Fraunhofer
IBP

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

IBP-Bericht HTB-02/2011

Bewertung der hygrothermischen Verhältnisse in einer Dachkonstruktion mit einer 100 mm dicken Überdämmung

Durchgeführt im Auftrag der
DEUTSCH ROCKWOOL
Mineralwoll GmbH & Co. OHG

Der Bericht umfasst
5 Seiten Text
4 Bilder

Auszugsweise Veröffentlichung nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Dipl.-Ing. Beate Schafaczek

Holzkirchen, 18. Januar 2011

Stv. Abteilungsleiter

Dipl.-Ing. Daniel Zirkelbach

Bearbeiter

Dipl.-Ing. Beate Schafaczek

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12 · D-70569 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711/970-00
Telefax +49 (0) 711/970-3395
www.ibp.fraunhofer.de

Institutsteil Holzkirchen
Fraunhoferstr. 10 · D-83626 Valley
Telefon +49 (0) 8024/643-0
Telefax +49 (0) 8024/643-366
www.bauphysik.de

Projektgruppe Kassel
Gottschalkstr. 28a · D-34127 Kassel
Telefon +49 (0) 561/804-1870
Telefax +49 (0) 561/804-3187

1 Problemstellung

Eine mögliche Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz bestehender Gebäude ist die thermische Sanierung des Dachaufbaus. Eine Sanierung von außen z.B. in Kombination mit der Erneuerung der Eindeckung ist dabei für die Bewohner mit besonders wenig Beeinträchtigungen verbunden. Allerdings muss dabei berücksichtig werden, dass ältere Konstruktionen in der Regel keine Luftdichtheitsebenen und auch keine zuverlässigen dampfbremsenden Schichten aufweisen, so dass der neue Aufbau zwar luftdicht aber möglichst diffusionsoffen ausgeführt werden sollte.

Die vorliegende Untersuchung bewertet einen Dachaufbau, bei dem die Luftdichtheitsebene, nach dem Einbau der Zwischensparrendämmung, über den Sparren verlegt wird und anschließend eine Überdämmung von 100 mm aufgebracht wird, welche an der Außenseite mit einer diffusionsoffenen Unterdeckbahn kaschiert ist. Die Berechnungen erfolgen für zwei verschiedene Sparrenhöhen.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Die Untersuchungen werden mit Hilfe des am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) entwickelten und vielfach experimentell validierten Verfahrens zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen WUFI® [1] durchgeführt. Das Programm WUFI® entspricht vollständig den Anforderungen der WTA [2] sowie der neuen europäischen Norm DIN EN 15026 [3] für hygrothermische Simulationen.

Zur Berechnung wird der Standard-Dachaufbau mit 100 mm Aufsparrendämmung (Bild 1) entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers modelliert (von außen nach innen):

- Ziegeleindeckung
- Unterdeckbahn Toprock
- Aufsparrendämmung WLG 035 — 100 mm
- Luftdichtheitsebene (s_d = 0,5 m)
- Zwischensparrendämmung WLG 035 — 120/140 mm
- Gipskartonplatte — 12,5 mm
  alternativ: Holzwolleleichtbauplatte — 40 mm
  Kalkzementputz — 25 mm

Die Kennwerte der verschiedenen Materialien sind entweder den Herstellerangaben entnommen oder stammen aus der WUFI®-Materialdatenbank. Die Unterdeckbahn Toprock hat nach Angaben des Herstellers einen feuchtevariablen s_d-Wert zwischen 0,01 m und 0,095 m [4]. Da jedoch viele Untersuchungen gezeigt haben, dass s_d-Werte kleiner 0,1 m aufgrund von Verschmutzungen oder Ablagerungen auf Unterdeckbahnen nicht über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten werden können, werden die Berechnungen entsprechend dem

Hinweis in der DIN 4108-3, Anhang A [5] mit einem konstanten s_d-Wert der Unterdeckbahn von 0,1 m durchgeführt.

Die in Abhängigkeit von der Luftdichtheit konvektiv in die Konstruktion eindringende Feuchtemenge wird in der Simulation über das Infiltrationsmodel des IBP berücksichtigt. Hierbei wird eine Feuchtequelle in den oberen Bereich der Zwischensparrendämmung eingebracht (im Falle einer Konvektionsströmung von innen nach außen fällt das Tauwasser unter der Luftdichtheitsebene aus). Die Menge der im Winter eingebrachten Feuchte wird aus dem Überdruck aufgrund des thermischen Auftriebs (hier bei 5 m Innenraumhöhe für zwei Geschosse), der Innenraumluftfeuchte und der Luftdichtheit der Hülle (hier q_{50} = 5 m³/m²h – ein Wert, der bei neueren Konstruktionen in der Regel deutlich unterschritten wird) bestimmt [6].

An der Außenseite werden stündlich gemessene Klimadaten des Standorts Holzkirchen angesetzt, der auf einer Höhe von 690 m vor den Alpen liegend als kritisch repräsentativ für deutsche Klimaverhältnisse gilt und damit abgesehen von höheren Berglagen die ungünstigste Belastungssituation darstellt. Im Innenraum werden Wohnraumbedingungen mit normaler Feuchtelast nach DIN EN 15026 [3] verwendet, welche sich in Abhängigkeit von den aktuellen Außenklimabedingungen einstellen. Das Dach ist 25 ° nach Norden geneigt. Der Wärmeübergangswiderstand beträgt innen 8 W/m²K und außen 19 W/m²K. Dabei werden eine Ausführung ohne Hinterlüftungsebene und infolgedessen auf dem Unterdach ähnliche Temperaturverhältnisse wie auf den Ziegeln angenommen. Regenwasserabsorption wird nicht berechnet, da das flüssige Wasser durch die beiden Ebenen Ziegeleindeckung und Toprock-Unterdeckbahn abgeführt wird. Die Anfangsfeuchte der Materialien wird entsprechend der Sorptionsfeuchte bei 80 % relativer Feuchte angenommen – dies entspricht einer Lagerung der Materialien im Freien ohne direkten Kontakt mit Niederschlagswasser. Die Berechnungen beginnen im Oktober und werden über einen Zeitraum von 10 Jahren durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die durchgehend diffusionsoffene Konstruktion weist im Regelquerschnitt keine feuchteempfindlichen Materialien auf und die Wassergehalte bleiben in allen Schichten auf sehr niedrigem Niveau. Lediglich an der Luftdichtheitsebene und der Unterdeckbahn kann es aufgrund des im Vergleich zur Dämmung höheren Diffusionswiderstands ggf. zu temporär erhöhten Feuchten oder Tauwasser kommen. Zur Beurteilung der Ergebnisse werden daher die an der Unterdeckbahn Toprock und an der Luftdichtheitsebene anfallenden Tauwassermengen herangezogen. Die DIN 4108-3 [5] fordert, dass die Tauwassermenge bei nicht sorptionsfähigen Materialien in der Tauwasserebene eine Menge von 500 g/m² und Jahr nicht überschreiten darf, um ein Ablaufen von Kondensat zu vermeiden. Dieser Grenzwert sollte auch bei hygrothermischen Simulationen nicht überschritten werden. Für das Euro-Glaser und andere Regelwerken stehen derzeit jedoch niedrigere Grenzwerte von 200 bzw. 300 g/m² zur Diskussion, da der Grenzwert der DIN 4108-3 eher großzügig erscheint.

Bild 2 zeigt den Verlauf der anfallenden Tauwassermengen bei einem Dachaufbau mit 140 mm hohen Sparren und 100 mm Überdämmung. Im oberen Diagramm sind die Tauwassermengen an der Unterdeckbahn Toprock und im unteren Diagramm die an der Luftdichtheitsebene ausfallenden Tauwassermengen abgebildet. Die roten Kurven stellen dabei jeweils die Variante mit innenseitiger Gipskartonplatte, die blauen Kurven die Alternative mit Holzwolleleichtbauplatten und Innenputz dar. Letztere zeigt in den ersten Monaten eine höhere maximale Tauwassermenge als in den folgenden Jahren, was darauf zurückzuführen ist, dass die Einbaufeuchte des Putzes mit dem Beginn des Winters zusammenfällt. Um diese erhöhten Tauwassermengen zu vermeiden, sollte darauf geachtet werden, dass der Innenputz nicht unmittelbar vor den Wintermonaten angebracht wird. Nach Austrocknen der Einbaufeuchte ergibt sich bei der Variante mit Holzwolleleichtbauplatten und Putz eine maximale Tauwassermenge von 92,5 g/m² an der Unterdeckbahn und 1,7 g/m² an der Luftdichtheitsebene. Bei der Variante mit Gipskarton fallen an der Unterdeckbahn 130,6 g/m² und an der Luftdichtheitsebene 1,2 g/m² aus. Für den Dachaufbau mit 120 mm Sparrenhöhe sind die Verläufe der Tauwassermengen in Bild 3 dargestellt. Hier fallen maximal 138,7 g/m² bzw. 0,8 g/m² bei der Variante mit Gipskarton und 92,0 g/m² bzw. 1,2 g/m² bei der Variante mit Holzwolleleichtbauplatten und Putz aus.

Für einen besseren Überblick zeigt Bild 4 für alle vier Varianten die maximalen Tauwassermengen. Dabei stellt jeweils der linke, dunklere Balken die maximale Tauwassermenge an der Unterdeckbahn Toprock, der rechte, hellere Balken die maximale Tauwassermenge an der Luftdichtheitsebene dar. Es wird noch mal deutlich, dass die maximalen Tauwassermengen an der Unterdeckbahn Toprock bei allen Varianten unter 150 g/m² und an der Luftdichtheitsebene unter 25 g/m² liegen - und somit sowohl den Grenzwert von 500 g/m² aus der DIN als auch die ggf. niedrigeren Maximalwerte neuerer Regelwerke mit 200 bzw. 300 g/m² unterschreiten.

4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Steildachsanierung von außen ohne zusätzliche Anordnung einer Dampfbremse auf der Innenseite mit dem hier untersuchten System möglich ist. Bei 120 oder 140 mm Zwischensparrendämmung und einer Aufsparrendämmdicke von 100 mm bleiben die Feuchteverhältnisse bei einer innenseitigen Bekleidung mit Gipskartonplatte oder verputzten Holzwolleleichtbauplatten ganzjährig im unkritischen Bereich. An der Luftdichtheitsbahn zwischen den beiden Dämmschichten ist praktisch kein Tauwasserausfall zu verzeichnen; an der Unterdeckbahn liegen die Tauwassermengen mit maximal 140 g/m² unterhalb sowohl der in der DIN 4108 mit 500 g/m² bzw. in anderen internationalen Regelwerken mit 200 oder 300 g/m³ angegebenen maximal zulässigen Werte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen setzen jeweils eine sorgfältige und fachgerechte Ausführung insbesondere der Luftdichtheitsebene voraus.

5 Literatur

[1] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation Universität Stuttgart 1994.

[2] WTA-Merkblatt 6-2-01/D: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Mai 2002.

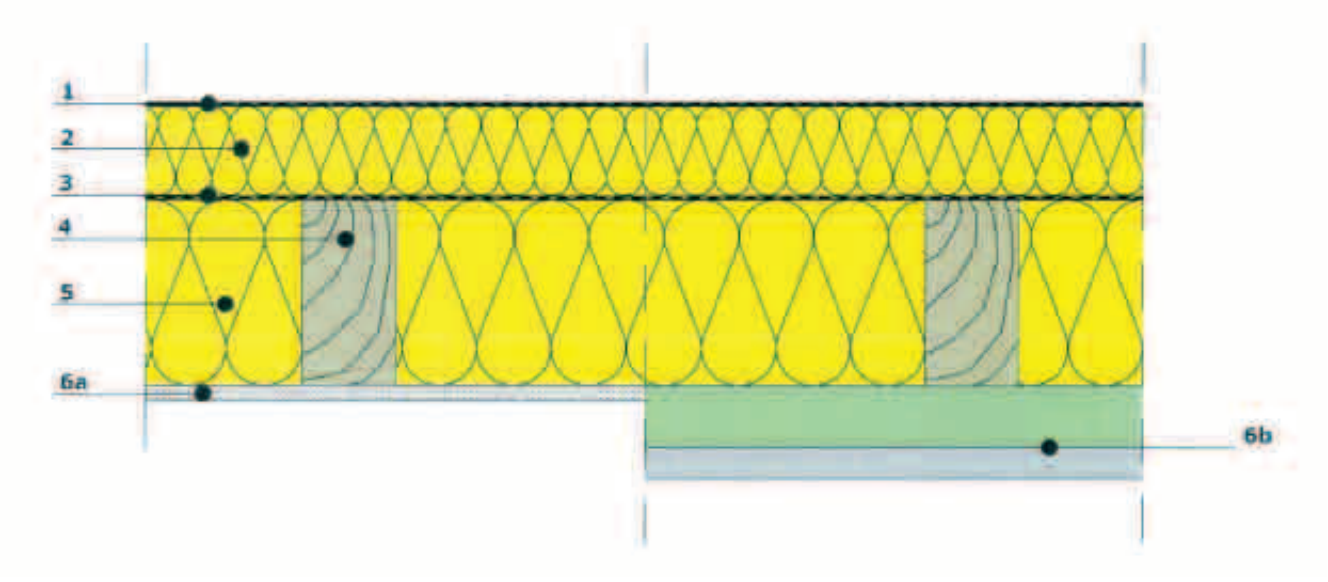
[3] DIN EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Juli 2007.

[4] Prüfprotokoll P4.1/06-190-24-1 vom 09.01.2007. MFPA Leipzig GmbH.

[5] DIN 4108-3:2001-07: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Beuth Verlag. Berlin 2001.

[6] Zirkelbach, D., Künzel, H.M., Schafaczek, B & Borsch-Laaks, R.: Dampfkonvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin 2009

Bilder



1 Unterdeckbahn Rockwool Toprock
2 Aufsparrendämmung (Masterrock 035 GF kaschiert)
3 Luftdichtheitsebene
4 Sparren
5 Zwischensparrendämmung (Klemmrock 035)
6a Gipskartonplatte
6b Holzwolleleichtbauplatte + Innenputz

Bild 1: Schematische Darstellung des für die Berechnung verwendeten Dachaufbaus.

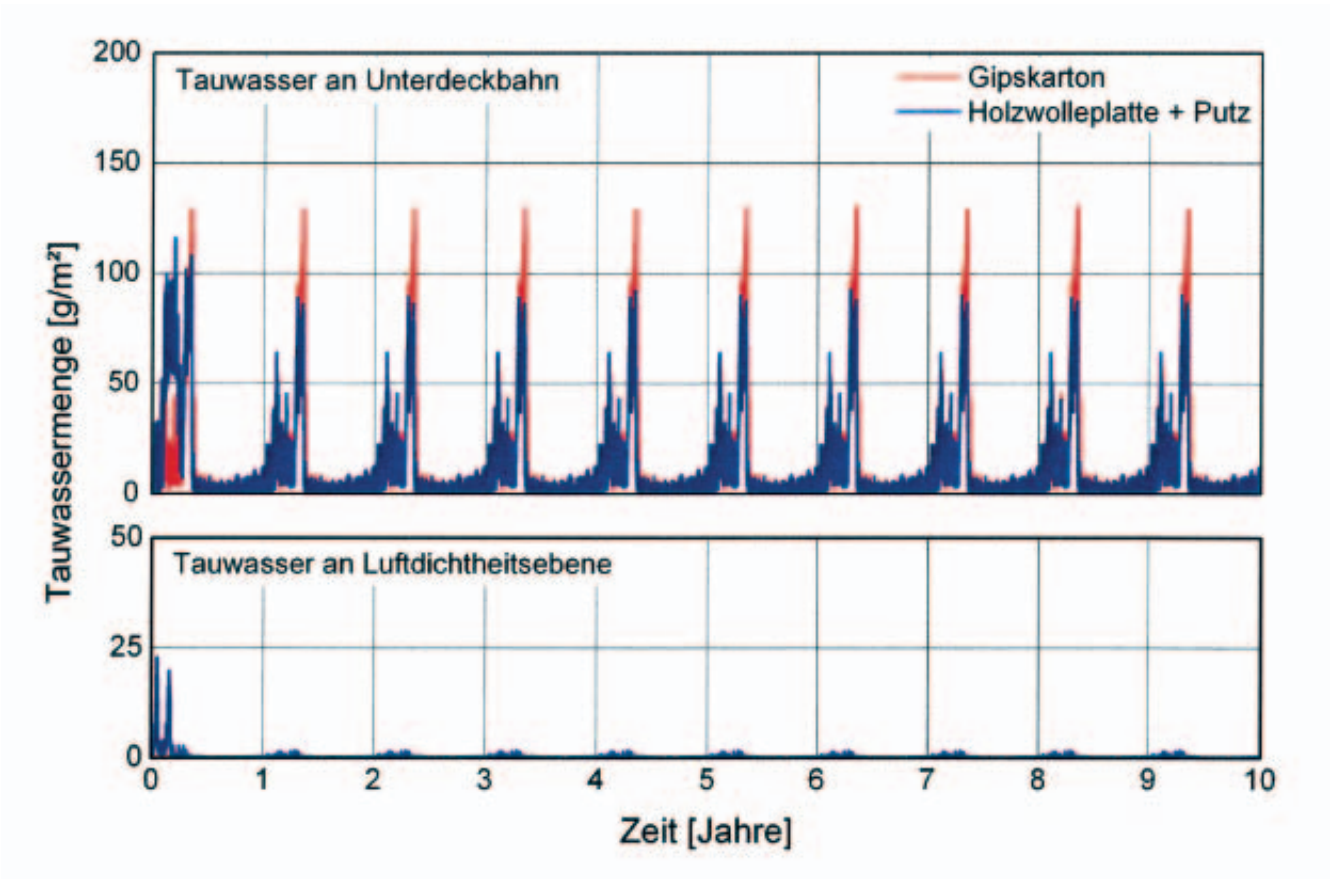


Bild 2: Verlauf der anfallenden Tauwassermenge bei einem Dachaufbau mit 140 mm Sparrenhöhe und 100 mm Überdämmung bei Variation der innenseitigen Bekleidung über einen Berechnungszeitraum von 10 Jahren.
oben: anfallende Tauwassermenge an der Unterdeckbahn Toprock
unten: anfallende Tauwassermenge an der Luftdichtheitsebene

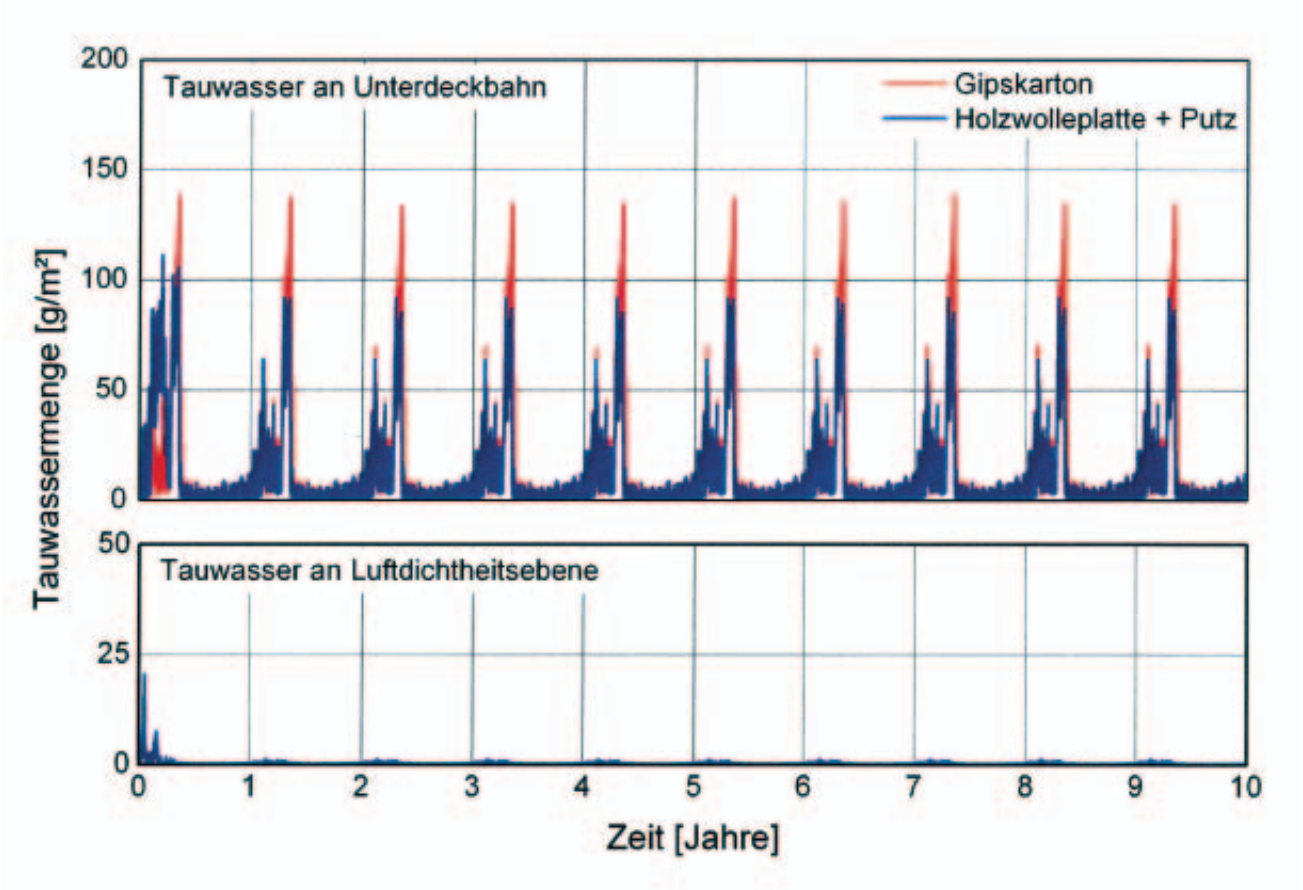


Bild 3: Verlauf der anfallenden Tauwassermenge bei einem Dachaufbau mit 120 mm Sparrenhöhe und 100 mm Überdämmung bei Variation der innenseitigen Bekleidung über einen Berechnungszeitraum von 10 Jahren.
oben: anfallende Tauwassermenge an der Unterdeckbahn Toprock
unten: anfallende Tauwassermenge an der Luftdichtheitsebene

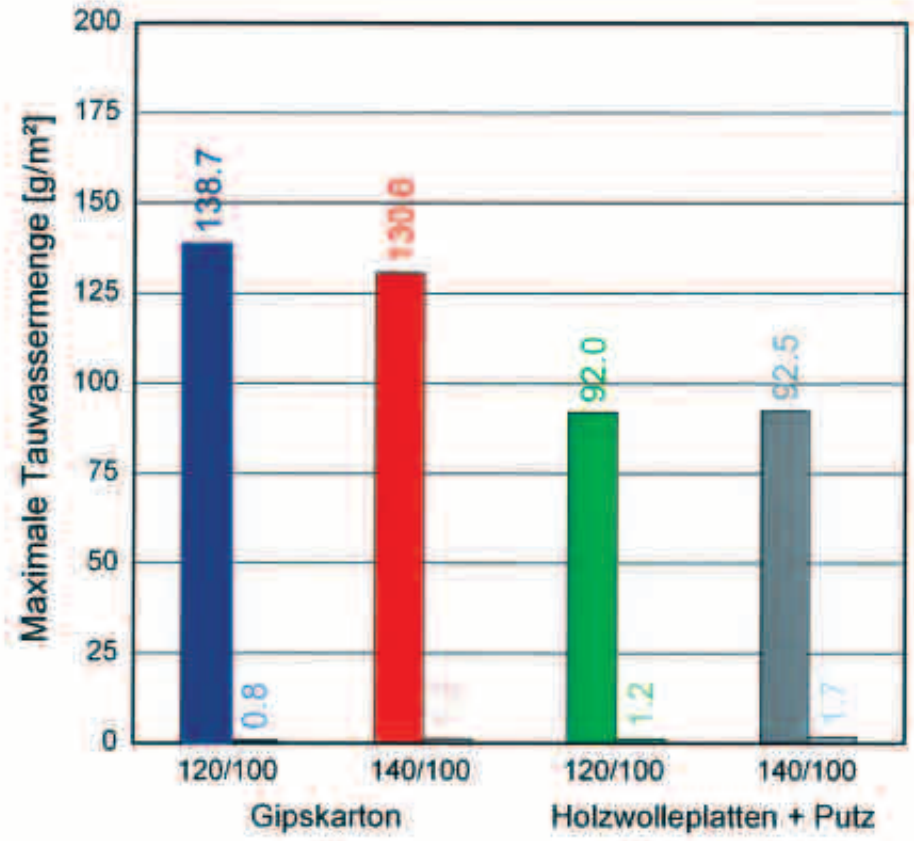


Bild 4: Maximale Tauwassermengen bei den vier verschiedenen Varianten des Dachaufbaus. Linker, dunklerer Balken: max. Tauwassermenge an der Unterdeckbahn Toprock Rechter, hellerer Balken: max. Tauwassermenge an der Luftdichtheitsebene