

Fensterbänder mit höchster Tragfähigkeit

Eine Laborarbeit von Christian Löpfe und Ruedi Hofstetter, Studenten im 3. Semester, HF-SMT Basel.

Die moderne Architektur fordert zunehmend mehr Transparenz und somit grössere Fensterelemente. Dieser Trend lässt die Fensterbeschläge – insbesondere die Bänder – an ihre Grenzen stossen. Die beiden Studenten haben sich im Zuge ihrer Laborarbeit intensiv mit der Tragfähigkeit von verdeckt liegenden Fensterbändern auseinandergesetzt.

Text: Redaktion, Bilder: SMT Basel

An der Schweizerischen Metallbautechnikerschule in Basel führen die Studenten während ihres Studiengangs jeweils im 3. Semester eine selbständige Laborarbeit durch. Diese Arbeit soll praxisbezogen und innovativ sein. Vor allem soll sie aber sinnvoll zur Entwicklung im Metallbau beitragen. Die vorliegende Laborarbeit befasst sich mit einem aktuellen Problem des Fenster- und Fassadenbaus. Der Trend der Architektur sehnt sich nach Transparenz und fordert somit möglichst grosse Glasflächen bei wenig Rahmenanteil. Dies bedeutet für die Metallbaubranche, dass immer grössere Fenster- und Fassadenelemente zu produzieren sind. Zu Lüftungs- und Reinigungszwecken sind dabei drehbare Fensterflügel unverzichtbar. Dabei lassen sehr grosse Flügelabmessungen die technischen Möglichkeiten oftmals an ihre Grenzen stossen, denn die Tragfähigkeit der Fensterbänder sind begrenzt.

Zielsetzung

Das Projektteam untersuchte für den Systemhersteller Wicona (Hydro Building Systems AG) neu entwickelte, verdeckt liegende Fensterbänder auf ihre maximale Tragfähigkeit. Zu erwähnen ist, dass in Anbetracht der kurzen Versuchsfrist keine Langzeittests durchgeführt werden konnten. Ziel war es, der Auftraggeberin aufgrund der erlangten Messwerte die ab-



Die beiden Studenten Christian Löpfe (links) und Ruedi Hofstetter (rechts) freuen sich zusammen mit Dino Rossi, Direktor der Hydro Building Systems AG, über die repräsentativen Ergebnisse.

Les deux étudiants Christian Löpfe (à gauche) et Ruedi Hofstetter (à droite), se réjouissent avec Dino Rossi, directeur de Hydro Building Systems AG, de l'obtention de résultats significatifs.

solute Tragfähigkeit der Bänder zu übermitteln, so dass diese in die technischen Dokumentationen und Verkaufsprogramme aufgenommen werden können.

Das Band in seiner Form

Das Fensterband wurde so konzipiert, dass sich Nocken im Rahmen- bzw. im Flügelprofil festkrallen. Zusätzlich sind Klemmplatten in die Profile eingeschoben worden. Durch acht Stück

Senkschrauben der Grösse M5 und Zylinderstifte von 4 mm Stärke ist das entsprechende Band fixiert worden. Somit entstand eine starre Verbindung. Zu diesem Band entwickelte Wicona ein passendes Aluminiumprofil. Da jedoch bei einer verdeckt liegenden Situation kaum eine Verformung zu erkennen gewesen wäre, verwendeten die Studenten ein Standardprofil. Um allfällige Verformungen während der Testphase genau zu erkennen und messbare Werte zu erlangen, klinkten sie das Flügelprofil im Bandbereich aus.

Das Testverfahren

Um die entsprechenden Testreihen auch möglichst praxisnah durchführen zu können, sind zwei grossflächige Fenster mit Flügelabmessungen von 2000 x 2646 mm gebaut worden. Für die Testzwecke entwickelten und konstruierten die Studenten einen speziellen Prüfstand. Geprüft wurde ein Fensterflügel mit zwei Bändern und ein Fensterflügel mit drei Bändern, wobei hier im oberen Bereich zwei Bänder angeordnet waren. Das Grundgewicht des Flügels brachte 158 kg auf die Waage. Im Zuge der Tests ist das jeweilige Flügelgewicht stufenweise erhöht worden. Punktuell angeordnete Messungen registrierten jegliche Art von Verformungen. An dieser Stelle soll erwähnt sein, dass eine allfällige Verformung nicht ausschliesslich >

TRAVAIL DE LABORATOIRE SMT

Paumelles à très haute force portante

Un travail de laboratoire de Christian Löpfe et Ruedi Hofstetter, étudiants de 3^{ème} semestre, HF-SMT Bâle.

L'architecture moderne exige toujours plus de transparence et de plus grandes fenêtres. Cette tendance pousse les ferrures – en particulier les paumelles – à la limite de leur résistance. Les étudiants se sont penchés lors de leur travail sur la force portante de paumelles à recouvrement.

À l'École technique suisse pour les constructions métalliques (SMT) de Bâle, les étudiants doivent réaliser un travail de laboratoire pendant leur 3^{ème} semestre d'études. Celui-ci doit être pratique et innovant. Mais il doit avant tout contribuer de manière per-

tinente à l'évolution de la construction métallique. Ce travail traite d'une difficulté actuelle de la construction de fenêtres et de façades. La tendance de l'architecture, en faveur de plus de transparence, exige des plus grandes surfaces vitrées pour des en-

cadrements les plus minces possibles. Ceci entraîne pour la branche la réalisation de fenêtres et d'éléments de façade aux surfaces toujours plus étendues. Mais l'aération et l'entretien exigent que ces battants de croisées puissent pivoter. Ainsi, les battants

de très grandes dimensions se heurtent souvent aux limites des possibilités techniques car la force portante des paumelles est limitée.

Objectif

L'équipe a analysé pour le fabricant

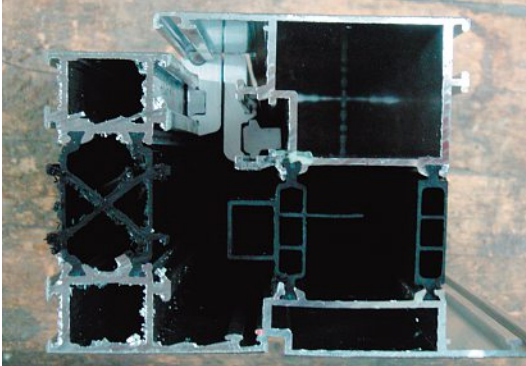


Das neu entwickelte Band mit seinen Nocken, die sich im Rahmen-, bzw. im Flügelprofil festkrallen. La paumelle nouvellement développée, avec sa came qui vient se verrouiller dans le châssis et le battant.



Senkschrauben M5 und Zylinderstifte von 4 mm Stärke fixieren das Band. Im Profil sind örtliche Klemmplatten eingelegt.

La paumelle est fixée à l'aide de vis à tête fraisée M5 et de goupilles cylindriques de 4 mm. Des plaques de serrage avaient été ajoutées localement.



Das verdeckt liegende Band in eingebautem Zustand.

La paumelle recouverte à l'état monté.

de systèmes Wicona (Hydro Building Systems AG) de nouvelles paumelles à recouvrement pour déterminer leur force portante maximale. Rappelons qu'il n'a pas été possible d'effectuer de tests d'endurance à cause du court délai imparti. L'étude s'est limitée à communiquer au donneur d'ouvrage les résultats de mesure obtenus pour la force portante absolue des paumelles, afin de pouvoir les intégrer dans la documentation technique et comme argument de vente.

La paumelle dans sa forme

La paumelle a été conçue de manière à obtenir un ancrage dans les profilés de châssis et de battant par des cames. Des plaques de serrage ont en outre été insérées dans les profilés. Huit vis à tête fraisée de taille M5 et des goupilles cylindriques de 4 mm d'épaisseur ont servi à fixer la paumelle pour obtenir une liaison très rigide. Wicona a conçu un profilé d'aluminium particulier pour cette paumelle. Mais

comme les situations à recouvrement rendent très difficiles la détection de déformations, les étudiants ont utilisé un profilé normalisé. Pour détecter avec précision toute déformation dans la phase d'essai et obtenir des résultats fiables, le profilé de battant a été entaillé dans la zone des paumelles.

Procédure d'essai

Afin de se rapprocher le plus possible des conditions réelles lors de l'exécution des deux >

SMT-LABORARBEIT

> durch das Flügelgewicht alleine ausgelöst wird, sondern hauptsächlich durch die Zugkräfte, welche auf das Band wirken. Diese sind abhängig vom Höhen-Breiten-Verhältnis des Flügels.

Zugkraftberechnung im oberen Bandbereich
Das nachfolgende Beispiel erläutert die Zugkraft der Ausgangssituation.

Erkenntnisse

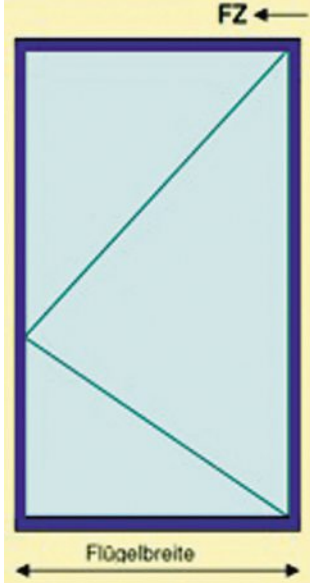
aus der 2-Band-Testreihe

Nach beachtlichen 526 kg Totalgewicht des Flügels (entspricht 1987 Newton Zugkraft im oberen Bereich des Bandes), stand dieser am oberen, vertikal angeordneten Verriegelungspunkt an. Da der Flügel bereits maximal verklotzt war, konnte die Gebrauchstauglichkeit

FZ	Zugkraft	[Newton]
m	Masse / Flügelgewicht	[kg]
g	Beschleunigung	[m/s ²]
b	Flügelbreite	[mm]
h	Flügelhöhe	[mm]

$$FZ = \frac{m * g * \frac{b}{2}}{h}$$

$$FZ = \frac{158[kg] * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right] * \frac{2'000[mm]}{2}}{2'646[mm]} = 586[Newton]$$




Der speziell errichtete Fenster-Prüfstand
Le banc de test de fenêtre réalisé pour les essais

TRAVAIL DE LABORATOIRE SMT

> séries de test, il a été réalisé deux fenêtres de grande surface avec des dimensions de battant de 2'000 x 2'646 mm. Les étudiants ont étudié et réalisé un banc de test spécial pour réaliser les essais. Ils ont porté sur un battant de fenêtre équipé de deux paumelles et un battant de fenêtre équipé de trois paumelles, dont deux regroupées dans le haut du battant.

La masse brute du battant était de 158 kg. Lors des essais, la masse du battant a été progressivement augmentée. Des mesures effectuées de manière ponctuelles ont enregistré tous types de déformation.

Il faut préciser ici qu'une déformation n'est pas exclusivement due à la seule masse du battant, mais essentiellement aux contraintes d'arrachement agissant sur la paumelle, contraintes qui dépendent du rapport hauteur / largeur du battant.

Calcul des contraintes d'arrachement sur la paumelle supérieure

L'exemple ci-après explique les contraintes subies en situation de départ.

FZ	Contrainte de traction [Newton]
m	Masse / Masse du battant [kg]
g	Accélération de la pesanteur [m/s ²]
b	Largeur de battant [mm]
h	Hauteur de battant [mm]

Résultats de la série d'essais avec 2 paumelles

Après avoir atteint une masse totale de 526 kg pour le battant (soit une contrainte à l'arrachage de 1'987 Newton à la partie supérieure de la paumelle), le battant est venu au contact du point de verrouillage vertical supérieur. Comme le battant était déjà calé au maximum, la fonctionnalité à l'usage de la paumelle ne pouvait plus être garantie et il a fallu arrêter les essais. Mais le battant pouvait encore être pivoté sans difficulté. Tous les éléments ont été à nouveau mesurés après les essais. Les diagonales du battant avaient aussi beaucoup évolué, ce qui ex

plique pourquoi le battant est venu en butée au point de verrouillage.

Résultats de la série d'essais avec 3 paumelles

Là, le battant a été chargé jusqu'à 648 kg (soit une contrainte de paumelle de 2'448 Newton). Les essais ont alors été arrêtés, puisqu'un alourdissement supplémentaire du battant n'avait plus de signification.

À cet instant, l'imposant battant se laissait encore pivoter sans difficultés. L'aptitude à l'usage des paumelles était ainsi garantie. Mais l'on sentait à l'ouverture, à la fermeture et au pivotement du battant les énormes forces supportées par les paumelles.

Comparaison des masses à l'exemple d'un verre isolant

Lors des essais à 3 paumelles, le battant de fenêtre a atteint la masse finale de 648 kg. Cette charge est sensiblement supérieure à celle induite par l'utilisation d'un verre isolant actuel. Un verre isolant triple, dans une version de 8 mm Float / vide / 10 mm Float / vide / 8/076/8 verre Securit, ne pèse à taille identique que 383 kg, ce

qui confirme la marge de sécurité présentée par les paumelles testées, en matière de contraintes admissibles.

Résultat et recommandations

Cet essai a apporté la preuve formelle que l'ajout d'une paumelle dans le haut de la fenêtre permet de supporter des contraintes nettement supérieures. En matière d'aptitude à l'usage, cette mesure se justifie aussi par le pivotement plus aisé du battant. Il est intéressant de noter que les résultats positifs de ce travail ont pu être communiqués au fabricant du système, et que la firme Wicona a pu intégrer ces données à sa documentation technique. Pour résumer, on peut affirmer que les paumelles sont très résistantes et supportent des contraintes énormes. Il est donc possible de réaliser des battants de fenêtre de cette taille. La mesure dans laquelle des battants de cette taille sont judicieux et aisément manœuvrables en pratique, dépend des exigences techniques d'usage et de l'emplacement des fenêtres. ■

somit nicht mehr gewährleistet werden und die Testreihe war hiermit beendet. Der Flügel an sich drehte aber noch sehr gut. Nach den Tests wurde erneut nachgemessen. Die Diagonalen des Flügels hatten sich dabei beträchtlich verändert, was auch der Grund dafür war, dass der Flügel am Verriegelungspunkt anstand.

Erkenntnisse aus der 3-Band-Testreihe

Hierbei ist der Flügel bis auf 648 kg (entspricht 2448 Newton) belastet worden. Daraufhin wurden die Tests beendet, weil ein weiteres Bestücken der Flügel mit noch mehr Gewicht wenig Sinn machte. Zu diesem Zeitpunkt drehte sich der gewaltige Flügel noch sehr gut und funktionierte einwandfrei. Die Gebrauchstauglichkeit war auch weiterhin gewährleistet. Jedoch spürte man beim Öffnen, Schliessen und Schwenken des Flügels die enorme Kraft, die hier wirkte.

Gewichtvergleich anhand eines Isolierglases

Der Fensterflügel hatte beim 3-Band-Test ein Endgewicht von 648 kg. Diese Belastung ist wesentlich höher als die Belastung durch ein den heutigen Ansprüchen genügendes Isolierglas. Ein 3-fach-Isolierglas beispielsweise, mit einem Aufbau von 8 mm Float / SZR / 10 mm



Mit der analogen Messuhr wurde jede kleinste Absenkung des Flügels gemessen und registriert.
La montre comparatrice analogique permettait la mesure et l'enregistrement du moindre affaissement du battant.

Float / SZR / 8/076/8 VSG, weist bei identischer Flügelgröße lediglich ein Gewicht von 383 kg auf, was wiederum für die hohe Belastbarkeit der geprüften Bänder spricht.

Fazit und Empfehlung

Mit diesem Versuch konnte eindeutig der Beweis erbracht werden, dass mit einem zusätzlichen Band im oberen Bereich des Fensters eine wesentlich grössere Zugkraft aufgenommen werden kann. Auch in der Gebrauchstauglichkeit bewährt sich diese Massnahme, da der Flügel geschmeidiger läuft. Erfreulich ist, dass die positiven Resultate dieser Laborarbeit dem Systemhersteller weitergeleitet werden konnten und die Firma Wicona diese Daten in ihre technischen Dokumentationen einfließen lassen kann. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Bänder sehr stabil sind und enorme Zugkräfte aushalten. Es ist also möglich, derartig grosse Fensterflügel zu bauen.

Wieweit solch grosse Flügel in der Praxis sinnvoll und bedienerfreundlich sind, hängt von den nutzungstechnischen Anforderungen und den Örtlichkeiten ab. ■