

1. Fenstersysteme

In der EnEV 2009 wurde ein U_w -Wert von $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert - damit war die Leistungsgrenze des Holzfenstersystems IV 68 mit 2-fach-Verglasung erreicht. Der Fensterbauer muss sich jetzt auf Fenster mit neuen und dickeren Profilgeometrien sowie mit 3-fach-Verglasungen einstellen. Deshalb werden im Eingangskapitel des Vademecums die Veränderungen an den Fenstersystemen in unterschiedlichen Dicken und Varianten vorgestellt. Dabei sind Aspekte, wie eine kostengünstige, rationelle, moderne Fertigung, Einsatz moderner Materialien, Erhöhung der Langlebigkeit und Gebrauchseigenschaften des Fensters in Einklang zu bringen.

1.1 Marktübersicht

1.1.1 Fenster mit klassische Konstruktionsmerkmale (DIN 68121)

1.1.2 Fenster mit modernen Konstruktionsmerkmale

1.2 Anwendung moderner Konstruktionsmerkmale

1.2.1 Verglasungssystem

1.2.2 Glasfalzhöhe und Glaseinstand

1.2.3 Glashalteleiste

1.2.4 Dampfdruckausgleichsöffnungen

1.2.5 Dichtungsprofile

1.2.6 Beschläge

1.2.7 Blendrahmenunterstück

1.2.8 Blendrahmenüberschlag außen

1.2.9 Trennung von Wind- und Regendichtung

1.2.10 Flügelüberschlag innen

1.2.11 Trennebene zwischen Innen- und Außenprofil

1.2.12 Eckverbindung

1.3 Schnittstellen

1.3.1 Maschinen und Fertigungskonzept

1.3.2 Werkzeuge

1.3.3 Beschläge

1.3.4 Wetterschutzschiene

1.3.5 Dichtungsprofile

1.3.6 Glas und Verglasung

1.4 Auswahlkriterien

1.5 Beispiele

1.5.1 KORA FT 11 - Fenstersystem IV 78/IV90

1.5.2 Climatrend Fenstersystem

1.5.3 Holz-Alu-Fenster

1.5.4 Passivhausfenster

1.5.5 Verbundfenster

1.5.6 Blendrahmenfenster mit verdecktem Flügel

1.5.7 Nach außen öffnende Fenster (Skandinavische Fenster)

1.5.8 Baukastenfenster Schweikart Venstersysteme

1.5.9 System Freisinger - Optiwini

1.6 Quellen

1.1 Marktübersicht

1.1.1 Fenster mit klassischen Konstruktionsmerkmalen (DIN 68121)

Die wesentlichen Konstruktionskriterien für Holzfenster wurden ursprünglich in der DIN 68121 festgelegt. Diese ist nach wie vor gültig, obwohl Weiterentwicklungen in der Profilierung durch aktuellere Erkenntnisse in der Fensterforschung angeregt wurden. In der Norm werden folgende Fenstersysteme beschrieben:

- Das Einfachfenster mit nur einem Flügel mit Einscheibenglas (EV) bzw. Mehrscheibenglas (IV).
- Verbundfenster (DV) unterscheidet sich zum Einfachfenster in der Hinsicht, dass der Flügel aus zwei fest miteinander verbundenen hintereinander liegenden Einzelflügeln mit gemeinsamer Drehachse zusammengesetzt ist.
- Das Kastenfenster besteht aus zwei Einzelfenstern mit Innen- und Außenflügeln mit jeweils eigener Drehachse. Die Fenster sind in der Regel durch ein ringsumlaufendes Futter miteinander verbunden.

Verbund- und Kastenfenster erreichen ohne zusätzliche Dämmstoffeinlagen in den Rahmenprofilen und ohne 3-fach-Verglasung hervorragende Wärme- und Schalldämmwerte, wie der ift Forschungsbericht Holzfenster 2012 bestätigte. Der Bedienkomfort und der Aufwand in der Fertigung sprechen allerdings bislang gegen eine Renaissance dieser Fenstertypen. Der handwerkliche Fensterbauer könnte aber damit trotzdem eine Marktnische besetzen - eine technische Weiterentwicklung der Beschlagtechnik, diverser Zusatzfunktionen (z. B. Sonnen- oder Insektenschutz im Zwischenraum) und eine entsprechende Marketingstrategie vorausgesetzt.

Allgemeine Konstruktionsgrundsätze nach DIN 68121

Die DIN 68121 beschreibt im Teil 2 einige Konstruktionsdetails, die bislang durch die üblichen Fensterwerkzeugsätze - automatisch und vom Fensterbauer fast unbemerkt - berücksichtigt wurden:

- Die Ablaufneigung des unteren Querstückes von Flügel und Blendrahmen außen muss ≥ 15 Grad betragen.
- Bei erhöhter raumseitiger Tauwasserbildung müssen die Glasleisten innen ebenfalls ≥ 15 Grad Ablaufneigung haben.
- Alle Rundungen im Witterungsbereich müssen einen Radius von mindestens 2 mm aufweisen.
- Das untere Flügelholz muss eine Wasserabreißnut aufweisen. Die Mindestbreite ist 7 mm, wobei die äußere Wange eine Mindestdicke und eine Mindesthöhe von jeweils 5 mm haben muss.
- Die räumliche Trennung zwischen Regen- und Windsperre muss mindestens 17 mm betragen.
- Befestigung der witterungsbeständigen Wetterschutzschiene (in der Regel aus Aluminium) mit Wasserkammer und Entwässerungsschlitzen mittels Schrauben oder alternativ mittels Klemmung.
- Der seitliche Abschluss der Wetterschutzschiene zum Blendrahmen muss mit Endkappen oder dauerelastischer Abdichtung erfolgen. Die

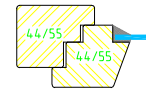


Bild 1.) Einfachfenster, (1 Scheibe) EV44

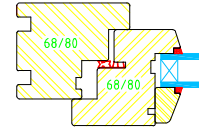


Bild 2.) Einfachfenster (2 Scheiben) IV68

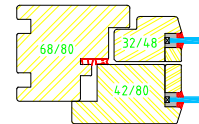


Bild 3.) Verbundfenster DV 42/78 - 32

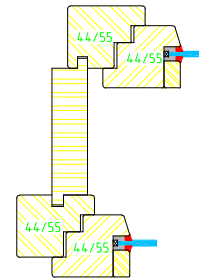


Bild 4.) Kastenfenster 2 x EV 44 - 55

Abdichtung muss bis zur Oberkante der inneren Aufkantung der Wetterschutzschiene vorgenommen werden.

- Eventuell entstehende Hohlräume zwischen Blendrahmen und Wetterschutzschiene (seitlich) müssen abgedichtet werden.
- Glasfalzhöhe beträgt bei Mehrscheibenisolierglas mindestens 18 mm.
- Die Glashalteleiste kann genagelt bzw. geklammert werden; die Mindestauflagebreite beträgt 14 mm.
 - Die Auflagebreite kann auf 12 mm reduziert werden, wenn die Glasleisten verschraubt werden.
 - Bei Verglasungen mit dichtstofffreiem Glasfalzgrund muss dieser zur Außenseite geöffnet werden. Der Dampfdruckausgleich kann durch Bohrungen, Durchmesser 8 mm und/oder durch Schlitze 5 x 12 mm, an den 4 Flügelecken erfolgen. Die Öffnungen müssen auch bei Festverglasungen, Füllstücken, Sprossen und dgl. vorgesehen werden.
- Der Flügel sollte am äußeren Anschlag zum Blendrahmen ringsum 1 mm Luft haben.
- Die Mitteldichtung ist die Winddichtung, also maßgebend für die Trennung von Innen- und Außenklima.
- Zusätzlich kann eine zweite innere Flügelüberschlagdichtung eingebaut werden.
- Bei Fenstertüren sollte das untere Querteil des Flügelrahmens nicht breiter als 140 mm sein.
 - Eine weitergehende Verbreiterung kann durch ein weiteres Füllstück mit angefrästem Konterprofil erfolgen.
 - Die Verbindung muss nach außen dauerelastisch so abgedichtet sein, dass keine Kapillarfugen entstehen.
- Die Rahmenverbindung sollte dauerhaft dicht sein und sollte die Maßhaltigkeit nicht beeinträchtigen. Die Rahmenverbindung kann mittels Schlitz und Zapfen oder gekontert mit Dübelverbindung erfolgen.
- Die Luft zwischen Flügel und Blendrahmen beträgt mindestens 4 mm bei eingefrästen Schließplatten.
- Bei Eurofalz und Euronut beträgt die Luft in der Regel 11 mm. Wobei die Auflagebreite des Flügelüberschlags auf dem Blendrahmen mindestens 4 mm betragen sollte.
- Die Maße in der Zeichnung Nr. 5 sind mindestens einzuhalten.

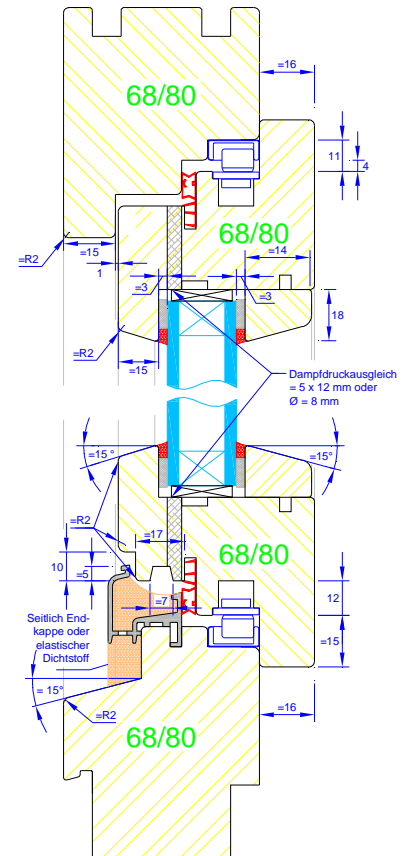


Bild 5.) Fenster IV68 nach DIN 68121

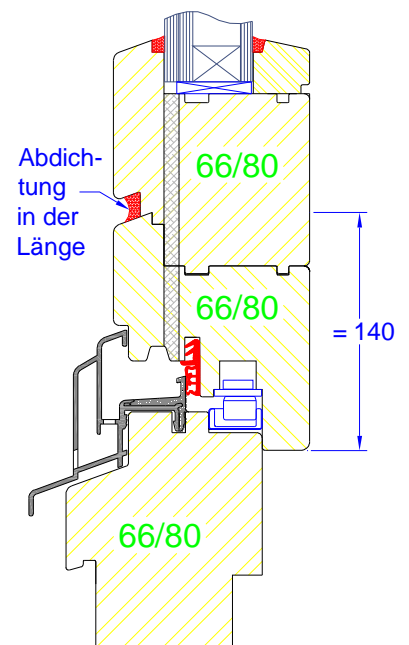


Bild 6.) Unteres Querholz nach DIN 68121

1.1.2 Moderne Konstruktionsmerkmale

Neuere Forschungen und Studien zeigen, dass die nach DIN 68121 konstruierten Holzfenster unter den neuen geänderten Rahmenbedingungen des luftdichten und hochwärmedämmenden Bauens Defizite aufweisen, welche sich insbesondere im Hinblick auf Tauwasseranfall, Wärmebrückeneffekten und dadurch verursachte Folgeschäden negativ auswirken. Moderne konstruktive Grundsätze, die diese Schwächen in Zukunft vermeiden sollen, sind:

- Das Anliegen der Mitteldichtung direkt am Metall der Regenschiene stellt eine Wärmebrücke im Falz dar. Abhilfe schafft entweder eine thermisch getrennte Regenschiene oder eine völlig neue Konstruktion mit vorgesetzter Regenschiene und Anlage der Mitteldichtung am Holz des Blendrahmenunterstücks.
- Damit eine Tauwasserbildung in den Fälzen vermieden wird, ist der Einsatz einer inneren Überschlagsdichtung zwingend notwendig. Diese funktioniert aber nur, wenn sie ringsumlaufend sauber abdichtet und nicht durch Beschlagteile wie Eckband und Ecklager unterbrochen wird. Die Mitteldichtung sollte dann etwas weniger dicht als die Überschlagsdichtung innen sein. Hier ist das Optimum - auch im Hinblick auf die übrige Luft- und Schlagregendichtheit - im Rahmen einer Fensterprüfung zu ermitteln.
- Zur Vermeidung von Tauwasser im Glasfalz muss die Fuge zwischen Glasleiste und Flügel zur Raumseite möglichst dampfdicht sein. Neben einer Überfälzung der Glasleiste (mit eher optischem Effekt) ist eine Abdichtung notwendig. Die beste Lösung ist eine angefräste Glasleiste.
- Die Öffnungen für den Dampfdruckausgleich sollten soweit wie möglich außen und entfernt von der Mitteldichtung liegen.
- Kapillarfugen sind konstruktiv und verarbeitungstechnisch unbedingt zu vermeiden.

Um diese neuen, ergänzende Konstruktionskriterien konsequent und optimal umzusetzen, bedarf es neuer Fenstersysteme mit modernen, abgestimmten Profilgebungen. Da der Rahmendämmwert in Zukunft eine immer entscheidendere Rolle spielen wird, braucht der Fensterbauer bei monolithischem Holzeinsatz, mehrere unterschiedlich dickere Profile. Entscheidend wird es sein, geeignete Profilgebungen zu finden, welche möglichst viele positive Eigenschaften in sich vereinen. Es entstehen Investitionskosten, da komplett neue Profile, völlig neue Werkzeugsätze und u. U. auch neue Maschinen notwendig machen.

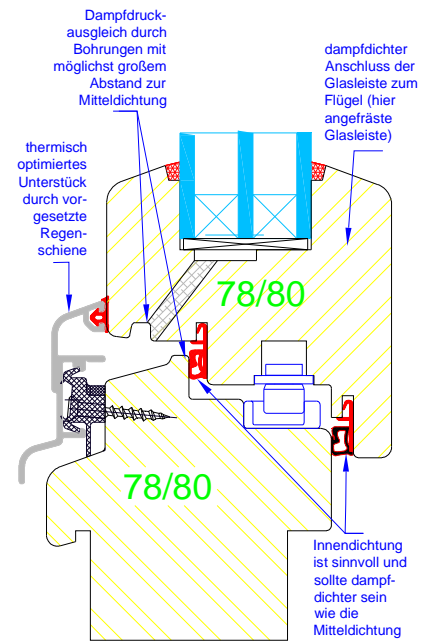


Bild 7.) Fensterkonstruktion gemäß neuesten Erkenntnissen

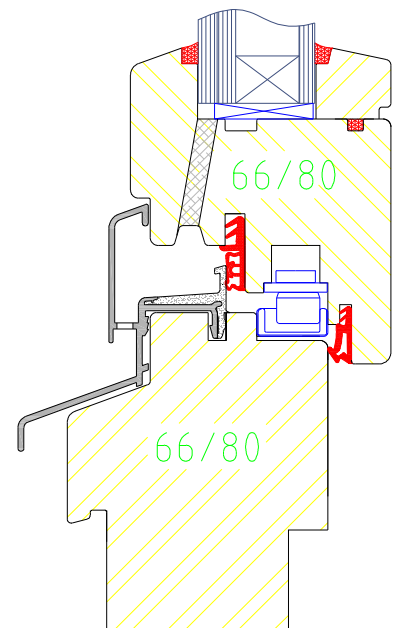


Bild 8.) Traditionelle Fensterkonstruktion aufgerüstet gemäß neueren Erkenntnissen

1.2 Anwendung moderner Konstruktionsmerkmale

Eine moderne Fensterprofilgebung wird nicht nur bestimmt von Regelwerken und Erkenntnissen der Forschung, sondern auch der Weiterentwicklung von Dichtungsmaterialien, Verglasungssystemen, Beschlägen. Es gibt neue Eckverbindungen, andersartige Fertigungsabläufe. Es gibt die Möglichkeiten des Werkzeugsplittings und des Wechselfalzes und vieles andere mehr. Nachfolgend wird im Einzelnen jeder Bereich innerhalb der Profilgebung dargestellt.

1.2.1 Verglasungssystem

Die Art des Verglasungssystems hat unmittelbaren Einfluss auf die Art des dafür notwendigen Fertigungsverfahrens. Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten die Abdichtung zwischen Füllung und Flügelrahmen herzustellen:

- Nassverglasung mit dauerelastischem Dichtstoff (Silikon)
 - mit oder
 - ohne Vorlegeband (Bild 35, 36)
- Trockenverglasung mit Verglasungsdichtungen (Bild 37)

Die Nassverglasung ist die typische Art der Abdichtung beim Holzfenster. Die Trockenverglasung wird in der Regel beim Kunststoff-, bzw. Alu-Fenster, notwendig durch die höhere thermische Längenausdehnung des Rahmenmaterials und vorteilhaft, wegen der einfacheren Entwässerungsmöglichkeiten der Hohlkammerprofile, eingesetzt.

Es gibt die Möglichkeit der Verglasung mit Vorlegeband (Bild 36). Dies ist insbesondere bei Sonderverglasungen evtl. noch sinnvoll. In rationell arbeitenden Holzfensterbetrieben erfolgt die Verglasung in der Regel ohne Vorlegebänder (Bild 35), mit einer dauerelastischen Abdichtung innen und außen. Maßgebend ist hierfür die Schrift 9/83 "Richtlinie zur Verglasung von Holzfenstern ohne Vorlegeband" des Instituts für Fenstertechnik, Rosenheim.

1.2.2 Glasfalzhöhe, Glaseinstand

In der Uw-Wert Berechnung fließt maßgebend der Wärmebrückenfaktor der Glasanbindung zum Flügel ein. Eine Verbesserung dieses Faktors erreicht man durch eine Erhöhung des Glasfalzes bzw. Glaseinstands.

In der DIN 68121 war eine Glasfalzhöhe von 18 mm (Bild 38) vorgegeben. Mittlerweile kommen Glasfalzhöhen bis zu 25 mm zum Einsatz. Bei der Planung der Profilgebung sollte man sich darüber im Klaren sein, dass mit der Erhöhung des Glasfalzes, ausgehend von der Standard Rohholzbreite, eine Schwächung des Flügelquerschnitts einhergeht. Sinnvoll ist es einen Kompromiss zwischen verbessertem Wärmebrückenfaktor und noch ausreichender Flügelstatik anzustreben. Unter diesem Gesichtspunkt liegt die Glasfalzhöhe in einem Bereich von 20 bis 23 mm (Bild 39).

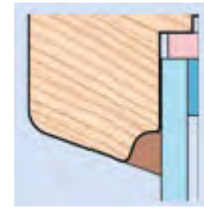


Bild 35.) Nassverglasung ohne Vorlegeband

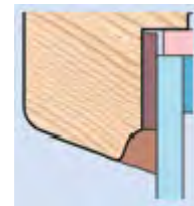


Bild 36.) Nassverglasung mit Vorlegeband



Bild 37.) Trockenverglasung

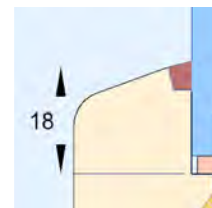


Bild 38.) Normaler Glaseinstand bis 18 mm

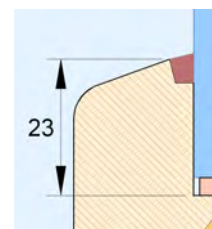


Bild 39.) Höherer Glaseinstand bis zu 25 mm

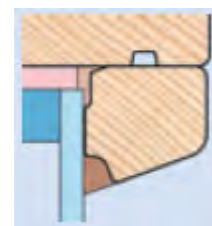


Bild 40.) Glasleiste ohne Schattennut

1.2.3 Glashalteleiste

Die klassische Glashalteleiste hat eine angefräste Schattennut. In der jüngeren Vergangenheit gab es die glatte Glasleiste (Bild 40). Das hatte den Vorteil, dass man bei einer CNC-Einzelteil-Bearbeitung, diese leicht, komplett profiliert, genau abgelängt mit Anschneiden der Gehrungen, aus dem Flügel austrennen konnte. Die meisten Fensterbauer bevorzugten heute aber aus optischen Gründen eine überfälzte Glasleiste (Bild 42), da die Längsfugen zwischen Flügel und Glasleiste sauber abgedeckt sind.

Der Herstellprozess ist allerdings aufwendiger und ein Austrennen auf der Innenseite des Flügels bei der CNC-Bearbeitung mit Standardprofilbreiten nicht machbar. In der Regel wurde die Glasleiste deshalb im vorgelagerten Profilfräsautomat ausgetrennt und nachprofiliert. Die Gehrungen mussten bei diesem Verfahren in einem zusätzlichen Arbeitsgang angeschnitten werden. Mittlerweile gibt es Möglichkeiten bei der CNC-Bearbeitung, diese Leiste auf der Außenseite des Flügels von unten komplett zu bearbeiten.

Da die Fuge zwischen Glasleiste und Flügel, wie schon angesprochen, gemäß neuester Fensterforschung, dampfdicht ausgeführt werden sollte, ist eine Abdichtung notwendig. Diese sollte z. B. über eine spezielle Glasleistendichtung oder dauerelastisch erfolgen (Bild 43).

Es gibt noch einen weiteren, im Zusammenhang mit dem modernen Fertigungsverfahren der Einzelteilfertigung entstandenen, inneren Falzabschluss: Die angefräste Glasleiste (Bild 44). Hierbei wird kein Glasfalz, sondern eine Glasnut gefräst, welche als Füllung das Wärmeschutzglas aufnimmt. Bei der Einzelteilfertigung hat man einen andersartigen Fertigungsablauf. Es werden keine Rahmen mehr hergestellt, sondern die Fertigung erfolgt weitestgehend am losen Stück. Erst gegen Ende der Fertigung werden die Einzelteile als Rahmen um die Glasscheibe herum montiert und verschraubt. Weitere Informationen dazu und die Darstellung des gesamten Fertigungskonzepts im Kapitel 4. Die Vorteile der Einzelteilfertigung mit angefräster Glasleiste sind:

- sehr kostengünstiges Verfahren bei entsprechender Einrichtung
- alle Arbeitsschritte für die Glasleiste entfallen
- das Handling für die gesonderte Bearbeitung der Glasleiste entfällt
- bauphysikalisch optimal, da absolut dichter Abschluss des Falzes von innen und somit kein Tauwasseranfall im Glasfalz

Die Nachteile der angefrästen Glashalteleiste sind;

- Bei sehr großen Elementen und Festverglasungen, welche zum Teil auf der Baustelle eingesetzt werden müssen, ist zum nachträglichen Einbau der Glasscheibe eine herausnehmbare Glasleiste notwendig.
- Damit die Einzelteilfertigung kostengünstig und rationell abläuft, muss jeder Fertigungsschritt und der dazugehörige Arbeitsplatz explizit neu angepasst und eingerichtet werden (Stichwort: Glasverklebung bzw. verstellbare Verklotzung, Oberflächenbehandlung am losen Stück usw.)



Bild 41.) Glasleiste mit Schattennut



Bild 42.) Glasleiste überfälzt



Bild 43.) Glasleiste überfälzt mit Glasleistendichtung

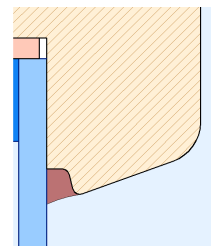


Bild 44.) angefräste Glasleiste

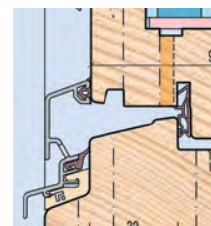


Bild 45.) neue Fensterprofilierung mit **ungünstigen** Abstand Dampfdruckausgleich zur Mitteldichtung

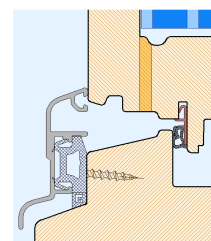


Bild 46.) neue Profilierung mit **günstigen** Abstand Dampfdruckausgleich zur Mitteldichtung

1.2.4 Dampfdruckausgleichsöffnungen

Glasfalzbelüftungen bzw. Dampfdruckausgleichsöffnungen erfolgen entweder durch einen in der Querbearbeitung angefrästen Kanal mit dem Querschnitt 5 x 12 mm, welcher im Bereich der Konterungen nicht ausgefüllt wird oder durch Bohrungen mit einem Minimal-Durchmesser von 8 mm jeweils an den vier Ecken. Mittels der neuen CNC-Fertigung gibt es Varianten mit Einsatzfräsung. Nach wie vor ist das Anfräsen der Dampfdruckausgleichsöffnungen bei der Längsprofilierung bzw. Konterung am schnellsten und rationellsten.

Wichtig für moderne Fensterkonstruktionen ist es, dass die Anordnung der Öffnungen im Falz zwischen Flügel und Blendrahmen so geplant werden, dass diese möglichst weit außen, weg von der Mitteldichtung aber immer noch schlagregengeschützt, liegen (Bild 45,46).

1.2.5 Dichtungen

Im Laufe der Jahre hat sich beim klassischen IV 68 Fenstersystem die Flügelmitteldichtung etabliert. Für Schallschutzfenster wurde zusätzlich eine zweite Dichtung im Flügelüberschlag eingesetzt. Wenn schmale Ansichten für den Flügel z. B. im Denkmalschutz gefordert werden, kann auch eine Blendrahmenmitteldichtung sinnvoll sein. Der Flügel wird nicht zusätzlich durch eine Dichtungsnut im Querschnitt geschwächt (Bild 51).

Bei modernen Fensterkonstruktionen werden vermehrt Dichtungen mit kleineren Dichtungsnutabmessungen eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass man für die Überschlagsdichtung und Mitteldichtung die gleiche Dichtung einsetzen kann (Bild 50). Man muss nur noch eine Dichtung bevorraten, was Lager-, Material- und Bestellkosten reduziert. Klassische Fenstersysteme haben in der Regel Dichtungsnutabmessungen von 5 x 8,5 mm, moderne Fenstersysteme hingegen haben Dichtungsnutmaße von 3 x 5,5...6 mm. Die kleineren Nuten schwächen den Querschnitt des Flügels weniger, schmalere Flügel sind somit möglich (vorteilhaft für den Einsatz im Denkmalschutz). Grundsätzlich werden drei Arten von Überschlagdichtungen unterschieden:

- kleine Überschlagdichtung mit Holz/Dichtungsanschlag (Bild 47)
- mittelgroße Überschlagdichtung mit nur Dichtungsanschlag (Bild 48)
- große Überschlagdichtung mit reinem Dichtungsanschlag (Bild 49)

Die große Überschlagdichtung (Bild 49) verdeckt den gesamten Flügelüberschlag. Die Profilgeometrie für die mittelgroße Überschlagdichtung (Bild 48) kann wie zuvor beschrieben, so ausgelegt werden, dass hierfür die normale Mitteldichtung verwendet werden kann und somit nur ein Profil in der Lagerhaltung vorgehalten werden muss (Bild 50).

In der Vergangenheit wurde die Überschlagdichtung als zweite Dichtung in erster Linie zur Verbesserung der Schalldämmung eingesetzt. Bei hochwärmedämmenden Fenstern erfüllt diese innere Dichtung jetzt eine weitere sehr wichtige Funktion. Sie dient zunehmend als Dampfsperre, um den Tauwasseranfall im Falzbereich zu verringern. Die zweite



Bild 47.) kleine Überschlagdichtung



Bild 48.) mittlere Überschlagdichtung



Bild 49.) große Überschlagdichtung

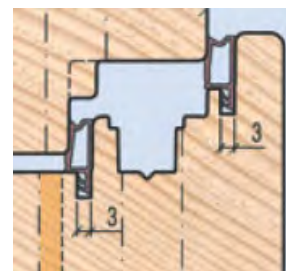


Bild 50.) gleiche Mittel und Überschlagdichtung im Flügel

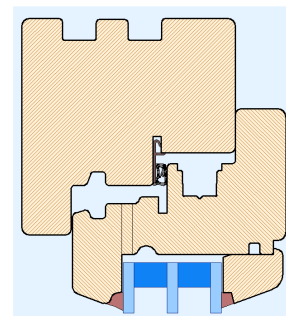


Bild 51.) Blendrahmendichtung im Denkmalschutz für möglichst schmale Flügel