

## PROJEKTARBEIT

VON MATTHIAS ELMER UND  
FABIAN ZIMMERMANN,  
STUDENTEN DER SMT BASEL

# Gefährliches Spiel im Geländerbau

Balkongeländer mit örtlich gehaltenen Glasfüllungen wirken optisch sehr leicht und bilden in architektonischer Hinsicht einen interessanten Gestaltungsspielraum. Leider kommen zu oft Eigenfabrikate von Glashalterungen zur Anwendung, welche in sicherheitstechnischer Hinsicht mehr als fragwürdig erscheinen. Die beiden SMT-Studenten Matthias Elmer und Fabian Zimmermann untersuchten im Zuge ihrer Projektarbeit das Verhalten verschiedener Verbundsicherheitsgläser in Kombination mit einer Auswahl an Glashaltern. Die erzielten Ergebnisse sind zum Teil beängstigend und sollten zum Nachdenken anregen. Text und Bilder: SMT Basel

**Oft werden Glasgeländer** mit selbst hergestellten Punkthaltesystemen montiert. Diese wirken in optischer Hinsicht attraktiv und für den Metallbauer sind sie rationell und mit wenig Materialaufwand herstellbar. Daraus resultiert eine sogenannte Win-win-Situation, einerseits für die Kundschaft, andererseits für den beauftragten Metallbauer. Dies jedoch nur bis zum ersten ernsthaften Zwischenfall. Wenn sich beispielsweise das Verbundsicherheitsglas (VSG) bei einem Anprall aus den Halterungen löst und eine Person mit dem Glas mehrere Meter hinunterstürzt und möglicherweise schwer verletzt wird. Oder wenn sich das durch einen Anprall gebrochene Verbundsicherheitsglas bei einer nachträglich anfallenden Windlast aus dem Punkthaltesystem löst, hinunterfällt und möglicherweise Menschenleben gefährdet. Die Grundproblematik liegt darin, dass ein Grossteil dieser selbst entwickelten Punkthaltesysteme keinen Tests unterzogen werden und diese mit grosser Wahrscheinlichkeit den effektiven Anforderungen nicht genügen.

### Normen und Empfehlungen

Als Grundlage für die Konstruktion eines Geländers dienen in der Schweiz die SIA 358 und die SIA 261. In diesen beiden Normen können allerdings keine genauen Angaben über die



Fabian Zimmermann und Matthias Elmer

### Videoaufnahmen

Iwan Häni, Inhaber der Firma Ad Lacum Plan GmbH in Lachen, initiierte diese Projektarbeit. Die beiden Studenten Matthias Elmer und Fabian Zimmermann wurden durch ihn begleitet und in technischer Hinsicht unterstützt. Auf der Homepage der Ad Lacum Plan GmbH können eindrückliche Videoaufzeichnungen aus den verschiedenen Versuchsreihen besichtigt werden. [www.adlacumplan.ch](http://www.adlacumplan.ch) - Projektarbeit Glashalter.

Ausbildung von Glashalterungen und Glasaufbauten gefunden werden. Das Schweizerische Institut für Glas am Bau (SIGaB) führt in ihrer Dokumentation «Sicherheit mit Glas» aufschlussreiche und konkrete Empfehlungen zu

den Glasaufbauten und Glasbefestigungen auf. Darin werden ausschliesslich die für die Schweiz gültigen statischen Linienlasten berücksichtigt. Dynamische Lasteinwirkungen, wie sie in der Praxis durchaus vorkommen können, werden nicht speziell verfolgt. Das Staatssekretariat für Wirtschaft SECO beschreibt in der Dokumentation «Wegleitung zur Verordnung 4 zum Arbeitsgesetz» Folgendes: «Die Konstruktion muss gewährleisten, dass auch bei einem Bruch der Verglasung, diese nicht als Ganzes aus der Halterung fällt.» Es wird auch hier keine Aussage dazu gemacht, was dies genau bedeutet. Aus diesen Gründen entschieden sich Elmer und Zimmermann, eine weitere Grundlage beizuziehen. In der Dokumentation «Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen» (TRAV) werden sowohl Aussagen zu dynamischen Belastungen wie auch zur Resttragfähigkeit gemacht. Somit konnte ein Anforderungsprofil erstellt werden, aufgrund dessen sich die in der TRAV vorgeschriebenen Tests durchführen liessen. Unter dieser Voraussetzung machten es sich die Studenten zum Ziel, Punkthaltesysteme auf dynamische Lasteinwirkungen zu prüfen. Dabei handelt sich um drei Eigenbau-Punkthalterungen und ein handelsübliches Punkthaltesystem.

## PROJET SMT BÄLE

# Jeu dangereux dans la construction de balustrades

Les balustrades de balcon avec panneaux en verre sont esthétiquement légères et offrent des possibilités intéressantes sur le plan architectural. Malheureusement, de nombreuses fixations « fait maison » sont plus que douteuses en termes de sécurité. Dans le cadre de leur travail de projet, Matthias Elmer et Fabian Zimmermann, étudiants à la SMT, ont examiné différents verres de sécurité feuilletés en combinaison avec une sélection de fixations. Certains résultats sont assez inquiétants et incitent à réfléchir.

Travail de projet de Matthias Elmer et Fabian Zimmermann, étudiants à la SMT Bâle.

Les balustrades en verre sont souvent montées à l'aide de systèmes de fixation ad hoc. Ils sont esthétiques, réalisables facilement par le constructeur métallique et nécessitent peu de matériel, d'où une situation « gagnant-gagnant », à la fois pour le client et le constructeur

métallique. Jusqu'au premier incident grave. Par exemple lorsque le verre de sécurité feuilleté (VSF) se détache des fixations suite à un choc, provoquant la chute d'une personne qui peut se blesser gravement, ou lorsque le VSF, brisé suite à un choc, se descelle du système de

fixation suite à une bourrasque de vent et tombe, ce qui peut être très dangereux.

Le problème principal réside dans le fait qu'une grande partie de ces systèmes

Ce projet a été initié par Iwan Häni, propriétaire d'Ad Lacum Plan GmbH à Lachen, qui a encadré et soutenu les deux étudiants sur le plan technique. Des vidéos impressionnantes de différentes séries d'expériences sont consultables sur le site d'Ad Lacum Plan GmbH. [www.adlacumplan.ch](http://www.adlacumplan.ch) - Projet fixations pour le verre



Dieses Geländer ist mit Glashaltern Typ 1 ausgebildet, welche den Pendelschlagtest bei weitem nicht bestanden haben.

Cette balustrade est constituée de fixations de type 1, qui ont largement à l'essai d'impact pendulaire.

### Zielsetzung

- Punkthaltesysteme mittels Pendelschlagversuch auf Anpralllasten zu testen.
- Mit Hilfe einer einfachen Versuchsanlage die Resttragfähigkeit der Verbundsicherheitsgläser zu prüfen.
- Die erhaltenen Prüfungsergebnisse auswerten und diese in einer Dokumentation festhalten.

### Rahmenbedingungen

Gemäss TRAV muss bei Punkthaltesystemen ein Pendelschlagversuch durchgeführt werden. Die zu testenden Systeme müssen eine Fallhöhe der Kategorie C bestehen. Dies entspricht einer Fallhöhe von 450 mm. Wenn das Glas bricht, jedoch in der Halterung bleibt, schreibt die TRAV vor, dass ein weiterer Pendelschlagversuch auf Resttragfähigkeit durchgeführt werden muss. Dies geschieht mit einem Pendelschlag aus einer Fallhöhe von 100 mm. Der Test auf Resttragfähigkeit gilt als bestanden, wenn die Glasfüllung in der Halterung bleibt.

Getestet wurden VSG aus zweimal Teilvor- gespanntem Glas (TVG) 6 / 0,76 / 6 und VSG aus zweimal Float 6 / 0,76 / 6 zusammen mit den vorgegebenen Punkthaltern. In der Praxis

wird aus Preisgründen oftmals das VSG aus Floatglas dem VSG aus TVG vorgezogen. Die getesteten Gläser weisen eine Breite von 1140 mm und eine Höhe von 780 mm auf.

### Die gewählten Punkthalter

#### Punkthalter Typ 1

Bestehend aus einem kaltgerollten U-Profil 25 x 20 x 2 mm mit einer Länge von 60 mm. Die Füllung wurde mittels Silikon versiegelt. Dieser Punkthalter hatte den kleinsten Glaseinstand der vier getesteten Typen. (Abbildung 1)

#### Punkthalter Typ 2

Bestehend aus einem kaltgerollten U-Profil 25 x 40 x 2 mm mit einer Länge von 60 mm. Die Füllung wurde mittels Silikon versiegelt. (Abbildung 2)

#### Punkthalter Typ 3

Dieser setzt sich aus einem Flachstahl 40 x 5 - 60 mm, welches auf einen Vierkant 20 x 20 mm geschraubt ist, zusammen. Als Distanzhalter fungierte ein EPDM (Shore A 60), welcher die Füllung auf den Geländerpfosten drückt. (Abbildung 3) >

de fixation par points « fait maison » n'ont subi aucun test et ne remplissent probablement pas les exigences requises.

### Normes et recommandations

En Suisse, la construction de balustrade repose sur les normes SIA 358 et SIA 261. Ces deux normes ne contiennent cependant aucune donnée précise concernant la conception des fixations et des structures en verre. Dans sa documentation « Le verre et la sécurité », l'Institut suisse du Verre dans le

Bâtiment (SIGaB) énumère de nombreuses recommandations utiles et concrètes concernant les structures en verre et les fixations en tenant compte exclusivement des charges linéaires statiques applicables en Suisse. Les incidences dynamiques de charges telles qu'elles peuvent survenir dans la pratique ne sont pas spécialement abordées. Dans le « Commentaire de l'ordonnance 4 relative à la loi sur le travail », le Secrétariat d'Etat à l'Economie (SECO) stipule ce qui suit : « La construction doit garantir que

même en cas de bris du vitrage, ce dernier reste maintenu dans sa fixation ». Rien n'explique ce que cela signifie exactement. Pour ces raisons, Elmer et Zimmermann ont décidé de retenir une autre base. Les « règles techniques pour l'utilisation de vitrages antichute » (TRAV), contenant des consignes relatives aussi bien aux charges dynamiques qu'à la capacité de charge résiduelle, ont permis de dresser un profil sur la base duquel les essais prescrits dans les directives TRAV ont pu être réalisés. >

## Auswertung Pendelschlag und Resttragfähigkeit gemäss TRAV

**PUNKHALTER TYP 1** (siehe Seite 22) Dieser Punkthalter mit den eingesetzten Verbundsicherheitsgläsern aus Floatglas hat den Pendelschlagversuch gemäss TRAV bei weitem nicht bestanden. Die Resttragfähigkeit konnte nicht einmal getestet werden, da die Gläser beim ersten Pendelschlag bereits aus der Halterung geworfen wurden. Mit dem eingesetzten VSG aus TVG bestand der Punkthalter die Pendelschlagversuche. Das U-Profil wurde jedoch bis zu 7 mm aufgebogen. Deshalb musste gemäss TRAV ein Resttragfähigkeitsversuch durchgeführt werden. Dieser wurde ebenfalls bestanden.

Glasnummer und Art	Fallhöhe 450 mm	Testergebnis	Fallhöhe 100 mm Resttragfähigkeit	Testergebnis
VSG aus Float	Das Glas wird komplett aus dem Halter geworfen	nicht bestanden	Konnte nicht mehr getestet werden	nicht bestanden
VSG aus TVG	unbeschädigt	bestanden	unbeschädigt	bestanden

**PUNKTHALTER TYP 2** Die eingesetzten Verbundsicherheitsgläser aus Float brachen, blieben jedoch in der Halterung. Beim Test auf Resttragfähigkeit gemäss TRAV konnten die Glashalter dem Aufprall nicht standhalten und die Füllungen fielen aus der Halterung. Somit waren die Anforderungen gemäss TRAV nicht erfüllt.

Glasnummer und Art	Fallhöhe 450 mm	Testergebnis	Fallhöhe 100 mm Resttragfähigkeit	Testergebnis
VSG aus Float	Das Glas bricht, bleibt aber in der Haltung	bestanden	Das Glas wird aus der Halterung geworfen	nicht bestanden
VSG aus TVG	unbeschädigt	bestanden	Kein Versuch auf Resttragfähigkeit erforderlich	-

**PUNKTHALTER TYP 3** Dieser Punkthalter mit den eingesetzten Verbundsicherheitsgläsern aus Float hat den Pendelschlagversuch nach TRAV bei weitem nicht bestanden, da es die Gläser regelrecht aus den Halterungen geworfen hatte. Das VSG aus TVG hatte den Pendelschlagversuch unbeschadet überstanden. Ein Versuch auf Resttragfähigkeit war nicht erforderlich, da durch den Aufprall die Punkthalter nur leicht aufgedrückt wurden.

Glasnummer und Art	Fallhöhe 450 mm	Testergebnis	Fallhöhe 100 mm Resttragfähigkeit	Testergebnis
VSG aus Float	Das Glas wird komplett aus dem Halter geworfen	nicht bestanden	Konnte nicht mehr getestet werden	nicht bestanden
VSG aus TVG	unbeschädigt	bestanden	Kein Versuch auf Resttragfähigkeit erforderlich	-

**PUNKTHALTER TYP 4** Dieser Punkthaltertyp hatte sämtliche Pendelschlagversuche nach TRAV bestanden. Eine Überprüfung auf Resttragfähigkeit wurde ebenfalls bestanden oder war nicht erforderlich.

Glasnummer und Art	Fallhöhe 450 mm	Testergebnis	Fallhöhe 100 mm Resttragfähigkeit	Testergebnis
VSG aus Float	Das Glas bricht, bleibt aber in der Halterung	bestanden	Das Glas bricht bleibt, in der Halterung	bestanden
VSG aus TVG	unbeschädigt	bestanden	Kein Versuch auf Resttragfähigkeit erforderlich	-

### PROJET SMT BÂLE

>

Les étudiants ont ainsi contrôlé les incidences des charges dynamiques sur divers systèmes de fixation par points, en l'occurrence trois fixations « maison » et un système de fixation usuel.

#### Objectif

- Tester les charges d'impact de systèmes de fixation par points au moyen d'un essai d'impact pendulaire
- Contrôler la capacité de charge résiduelle des VSF à l'aide d'une simple installation d'essai.
- Évaluer les résultats obtenus et les consigner.

#### Conditions cadres

Conformément aux TRAV, un essai d'impact pendulaire doit être réalisé sur les systèmes de fixation par points. Les systèmes à tester doivent résister à une hauteur de chute de catégorie C, soit 450 mm. Si le verre se brise mais reste maintenu dans sa fixation, les TRAV prévoient un nouvel essai d'impact pendulaire sur la capacité de charge résiduelle, à une hauteur de chute de 100 mm. Le test de capacité de charge résiduelle est réussi si le verre reste maintenu dans la fixation. Les essais ont porté sur des VSF à base de 2 verres partiellement trempés de 6/0,76/6 et 2 VSF flottés de 6/0,76/6 avec les fixations correspondantes. Dans la

pratique, pour des raisons de prix, le VSF à base de verre flotté est souvent préféré au VSF à base de verre partiellement trempé. Les vitrages testés mesurent 1140 mm de largeur et 780 mm de hauteur.

#### Les fixations choisies

##### Fixation de type 1

Constituée d'un profilé en U moleté à froid de 25 x 20 x 2 mm d'une longueur de 60 mm, scellé à l'aide de silicone. Cette fixation présentait la plus petite profondeur d'assise parmi les 4 types testés. (Illustration 1)

##### Fixation de type 2

Constituée d'un profilé en U moleté à

froid de 25 x 40 x 2 mm d'une longueur de 60 mm, scellé à l'aide de silicone. (Illustration 2)

##### Fixation de type 3

Constituée d'un acier plat de 40 x 5 - 60 mm, vissé sur un carré de 20 x 20 mm. Un EPDM (Shore A 60) a fait office d'entretoise, appuyant le remplissage sur les potelets de la balustrade. (Illustration 3)

##### Fixation de type 4

Un support de serrage disponible sur le marché (MTS art. n° 4891). (Illustration 4)

Évaluation de la capacité de charge résiduelle après le bris de verre

## > Punkthalter Typ 4

Ein auf dem Markt erhältlicher Klemmhalter (MTS Art. Nr. 4891).

(Abbildung 4)

### Auswertung Resttragfähigkeit nach dem Glasbruch

Da der Pendelschlag eine relativ grosse Zerstörungskraft hatte und eine solche Beschädigung im Normalfall relativ unwahrscheinlich ist, wurden die Punkthalter auch mit einem anderen Testverfahren überprüft. Dabei wurden die Gläser in horizontaler Lage in die Punkthaltersysteme eingespannt und mit einem Schlag durch einen Hammer gebrochen. Anschliessend ist das Punkthaltersystem mit der zerbrochenen Scheibe mittels eines Wassersäuletests auf ihre Resttragfähigkeit geprüft worden. Die SIGaB schreibt in ihrer Dokumentation «Glas am Bau» vor, dass Geländerfüllungen im Aussenbereich einer Windlast von  $1,0 \text{ kN/m}^2$  standhalten müssen. Da die Wahrscheinlichkeit relativ klein ist, dass nach einem Bruchfall die höchsten Windlasten auftreten, wurde die Lastannahme um 50% reduziert. Dies heisst, dass eine gebrochene Scheibe in der Zeit bis zur Demontage Windlasten von bis zu  $0,5 \text{ kN/m}^2$  standhalten sollte. Eine Windlast von  $0,5 \text{ kN/m}^2$  entspricht einer Windgeschwindigkeit von ca.  $102 \text{ km/h}$ .

### Testergebnisse

#### Punkthalter Typ 1

Hier konnten die VSG-Füllung aus Float sowie aus TVG die Anforderung nicht erfüllen und fielen alle bei einer Belastung von ca.  $0,16 \text{ kN/m}^2$  aus den Punkthaltern.

#### Punkthalter Typ 2

Das VSG aus Floatglas hielt einer Belastung von  $0,67 \text{ kN/m}^2$  stand und bestand somit den Test. Das VSG aus Teilvorgespanntem Glas (TVG) hielt einer Belastung von  $0,49 \text{ kN/m}^2$  stand und genügte somit den Anforderungen knapp nicht.

#### Punkthalter Typ 3

Dieser Punkthalter hatte den Resttragfähigkeitstest mit beiden Füllungsarten nicht bestanden und fiel im Durchschnitt bei  $0,17 \text{ kN/m}^2$  aus den Punkthalterungen.

#### Punkthalter Typ 4

Bei diesem Punkthalter ist die vorgegebene minimale Windlast bei beiden Füllungsarten weitaus übertroffen worden. Sie hielten durchschnittlich einer Belastung von  $2,2 \text{ kN/m}^2$  stand.

### Fazit der Studenten

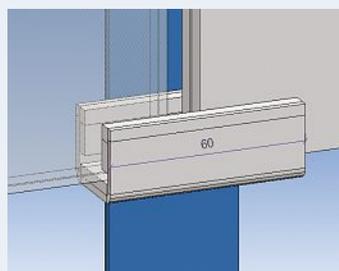
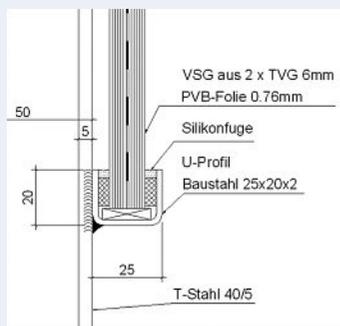
In Zusammenarbeit mit Iwan Häni konnten wir ein spannendes und aktuelles Thema in Angriff nehmen. Wir haben mit dieser Arbeit versucht, verschiedene Aspekte im Bereich Punkthaltersysteme anzusprechen >

L'impact pendulaire ayant une force de destruction relativement élevée et de tels dégâts étant plutôt improbables, les fixations par points ont également été contrôlées selon une autre méthode. Les vitrages ont été serrés horizontalement dans les fixations par points et brisés au moyen d'un coup de marteau. Un test de colonne d'eau a ensuite servi à contrôler la capacité de charge résiduelle du système de fixation par points avec la vitre brisée. Dans sa documentation « Le verre dans le bâtiment », le SIGaB prévoit qu'à l'extérieur, les remplissages de balustrades doivent présenter une résistance au vent de  $1,0 \text{ kN/m}^2$ . La probabilité que les charges maximales du vent surviennent après un accident étant minime, la charge de calcul a été réduite de 50 %. Autrement dit, jusqu'au démontage, une vitre brisée devait résister à des vents pouvant atteindre  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Des vents de  $0,5 \text{ kN/m}^2$  correspondent à une vitesse d'env.  $102 \text{ km/h}$ .

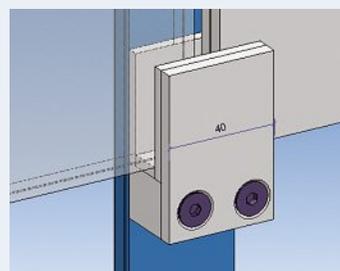
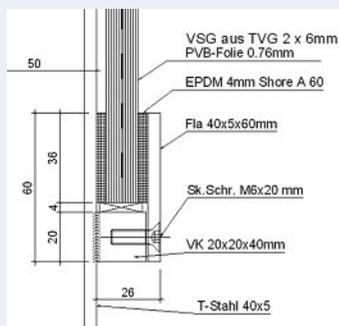
### Résultats des tests

#### Fixation de type 1

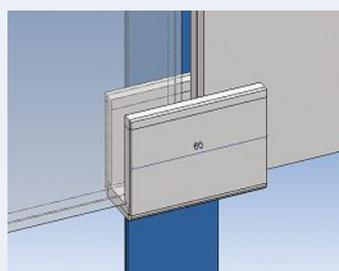
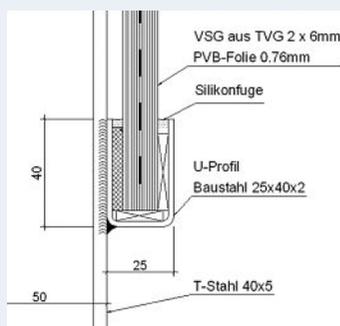
Les VSF à base de flotté et à base de verre partiellement trempé n'ont pas rempli les exigences et ont tous été éjectés des fixations sous une charge d'env.  $0,16 \text{ kN/m}^2$ . >



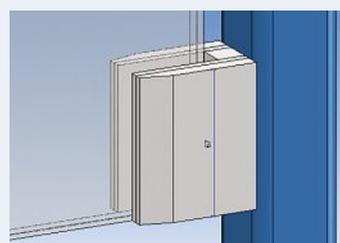
**Punkthalter Typ 1**  
Fixation de type 1



**Punkthalter Typ 3**  
Fixation de type 3



**Punkthalter Typ 2**  
Fixation de type 2



**Punkthalter Typ 4**  
Fixation de type 4

> und auf diverse Gefahren und Risiken hinzuweisen.

Die Resultate unserer Tests lieferten meistens klare Ergebnisse. Zum Teil müssten jedoch grösser angelegte Testreihen durchgeführt werden, um eine hundertprozentig schlüssige Antwort auf die von uns gestellten Fragen

zu erhalten. Klar ersichtlich ist, dass jeder Metallbauer fahrlässig handelt, sobald er als Geländerfüllung ein VSG aus 2 x Floatglas für die Punkthalter 1-3 verwendet! Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Punkthaltertypen 1 + 3 nur mit VSG aus 2 x TVG den dynamischen Lasten zwar standhalten, bei ei-

ner Beschädigung der Füllung jedoch praktisch keine Resttragfähigkeit mehr aufweisen. Aus diesen Gründen ist es aus unserer Sicht nicht ratsam, solche Punkthaltesysteme zu verbauen. ■

PROJET SMT BÄLEW

> Fixation de type 2

Le VSF à base de flotté a résisté à une charge de 0,67 kN/m<sup>2</sup> et a donc passé le test. Le VSF à base de verre partiellement trempé a résisté à une charge de 0,49 kN/m<sup>2</sup>, ce qui n'a juste pas suffi pour remplir les exigences.

Fixation de type 3

Cette fixation a échoué au test de capacité de charge résiduelle avec les 2 types de remplissage, et a été éjecté des fixations en moyenne à 0,17 kN/m<sup>2</sup>.

Fixation de type 4

Avec cette fixation, la charge du vent prescrite a été largement dépassée avec les 2 types de remplissage. Ils ont résisté en moyenne à une charge de 2,2 kN/m<sup>2</sup>.

Bilan des étudiants

En collaboration avec Iwan Häni, nous

nous sommes attaqués à un thème d'actualité passionnant. Nous avons tenté d'aborder différents aspects liés aux systèmes de fixation et d'attirer l'attention sur divers dangers potentiels. Le plus souvent, les résultats des essais étaient clairs. Toutefois, des tests plus approfondis devraient être réalisés pour apporter une réponse vraiment concluante à nos questions. Un constat: chaque constructeur métallique commet une négligence lorsqu'il utilise un remplissage de balustrade VSF constitué de 2 verres flottés avec les fixations par points 1-3 ! On peut constater que les types de fixations par points 1 + 3 ne résistent aux charges dynamiques qu'avec du VSF composé de 2 verres partiellement trempés, mais ne présentent quasiment plus de capacité de charge résiduelle en cas de bris du remplissage. Nous déconseillons donc de tels systèmes de fixation. ■

Bilan d'Iwan Häni

L'approche sérieuse des deux étudiants a permis de tirer d'autres conclusions pour des systèmes de fixation similaires :

- La hauteur du profilé en U est négligeable. Les vitrages se replient en cas de choc, forment un triangle et sont ainsi éjectés du profilé en U (cf. la vidéo sur notre site Internet).
- En ce qui concerne les éléments de serrage, il faut impérativement veiller à pouvoir exercer une pression de serrage sur les entretoises EPDM pour empêcher l'éjection des vitrages. Employés conformément, ces éléments de serrage peuvent être chargés au point que la couche de PVB se brise et qu'un morceau résiduel du VSF reste dans la fixation.
- L'utilisation de fixations « fait maison » sans protection mécanique constitue une négligence !



**Versuchsaufbau Pendelschlag**  
Montage d'essai impact pendulaire



**Überprüfung auf Resttragfähigkeit nach TRAV**  
Contrôle de la capacité de charge résiduelle selon TRAV

## Fazit von Iwan Häni

Die seriöse Vorgehensweise der beiden Studenten hat es ermöglicht, weitere Schlussfolgerungen zu ähnlichen Punkthaltesystemen zu ziehen:

- Es ist vernachlässigbar, wie hoch das U-Profil ausgeführt wird. Die Gläser klappen beim Aufprall zusammen, bilden eine Dreiecksituation und werden so aus dem U-Profil herausgezogen (siehe Video auf unserer Homepage).
- Bei den Klemmhaltern ist zwingend darauf zu achten, dass über die EPDM-Einlagen ein Klemmdruck aufgebaut werden kann. Dieser Klemmdruck verhindert ein Herausziehen der Gläser. Bei richtiger Anwendung der Klemmhalter können diese derart hoch belastet werden, dass es die PVB-Folie zerreisst und ein Reststück des VSG im Glashalter zurückbleibt.
- Die Verwendung von selbst hergestellten Punkthalterungen, ohne mechanische Sicherung, ist fahrlässig!
- Die Variante mit eingeklebten Gläsern zu Punkthaltern Typ 1 - 3 wurde nicht untersucht und kann somit nicht bewertet werden.