	159	1.66	205	284	458
FREIBURG IM BREISGAU	2.23	117	141	176	2.12	227	328	581
FREUDENSTADT	4.95	174	231	341	5.33	830	****	****
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m ² K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 5 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K****) $\rightarrow \Delta u > u_{soll}$!!

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
GARMISCH - PARTENKIRCHEN	2.96	128	158	203	3.02	287	467	1208
GEISENHEIM	1.37	105	125	152	1.38	193	263	406
GERA - LEUMNITZ	1.42	106	126	153	1.32	191	259	396
GIESSEN - LIEBIGSHOEHE	1.69	109	130	160	1.72	207	290	471
GOERLITZ	1.57	108	128	157	1.53	199	274	432
GOETTINGEN	1.59	108	128	157	1.57	201	277	440
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 6 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
HAMBURG – FUHLSBUETTEL	2.03	114	137	170	2.03	222	319	552
HAMBURG – ST.PAULI	2.06	114	137	171	2.06	224	322	562
HANNOVER – LANGENHAGEN	1.64	109	129	159	1.62	203	281	450
HELGOLAND	2.07	114	137	171	2.12	227	328	581
BAD HERSFELD	1.85	111	133	164	1.87	214	303	507
HILDESHEIM	1.73	110	131	161	1.74	208	291	476
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 7 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
HILGENROTH	2.76	125	1.53	195	2.87	275	436	1025
HINTERZARTEN	3.92	147	1.87	253	3.51	334	604	2877
HOECHENSWAND	4.14	152	195	268	4.46	487	1378	****
HOELLENSTEIN – KRAFTWERK	2.03	114	137	170	1.99	221	315	540
HOF (STADT)	1.73	110	131	161	1.72	208	290	471
HOF - HOHENZAAS	1.83	111	133	164	1.83	213	299	497
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 8 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K****) $\rightarrow \Delta u > u_{soll}$!!

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
HOHENPEISSENBERG	2.47	120	146	184	2.19	231	336	606
KAHLER ASTEN	4.24	155	199	275	4.51	499	1477	****
KARLSRUHE	1.95	113	135	167	1.97	219	313	535
KASSEL	1.77	110	132	162	1.79	211	296	487
KEMPTEN	2.91	127	156	201	2.77	267	418	931
KIEL - KRONSHAGEN	2.10	115	138	172	2.14	228	330	588
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 9 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K****) $\rightarrow \Delta u > u_{soll}$!!

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
BAD KISSINGEN	1.98	113	136	168	2.07	224	323	565
KLEINER FELDBERG / TAUNUS	2.67	123	150	191	2.74	265	413	906
KLIPPENECK	1.99	113	136	169	1.91	216	307	518
KOBLENZ	1.61	108	129	158	1.58	202	278	442
KOELN – WAHN	2.01	114	136	169	2.04	223	320	555
LINDENBERG	1.35	105	124	151	1.34	192	260	399
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151	2.19	191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 10 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
LINGEN	2.13	115	139	173	2.19	231	336	606
BAD LIPPSPRINGE	2.39	119	144	181	2.43	245	366	709
LIST AUF SYLT	2.14	115	139	173	2.18	230	335	602
LUECHOW	1.31	105	124	150	1.29	190	257	391
LUEDENSCHIED	3.42	137	170	224	3.59	343	634	3796
MAGDEBURG	1.19	103	122	148	1.17	186	249	373
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m ² K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 11 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
MANNHEIM	1.58	108	128	157	1.53	199	274	432
BAD MARIENBERG	3.29	134	167	218	3.47	329	598	2587
MUEHLENDORF / INN	1.93	113	135	167	1.81	212	297	492
MUENCHEN – RIEM	2.07	114	137	171	1.90	216	306	515
MUENSTER	2.04	114	137	170	2.08	225	324	568
NORDERNEY	2.12	115	138	172	2.20	231	337	610
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 12 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖSSER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
NUERBURG	2.31	118	142	179	2.37	241	358	680
NUERNBERG – KRAFTSHOF	1.54	107	128	156	1.51	199	273	428
OBERSTDORF	4.35	157	203	284	4.26	444	1086	****
OEHRINGEN	2.13	115	139	173	2.16	229	333	595
OLDENBURG	2.00	113	136	169	2.00	221	316	543
OSNABRUECK	2.32	118	143	179	2.40	243	362	693
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 13 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K****) $\rightarrow \Delta u > u_{soll}$!!

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
PASSAU – OBERHAUS	2.25	117	141	177	2.31	237	350	653
POTSDAM	1.45	106	126	154	1.43	195	267	414
REGENSBURG	1.49	107	127	155	1.46	197	269	419
SAARBRUECKEN- ENSHEIM	2.32	118	143	179	2.40	243	362	694
BAD SALZUFELN	2.09	115	138	172	2.04	223	320	555
SCHLESWIG	2.56	122	148	187	2.63	257	395	824
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 14 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
SCHWERIN	1.57	108	128	157	1.54	199	275	434
SOLTAU	2.15	116	139	173	2.21	232	338	613
STOETTEN	2.57	122	148	188	2.52	250	378	756
STUTTGART – SCHNARRENBURG	1.45	106	126	154	1.34	192	260	399
STUTTGART – ECHTERDINGEN	1.63	109	129	159	1.53	199	274	432
TETEROW	1.30	105	124	150	1.29	190	257	391
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m ² K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 15 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [ρ_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [ρ_{ap} = mm/d]	$u_{soll} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{soll} = 0.15$ [W/m ² K]
TRIER – PETRISBERG	2.09	115	138	172	2.17	230	334	599
ULM	1.70	109	130	160	1.60	203	280	446
WARNEMUENDE	1.47	107	126	154	1.43	195	267	414
WASSERKUPPE	2.76	125	153	195	2.76	266	416	922
WEIDEN / OPF.	1.65	109	130	159	1.63	204	282	452
WEIHENSTEPHAN	1.66	109	130	159	1.55	200	276	436
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05$ W/m²K		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 16 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

STATION	ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NORMALE“ BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE SEPTEMBER BIS APRIL (240 d)				ERFORDERLICHE DÄMMSTÄRKE d_{eff} [mm] FÜR „NIEDRIG – ENERGIE“ - BAUWEISE HEIZPERIODE / NIEDERSCHLÄGE OKTOBER BIS MÄRZ (180 d)			
	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{\text{soll}} = 0.40$ [W/m ² K]	$u_{\text{soll}} = 0.35$ [W/m ² K]	$u_{\text{soll}} = 0.30$ [W/m ² K]	MITTELWERT [p_{ap} = mm/d]	$u_{\text{soll}} = 0.25$ [W/m ² K]	$u_{\text{soll}} = 0.20$ [W/m ² K]	$u_{\text{soll}} = 0.15$ [W/m ² K]
WEISSENBURG / BAYERN	1.52	107	127	156	1.46	197	269	419
WENDELSTEIN	4.14	152	195	268	4.03	403	873	****
WITTENBERG	1.41	106	125	153	1.40	194	264	409
WUERZBURG	1.52	107	127	156	1.52	199	273	430
****) ZUGSPITZE	5.38	188	257	399	5.44	911	****	****
MITTEL DER MITTEL ALLER STATIONEN	2.158	116	139	174	2.134	228	330	586
VERGLEICH MIT PAUSCHALEM WERT $\Delta u = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$		105	124	151		191	258	391
VERGLEICH ZU WARMDACH MIT LAMBDA – DÄMMSTOFF = 0.040 W/mK		91	105	124		151	191	258

TABELLE 17 / 17

UNTERMALUNG: ZUSCHLAG Δu GRÖßER ALS 0.05 W/m²K

****) ZUGSPITZE nicht in die Gesamtstatistik einbezogen!

****) $\rightarrow \Delta u > u_{\text{soll}}$!!