

Entwicklung von Klett- Befestigungssystemen für die Technische Gebäudeausrüstung

Klett-TGA

R. Riewe, F. Oswald,
A. Pavicevic, Z. Kresevic,
M. Raudaschl

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

28/2019

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in
dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik
Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:

<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Entwicklung von Klett- Befestigungssystemen für die Technische Gebäudeausrüstung

Klett-TGA

Univ. Prof. DI. Arch. Roger RIEWE
Dr. tech. Dipl.Ing. Ferdinand OSWALD, M.A. Aleksandra PAVICEVIC,
univ. dipl. inz. arh Ziga KRESEVIC, BSc. Matthias RAUDASCHL
Institut für Architekturtechnologie, Technische Universität Graz

Graz, September 2018

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMVIT publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	9
Abstract.....	11
1 Einleitung	13
1.1 Aufgabenstellung	13
1.2 Stand der Technik	13
1.2.1 Verbindungen nach Schlussarten	13
1.2.2 Montage TGA	15
1.2.3 Klettanwendungen im Bauwesen.....	16
1.3 Forschungsfeld / Betrachtungsfeld (Baukomponenten)	20
1.3.1 Rohbaustoffe	21
1.3.2 TGA-Komponenten	21
1.3.3 Befestigungsmittel	22
1.3.4 Dämmung.....	25
1.3.5 Klett	26
1.4 Verwendete Methoden.....	29
1.4.1 Innovationsmatrix	29
1.4.2 Beurteilung von entwickelten Konzepten unter bestimmten Gesichtspunkten	31
1.4.3 Durchführung von Tastversuchen	31
1.4.4 Durchführung von Laborversuchen.....	31
1.4.5 Befragung von Experten	32
1.4.6 Abschließende Evaluierung	32
2 Ergebnisse	33
2.1 Verbindungskonzepte	33
2.1.1 Rohbaustoff	34
2.1.2 Befestigungsmittel	57
2.1.3 TGA-Komponente	63
2.1.4 Dämmung.....	65
2.2 Wesentliche Erkenntnisse.....	68
3 Schlussfolgerungen	70
4 Ausblick und Empfehlungen	72
5 Verzeichnisse.....	73
5.1 Abbildungsverzeichnis	73
5.2 Tabellenverzeichnis	76
5.3 Literaturverzeichnis	76
6 Anhang.....	77

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Klett ist heutzutage in vielen Branchen bereits allgegenwärtig. Auch in der Baubranche hält er vereinzelt Einzug, ist aber noch weit davon entfernt, all sein Potenzial voll auszuspähen. Dieses liegt vor allem in den überraschend starken Verbindungen, die mittels Klett hergestellt und zugleich, oftmals sogar werkzeugfrei, auf einfachste Art wieder gelöst werden können. Und dies mehrere hundert Male, ohne Einbußen hinsichtlich der Haftfestigkeit.

Inhalte und Zielsetzungen

Übertragen auf den Bauprozess potenzieren sich diese zwei Eigenschaften und könnten eine Vielzahl von positiven Auswirkungen nach sich ziehen.

Könnte man zukünftig beispielsweise die verschiedenen gebäudetechnischen Installationsleitungen Strom, Wasser und Lüftung, welche bislang vorrangig nach den gängigen Methoden "fix Verbaut", "Verschraubt" und "Geklebt" auf Untergründe montiert werden, zukünftig mittels Klett befestigen, könnten folgende Effekte mit entsprechenden Folgeerscheinungen eintreten:

- Vereinfachte Montageprozesse, welche entscheidend den Bauprozess beschleunigen würden und außerdem weniger anfällig für ausfuhrungsbedingte Qualitätsmängel wären.
- Verbindungsarten, die ein hohes Maß an Flexibilität ermöglichen und sowohl auf kurzfristige Planungsänderungen als auch auf spätere Nutzungswechsel sehr gut reagieren könnten.
- Schadensfreie Verbindungen, sowohl für den Untergrund als auch für die zu befestigende Komponente, welche einer sortenreinen Trennung und damit problemlosen Weiterverwendung ermöglichen und dadurch zur Verlängerung des Lebenszyklus beitragen würden, was wiederum in Sinne einer nachhaltigen Ressourcennutzung wäre.

Das Ziel dieses Sondierungsprojektes war es, Konzepte zur Herstellung von Untergründen mit klettfähigen Oberflächen zu entwickeln.

Methodische Vorgehensweise

Das Sondierungsprojekt hat sich dabei nicht auf die Betrachtung eines einzelnen Materials oder Gewerks beschränkt, sondern ein möglichst weites Betrachtungsfeld anvisiert, um anhand von Evaluierungen Potentiale aufzudecken, welche weitergehende und produktspezifischere Forschungsvorhaben nach sich ziehen könnten.

Die Entwicklung von Verbindungskonzepten zwischen unterschiedlichen Bau-Untergründen und Klettkomponenten erfolgte durch genaue Untersuchung und sach- und fachgerechter Beurteilung bestehender Verbindungen und Erstellung zweier Innovationsmatrizen. Die entwickelten Konzepte wurden anschließend mittels Bewertungsbögen und Gesprächen im Team evaluiert. Ausgewählte Konzepte wurden durch das Labor für Konstruktiven Ingenieurbau der TU Graz getestet.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Anhand einer Innovationsmatrix wurden insgesamt 143 Konzepte für Verbindungen von Klett und Baustoffen entwickelt. Fünf dieser Konzepte wurden aufgrund ihres besonders hohen Innovationsgehalts in Form von Erfindungsmeldungen an das FT-Haus übergeben, welches derzeit die Patentfähigkeit prüft.

Zwei grundlegende Erkenntnisse bilden die Voraussetzung für weitergehende Forschungsvorhaben. Zum einen ist zur Erreichung der anvisierten Flexibilität die Bereitstellung eines großflächigen klettfähigen Untergrundes anzustreben. Hierfür ist in der Regel Velours oder Flauscheinzusetzen, beides Bahnware und somit wirtschaftlich vorteilhaft. Auf die spezifischen Eigenschaften des Materials

sowie dessen Verarbeitungsmöglichkeiten ist entsprechend bei der Weiterentwicklung Rücksicht zu nehmen. Zum zweiten ist der Zeitpunkt der Herstellung klettfähiger Untergründe oder Oberflächen von ausschlaggebender Relevanz. Jeder Eingriff, ob während der Vorfertigung, während der Errichtung oder aber im Sanierungsfall bietet unterschiedliche Herangehensweisen mit Vor- und Nachteilen.

So ergeben sich beispielsweise für die Erzeugung einer klettfähigen Oberfläche während der Errichtung eines Massivbaus unter Verwendung des Baustoffes Beton - der Herstellungslogik folgend - vielfältige Möglichkeiten im Bereich des Einlegens von Velours- oder Flauschmatten in die Schalung. Hierbei entstehen Herausforderungen vor allem im Hinblick auf eine Positionsfixierung während des Betoniervorgangs sowie den Schutz der Velours- oder Flauschmatte vor Verunreinigung. Im Unterschied dazu wird man bei einem fertiggestellten Rohbau oder aber im Sanierungsfall, weitestgehend baustoffunabhängig, auf die verschiedenen Formen des Klebens zurückgreifen. Eine vergleichsweise leichte Handhabung, jedoch mit Nachteilen im Bereich der späteren Ablösung der Velours- oder Flauschmatte. Die Fähigkeit zum Rückbau, beziehungsweise einer im Idealfall sortenreinen Trennung, ist stets von gleichbleibender Bedeutung für die Bewertung der Konzepte.

Über diese Betrachtungen hinaus wurden Baustoffe und im Bauwesen eingesetzte Komposite auf ihre möglicherweise bereits vorhandene Fähigkeit zur Verklettung hin untersucht. Zu ersteren zählen vor allem verschiedene Faserstoffe, die aufgrund ihrer Struktur unter gewissen Umständen Schlaufen bilden könnten. Solche Konzepte überzeugen im Hinblick auf Materialhomogenität und damit völlige Sortenreinheit. Gleichwohl haben Versuche ergeben, dass die Haftfestigkeit bei Weitem nicht an jene von handelsüblichen Klettmaterialien heranreicht, was den potentiellen Einsatz zwar einschränkt jedoch nicht ausschließt.

Ausblick

Die vorliegende Sondierung hat gezeigt, dass die Herstellung großflächiger Untergründe mit klettfähiger Oberfläche möglich ist und somit ist der Grundstein für die Erreichung der formulierten Zielsetzungen gelegt. Institutsintern wurde ein fundiertes Grundlagenwissen geschaffen, welches optimale Voraussetzungen für weitergehende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Weg zur schadensfreien Montage von gebäudetechnischen Installationen liefert. Für das gesamte Projektteam eröffneten sich neue Wissenskenntnisse auf dem Gebiet der Technischen Gebäudeausrüstung, Verbindungen nach Schlussarten und der Herstellung und Anwendung von Klettprodukten.

Großes Potential zeigen vor allem die Erforschung des Themas Beton und Klett, Klett-kompatible Faserstoffe und alternative Verbindungssysteme von herkömmlichen Klettverbindungen. Die weitergehende Entwicklung im Rahmen eines staatlich geförderten Projekts und zusammen mit entsprechenden und bereits bekannten Firmenpartnern wird demnach im Fokus der zukünftigen Forschungsarbeit des Instituts für Architekturtechnologie stehen.

Abstract

Starting point/Motivation

The Hook-and-Loop fastener (better known for its commercial name Velcro®) is omnipresent in many fields today. Its potential lies in the astonishing strength of the bond between two compatible layers, which can in addition be loosened and re-fastened tool-free for several hundred times with very little influence to its strength and durability. Astonishingly, it is far from utilizing its full potential in the construction industry although its properties could have a variety of positive effects on the industry.

Contents and Objectives

Commonly, the building installation lines (such as electricity, water or ventilation, to name just a few) are walled-in, screwed or glued at the construction site. Would these instead be assembled and mounted using the hook-and-loop similar fasteners, the following effects with corresponding consequences could arise:

- Simplified assembly processes: They would decisively accelerate the construction phase of a building and would additionally be less prone to performance-related quality deficiencies.
- Flexible mountings and adaptability: They would enable the building to react to short-notice planning changes as well as to adapt to a new spatial program more efficiently.
- Damage-free connections - both for the base-surface and for the component to be fastened to it - would enable a pure separation of different materials and thus easy re-use. The possibility of easy re-use of specific components could prolong the components in-use phase of the lifecycle, which would contribute to sustainable usage of resources.

The aim of this exploratory project was to develop concepts for the production of surfaces with hook-and-loop-compatible surfaces in buildings, which could serve as a base-surface for simplified mounting of building's installation lines.

Methods

The exploratory project was not limited to the consideration of a single material or a trade, but aimed at the widest possible field of view in order to uncover potentials, that could lead to more extensive and more product-specific research projects in the near future.

The development of conceptual connections between different construction base-surfaces and hook-and-loop components was carried out by a thorough investigation and professional assessment of existing connections. Two innovation matrices were created. The developed concepts were then evaluated by means of evaluation sheets and team discussions. Promising concepts have been physically tested by the Laboratory of Structural Engineering at the Graz University of Technology.

Results

Based on the innovation matrix, a total of 143 concepts for connections between velcro and building materials were developed. Due to their particularly high innovation content, five of these concepts were handed over to the Research & Technology House at the Graz University of Technology, which is currently examining their patentability.

Two key findings form the basis for further research projects. On the one hand, to achieve the envisaged flexibility, the aim is to provide a large hook-and-loop-compatible base-surface of a building (e.g. wall or slab). To achieve the hook-and-loop compatibility, the material of choice would be either velour or fleece, because they are both webbed materials and thus more economical and available in large rolls. The

specific properties of the material and its processing specifics must be taken into account for further development.

Secondly, the timing of production of hook-and-loop-compatible base-surfaces is of crucial relevance. Whether during prefabrication, during the construction phase or during reconstruction / remodelling, each intervention requires a different approach.

During the construction phase of reinforced concrete walls or slabs for example, the hook-and-loop-compatible base-surface could be achieved in a variety of ways. Following the manufacturing logic of reinforced concrete, velour or fleece mats could be inserted into the formwork before the concrete is poured. Challenges, such as precise position fixation during the pouring process, or the protection of mats from contamination, need to be addressed. However, completely different approaches are required when the load-bearing construction is already finished or when refurbishment of an existing building is in question. In the last two cases, largely independent of building materials, it was found out, that production of hook-and-loop-compatible base-surfaces is most efficient, when it is done with one of the various available gluing techniques. They are relatively easy to handle, but with disadvantages when it comes to dismantling a building. Namely, the ability to separate building materials at the end of their life-cycle (ideally the velour or fleece mat could be completely separated from other materials), is of great importance for the evaluation of the different concepts.

In addition to these considerations, building materials and construction composites were examined for their potentially inherent hook-and-loop compatibility. First and foremost, these include various fibrous materials which, due to their structure, could under certain circumstances form loops. Such concepts are convincing in terms of material homogeneity and thus complete purity. Nevertheless, tests have shown that the strength of such bonds is far from that of commercially available hook and loop fasteners, which limits, but does not preclude their potential use and development.

Prospects / Suggestions for future research

The exploratory project has shown that it is possible to produce large hook-and-loop-compatible base-surface areas in buildings. This represents a solid foundation for the future achieving of the formulated objectives. Within the institute an in-depth basic knowledge has been created, which provides optimal conditions for further research and development work on the way to the damage-free assembly and disassembly of building's technical installations. The entire project team gained new knowledge in the field of building services, connection and fastening types, and the production & application of hook-and-loop products.

Great potential lies in the exploration of the following topics: Concrete and hook-and-loop surfaces, hook-and-loop-compatible fibrous materials, and alternative connection systems for conventional hook-and-loop-fasteners. The further development either in the form of a state-funded project or together with corresponding and well-known partner companies will therefore be the focus of the future research work of the Institute of Architecture Technology.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Das Ziel dieses Sondierungsprojektes ist die Entwicklung von Konzepten für die Herstellung Klettgeeigneter Bauteiloberflächen und anderer Baukomponenten, fokussiert auf den Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (TGA). Vorrangig zu untersuchen sind Möglichkeiten, Klett kleberfrei mit unterschiedlichen Baustoffen zu verbinden. Dadurch könnte zukünftig ein flexibler und zerstörungsfreier Verbau von TGA-Komponenten im Gebäude ermöglicht werden, während gegenwärtig Ein- und Umbau teils große Mengen Bauschutt produzieren und vor allem die Beschädigung von Bausubstanz und TGA-Komponenten zur Folge haben. Blieben diese unbeschädigt, könnte eine Wiederverwendung erfolgen und somit der Lebenszyklus verlängert werden.

Für die Entwicklung erster Prototypen wird die Durchführung einer F&E Forschung in einem weiteren Schritt angestrebt. Hierfür soll die vorliegende Sondierung ein wichtiges Grundlagenfundament bilden.

1.2 Stand der Technik

Für die Weiterentwicklung bestehender Vorgänge und Prozesse auf der Baustelle ist es erforderlich, den Stand der Technik durch Recherchen aufzudecken und zu ermitteln. Hierzu wurde zunächst eine Recherche zu grundsätzlichen Verbindungsarten durchgeführt. Desweiteren wurde eine gründliche Betrachtung der Montageabläufe beim Verbau von TGA-Komponenten vorgenommen und dabei verschiedene Problemfelder identifiziert. Der Stand der Technik bei der Verwendung von Klett auf der Baustelle umfasst zum Teil konkrete Anwendungsbeispiele, zum Teil aber auch Patentlösungen, die den Weg in die Baupraxis noch nicht gefunden haben. Eine exemplarische Auswahl dieser Produkte und Patente ist in diesem Kapitel dargestellt.

1.2.1 Verbindungen nach Schlussarten

Um Verbindungskonzepte von Klett mit unterschiedlichen Baustoffen zu entwickeln, wurden zunächst gängige Verbindungsarten studiert und den entsprechenden Schlussarten „stoffschlüssig“, „formschlüssig“ und „kraftschlüssig“ zugewiesen.

Eine stoffschlüssige Verbindung beschreibt ein stoffliches Vereinigen durch Zusatzwerkstoffe über Molekular- und Adhäsionskräfte (Abbildung 1). Eine formschlüssige Verbindung erfolgt durch ein Ineinandergreifen von Elementen (Abbildung 2). Eine kraftschlüssige Verbindung entsteht infolge der Übertragung von Reib- oder Feldkräften¹ (Abbildung 3).

Das Ergebnis dieser Recherche ist in Abbildung 4 dargestellt.

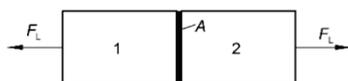


Abbildung 1:
Stoffschlussverbindung zweier Bauteile bei einachsiger Kraftbelastung. A Fügefläche, F_L Längskraft (Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007, 583)

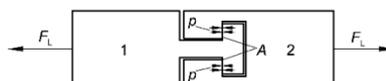


Abbildung 2: Formschlussverbindung zweier Bauteile bei einachsiger Kraftbelastung. F_L Längskraft, A tragendes Wirkflächenpaar, p Flächenpressung (Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007, 583)

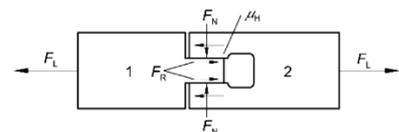


Abbildung 3: Reibschlussverbindung zweier Bauteile bei einachsiger Kraftbelastung. F_L Längskraft, F_R Reibkraft, F_N Normalkraft, μ_H Haftreibungskoeffizient (Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007, 583)

¹ Vgl. Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007, 583-587.

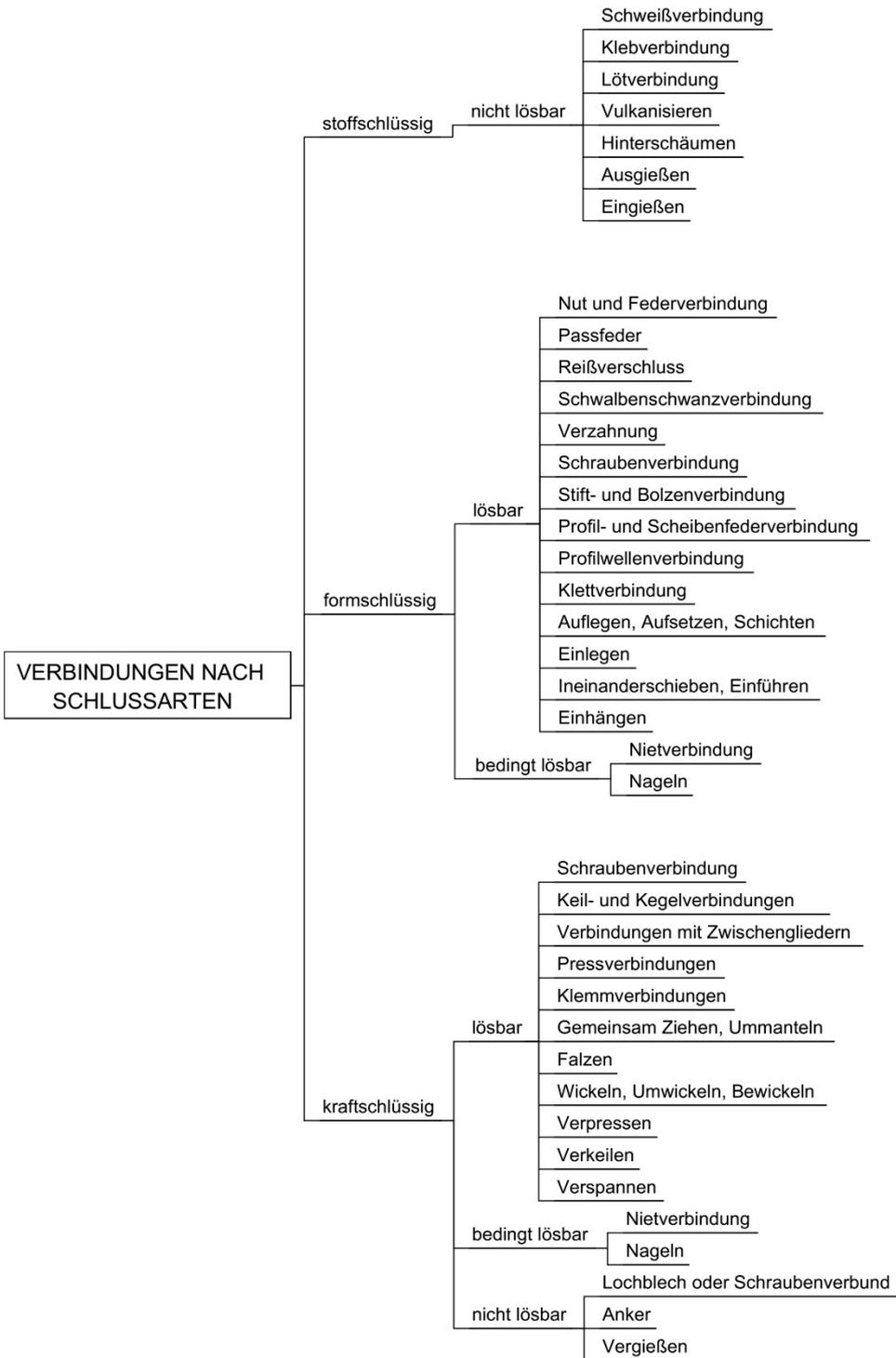


Abbildung 4: Diagramm Verbindungen nach Schlussarten, Erstellt von IAT, TU Graz (auf Grundlage von Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007. Brenner, 2010. Spur, 2014. Bauer/ Althof, 1991. Roth, 1996.)

1.2.2 Montage TGA

Desweiteren wurde eine gründliche Betrachtung der Montageabläufe beim Verbau von TGA-Komponenten vorgenommen und dabei verschiedene Problemfelder identifiziert.

Zerstörung von Bauteilkomponenten

Die Montage insbesondere von Sanitär- und Elektroleitungen erfolgt häufig in Wand oder Decke und geht daher mit Stemm- und Schlitzarbeiten einher, die wiederum Bauschutt erzeugen. Ein hohes Ausmaß solcher Arbeiten kann zu einer Schwächung der Bauteilfestigkeit führen.

Alternativ sind Schraubbefestigungen möglich, die, wenn auch in geringerem Umfang, dennoch ähnliche Begleiterscheinungen mit sich führen. Des Weiteren besteht durch den Schraubvorgang die Gefahr der Beschädigung der Elektro- oder Sanitärkomponenten selbst.

Lüftungsanlagen müssen zum Zwecke der Energieeinsparung wärmeschutztechnisch isoliert werden. Die Befestigung dieser Dämmung an Lüftungskanälen erfolgt nach dem allgemeinen Stand der Technik mit Nieten oder Kleber. Bei einer Montage mit Nieten werden sowohl Dämmstoff als auch Leitung beschädigt, was zur Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit und Störgeräuschen infolge von Luftverwirbelungen führen kann.



Abbildung 5: Stemmarbeiten auf der Baustelle für Elektroinstallationen und Wasserleitungen mit gängigem Werkzeug (wirbauen.org, 2017)



Abbildung 6: Werkzeuge auf Baustelle mit Verschmutzungen (https://www.123rf.com/photo_15436870_dirty-shovel-and-masonry-tools-on-a-construction-site.html, 01.08.2018, 10:05)

Keine Flexibilität in der Ausführung

Auf Änderungen in der Ausführung, sei es während der Bauwerkserrichtung oder später (z.B. im Zuge von Umnutzungen), kann nur mit großem Aufwand reagiert werden. Bei einer wandintegrierten Ausführung von Elektro- und Sanitärinstallationen muss mit der Herstellung neuer Bauteilaussparungen reagiert werden. Bei einer Montage vor dem Bauteil müssen die Montageelemente und Leitungen versetzt oder neu montiert werden.

Entgegen den wachsenden Ansprüchen hinsichtlich der Flexibilität von Seiten der Nutzer erweist sich dieses System als äußerst starr.

Abfallproduktion und Recycling

Neben dem Bauschutt durch Stemm- und Schlitzarbeiten stellen Dämmmaterialien von Leitungskanälen bei Rück- oder Umbau von Gebäuden aufgrund ihres Zustandes eine nicht weiter

verwend- oder verwertbare Abfallquelle dar. Infolge der Montageart sind die Matten durch Vernietung perforiert oder durch Verklebung nicht aus dem Verbund lösbar.



Abbildung 7: Abfallproduktion durch Sanierung
(<http://www.konrad-fischer-info.de/213ZS00.JPG>,
01.08.2018, 10:15)



Abbildung 8: Beschädigung von Dämmung
infolge Befestigung (Foto: IAT, TU Graz)

Geringe Attraktivität des Lehrberufs

Die TGA-ausführenden Firmen beklagen einen starken Lehrlingsrückgang. Dies wird unter anderem auch auf die Montagebedingungen zurückgeführt. Die Arbeit in stark staubbelasteten Umgebungen wirkt gesundheitsgefährdend und ist für viele deshalb abschreckend. Infolge einer Systemänderung bei der Montage von TGA könnte dem entgegengewirkt werden.

1.2.3 Klettanwendungen im Bauwesen

Der Stand der Technik bei der Verwendung von Klett auf der Baustelle umfasst zum Teil konkrete Anwendungsbeispiele, zum Teil aber auch Patentlösungen, die den Weg in die Baupraxis noch nicht gefunden haben. Es folgt eine exemplarische Auswahl dieser Produkte und Patente.

Produkt Fassadensystem Sto-System



Abbildung 9: Produktpräsentation
„StoSustain R“, Baumesse München Bau
2017 (Sto GesmbH, Österreich, 2017)



Abbildung 10: Montageablauf „StoSustain R“ (Sto
GesmbH, Österreich, 2017)

Das im Auftrag von Sto GesmbH am Institut für Architekturtechnologie der TU Graz entwickelte Fassaden-Klettprojekt ist Preisträger des „European Recycling Award 2015“ und wurde auf der BAU 2017 in München mit dem „Innovationspreis im Bereich Architektur und Bauwesen“ ausgezeichnet. Das Fassadensystem ermöglicht eine kleberfreie Montage eines Wärmedämmverbundsystems und eine spätere sortenreine Trennung. Die Markteinführung des Produkts ist unter dem Namen "StoSustain R" in der Produktpalette "StoClimate" für 2018 geplant. Im Laufe der Entwicklung des

Systems wurden mehrere europäische und deutsche Patentanmeldungen von Seiten des IAT zusammen mit Sto veröffentlicht. Dabei wurden auch Mitarbeiter des IAT als Erfinder gemeldet.

Produkt Fußbodenheizung

Die Firma Uponor bietet Fußbodenheizungssysteme an, die mittels Klett auf dem Untergrund befestigt werden. Die spiralförmige Umwicklung der Fußbodenheizungsrohre mit einem Klettband erfolgt ab Werk, die passende Haftfolie ist auf die Systemdämmplatte aufkaschiert.



Abbildung 11, 12, 13: Fußbodenheiz-systeme mit Klett Produkt der Firma Uponor. (© Uponor GmbH)

Die Verlegung der Fußbodenheizung erfolgt somit zeitsparend, bietet einen hohen Flexibilitätsgrad und kann von einer Person montiert werden. Einschränkend wirkt die Erfordernis der Verwendung der systemeigenen Dämmmatte. Hierauf reagiert Uponor mit der Einführung des Uponor Klett Twinboards, einer 3 mm starken Hohlkammerplatte mit aufkaschierter Haftfolie, welche auf eine bauseitig eingebrachte Dämmebene aufgelegt wird.

Ähnliche, temporäre Montagehilfen mittels Klett bilden die Klimamembran "Vario XtraSafe" der Firma Isover und die Dachabdichtungsbahn „Rhepanol“ der Firma FDT. Auf eine detailliertere Beschreibung dieser Produkte wird verzichtet, da Funktionsweise sowie Vor- und Nachteile der oben beschriebenen Fußbodenheizung ähneln.

Produkt Gecco-Wall

Die Gecco-Wall ist ein flexibles Zwischenwandsystem, welches ohne Eingriffe in den Bestand auf- und umgebaut werden kann. Der Erfinder, Arch. Dipl.-Ing. Jan Werner, hat das altbewährte Klettverschlussystem als sehr tragfähige Verbindung genutzt, um Innenausbauplatten auf mit Klett beschichtete Ständer ohne weitere Schraubbefestigung zu montieren. Das LKI der TU-Graz hat im Rahmen eines Innovationschecks (FFG Projektnummer F-10-43-2012) zu dieser Entwicklung mittels Untersuchungen beigetragen.



Abbildung 14: Anwendung von Gecco-Wall. (Screenshot <https://vimeo.com/272317398>, 03.04.2018, 10:00, ©Jan Werner)

Patent Klettsystem in oder an einem Gebäude

Veröffentlichungsnummer: DE202012003999 U1; Anmeldenummer: DE201220003999

Antragsteller: Andreas Schaumburg; Veröffentlichungsjahr: 2012

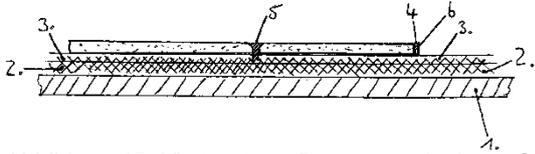


Abbildung 15: Klettsystem, Patent von Andreas Schaumburg

(<https://patentimages.storage.googleapis.com/f9/8a/c9/5ce64402985085/00040001.png>, 01.08.2018, 10:15)

Das „Klettsystem“ ermöglicht mittels Klett eine lösbare Verbindung zwischen Fliesenbelag, PVC-Belag, Panel, Teppich oder Laminat und Wand, Boden oder Decke. Dazu wird jeweils ein Klettband auf Untergrund und Gegenstück geklebt. Die einzelnen Bestandteile sind: Der Untergrund (Wand, Boden, Decke) (1), die Klettband-Unterseite, welche mit dem Untergrund verklebt wird (2), die Klettband-Oberseite, welche mit dem verlegten Werkstoff (3) verklebt wird, der Klettprofilfuge als Abschluss der Beläge (4), das Klettprofil (für Fliesen und Naturstein, in der Fläche sowie bei Innenecken) (5) und das Abschlussprofil bei Fliesenbelag (6).

Der entscheidende Vorteil ist, dass das aufgeklebte Element jederzeit mittels kleinen Aufwands getauscht werden kann.

Patent Dämmmaterial

Veröffentlichungsnummer: EP0916483 A2; Anmeldenummer: EP19980121502

Antragsteller: E. Missel GmbH & Co.; Veröffentlichungsjahr: 1999

Erfinder: Die Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet.

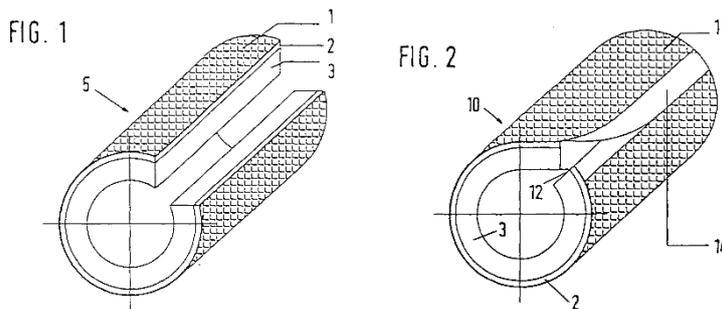


Abbildung 16, 17: Dämmmaterial, Patent von E. Missel GmbH & Co.

(<https://patentimages.storage.googleapis.com/EP0916483A2/00110001.png>, 01.08.2018, 10:15)

Die Rohrdämmung (5) besteht aus einer äußeren Schutzschicht (1), einer Dämmschicht (3) und einer nicht brennbaren Zwischenschicht (2). Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform mit in Axialrichtung verlaufendem Trennschlitz (12), der ein nachträgliches Aufstülpen des rohrförmigen Rohrmaterials auf eine vorhandene Rohrleitung ermöglicht. Zum Verschließen des Trennschlitzes ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein Klebestreifen 14 oder Klettverschluss vorgesehen.

Patent Verfahren zum Herstellen eines Befestigungssystems, insbesondere für Bauelemente fotovoltaischer Anlagen

Veröffentlichungsnummer: EP2613104 A3; Anmeldenummer: EP20120008066

Antragsteller: Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg; Veröffentlichungsjahr: 2014

Erfinder: Konstantinos Poulakis

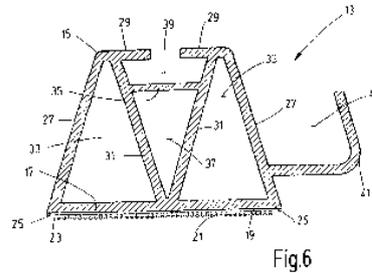
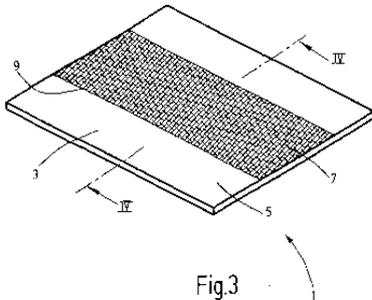


Abbildung 18: Befestigungssystem, Patent von Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg. (<https://patentimages.storage.googleapis.com/21/da/6d/1805a24d9de1b9/imgf0002.png>, 01.08.2018, 10:15)

Abbildung 19: Befestigungssystem, Patent von Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg. (<https://patentimages.storage.googleapis.com/4c/5a/64/194624e4ba3705/imgf0003.png>, 01.08.2018, 10:15)

Vorzugsweise auf Dächern wird eine Tragfläche (1) mit einer Befestigungskomponente (7, 19), also einer Schlaufen- oder Hakenfläche, bereitgestellt. Eine korrespondierende Befestigungskomponente ermöglicht eine lösbare Verbindung. In besonders vorteilhafter Weise kann die Trägerfläche aus einer Bitumenmasse oder aus Kunststoff hergestellt werden, die Befestigungskomponente wird darauf aufkaschiert oder auflaminiert.

Fig. 3 zeigt die Trägerfläche in Form einer elastomeren Kunststoffplatte mit daran befindlichem Haftverschlusselement.

Fig. 6 zeigt den Querschnitt des Tragelements mit Haftverschlusselement.

Patent Befestigungssystem

Veröffentlichungsnummer: DE102012010893 A1; Anmeldenummer: DE201210010893

Antragsteller: Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg; Veröffentlichungsjahr: 2013

Erfinder: Jan Tuma

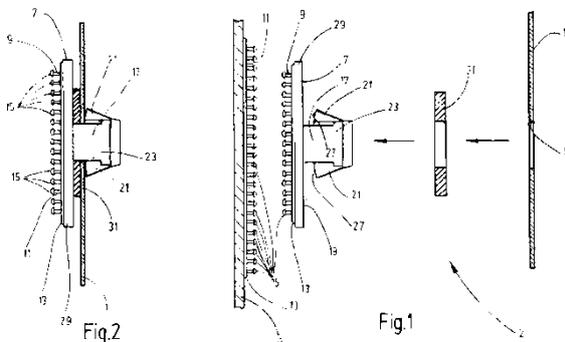


Abbildung 20, 21: Befestigungssystem, Patent von Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg. (<https://patentimages.storage.googleapis.com/42/92/d1/1a4262b919a8ef/00160001.png>, 01.08.2018, 10:17)

Die Befestigungsvorrichtung besteht aus einem Haftteil (7), welches an einem Bauteil (1) befestigt wird. Das Haftteil (7) weist an einer Seite Haft- oder Verhakungselemente (15) auf. Zusätzliche Teile sind ein Befestigungsmittel (17) und eine Dichteinrichtung (31). Die entstehende Einheit bestehend aus Befestigungselement und Bauteil kann mit einem Gegenstück (3) eine Verbindung eingehen.

Patent Fastening with wide fastening membrane

Veröffentlichungsnummer: US20030070391 A1; Anmeldenummer: US 10/278,254

Antragsteller/Erfinder: Ernesto Tachauer, Ronald Provencher, Shawn Banker, George Provost;

Veröffentlichungsjahr: 2003

Ursprünglich Bevollmächtigter: Tachauer Ernesto S., Provencher Ronald L., Banker Shawn C., Provost George A.

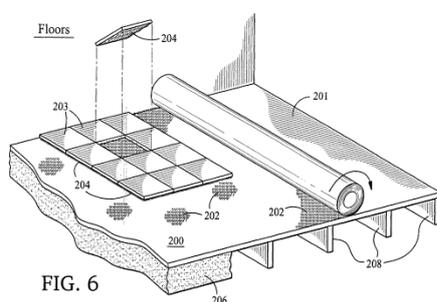


Abbildung 22: Fastening membrane, Patent von Ernesto Tachauer, Ronald Provencher, Shawn Banker, George Provost (<https://patentimages.storage.googleapis.com/US20030070391A1/US20030070391A1-20030417-D00006.png>, 01.08.2018, 10:17)

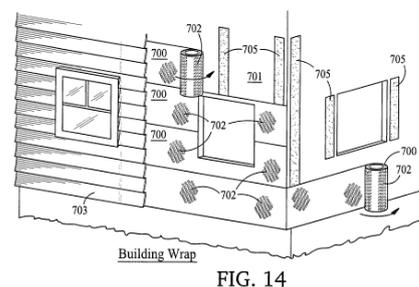


Abbildung 23: Fastening membrane, Patent von Ernesto Tachauer, Ronald Provencher, Shawn Banker, George Provost (<https://patentimages.storage.googleapis.com/US20030070391A1/US20030070391A1-20030417-D00011.png>, 01.08.2018, 10:17)

Dieses Verfahren ermöglicht eine lösbare Befestigung von Gegenständen auf einer kontinuierlich hergestellten Hakenbefestigungsmembran aus thermoplastischem Harz. Die Membran eignet sich für Dächer, Wände, Böden und Decken.

Die hier angeführten Produkte und Patente zeigen, dass Klettverbindungen vor allem aufgrund ihrer einfachen Montage und Flexibilität bevorzugt werden. Jedoch wird deutlich, dass Schnittstellen zwischen den einzelnen Gewerken fehlen, wodurch Klettanwender, egal welchen Handwerks, in der Regel beide Klettcomponenten (Schlaufen und Haken oder Pilzkopf) in ihrem System vereinen bzw. auf die Baustelle liefern müssen. Es entsteht stets ein weiterer Arbeitsschritt.

Eine bauseitige Schaffung einer universellen Klett Oberfläche würde zu erheblichen Zeit- und somit Kosteneinsparungen führen.

1.3 Forschungsfeld / Betrachtungsfeld (Baukomponenten)

Bei der Montage von TGA-Komponenten sind folgende Baukomponenten von Relevanz: Der Untergrund, die TGA-Komponente, das Befestigungsmittel und, im Bedarfsfall, die Dämmung. Die Untersuchung dieser Baukomponenten und ihrer Eigenschaften war ein wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Forschung und Ausgangspunkt für die Entwicklung geeigneter Verbindungskonzepte unter Verwendung von Klett.

1.3.1 Rohbaustoffe

Die Montage von TGA-Komponenten erfolgt auf, an oder vor Wänden und Decken, für deren Herstellung unterschiedliche Rohbaustoffe zum Einsatz kommen können. Im Rahmen dieser Sondierung wurden die gängigen Rohbaustoffe Holz, Beton, Stahl und Ziegel untersucht. Neben der Bauweise (Skelett oder Massiv), der Oberflächenbeschaffenheit und der Erscheinungsform auf der Baustelle (flüssig oder fest) waren vor allem die „Zustände nach Baufortschritt“ dieser Rohbaustoffe von besonderer Bedeutung:

- Der Rohbau ist fertiggestellt (Neubau und Sanierung)
Das Tragsystem des Gebäudes ist hergestellt. Die tragenden Bauteile sind an ihrem Bestimmungsort, verankert und tragfähig. (Der Ortbeton ist ausgetrocknet und ausgeschalt, der Ziegelverbund ausgetrocknet, das Bauholz oder der Stahl sind aufgestellt und fixiert)
- Der Rohbau wird hergestellt (Neubau)
Das Tragsystem des Gebäudes ist am Entstehen. Eine Tragfähigkeit ist noch nicht gegeben. (Die Schalung für den Ortbeton wird aufgestellt, der Beton wird eingebracht, das Mauerwerk wird errichtet, Massivholzwände und -decken oder Stahlträger gefügt)
- Teile des Rohbaus werden vorgefertigt (Neubau)
Teile des Tragsystems sind am Entstehen. Die Herstellung dieser Bauteile erfolgt im Werk unter kontrollierbaren Bedingungen. Nach Fertigstellung wird es auf die Baustelle geliefert. (Der Beton wird in mehrmalig verwendbare Schalungen eingebracht, Holzlamellen werden mit Leim versehen und miteinander gepresst, Ziegelwände bis zu gewissen Dimensionen vorgemauert)
- Rückbau (Abbruch)
Der Rohbau wird idealerweise in seine Bestandteile zerlegt und nach Möglichkeit sortenrein recycelt.

1.3.2 TGA-Komponenten

Technische Gebäudeausstattung (TGA) kann nach Gewerken in die Bereiche Heizung, Lüftung und Klimatisierung, Wasser und Abwasser, Beleuchtung, Starkstrom, Schwachstrom und Transporttechnik eingeteilt werden.²

Zusätzlich ist eine strukturelle Einteilung in die Kategorien *Erzeugung und Einspeisung* (z.B. Kesselanlage), *Verteilung* (z.B. Rohrnetze), *Anwendung* (z.B. Heizkörper) und *Regelung/ Automation* (z.B. Ventile) möglich. Dieses Sondierungsprojekt konzentriert sich auf die Kategorie „Verteilung“ (von Energie und Medien) innerhalb von Gebäuden und in weiterer Folge auf die Elemente Rohrleitungen, Luftkanäle, Kabelleitungen.³ (Abbildung 24)

² Vgl. Krimmling/Deutschmann/Preuß/Renner, 2013, 29.

³ Vgl. Krimmling/Deutschmann/Preuß/Renner, 2013, 16.

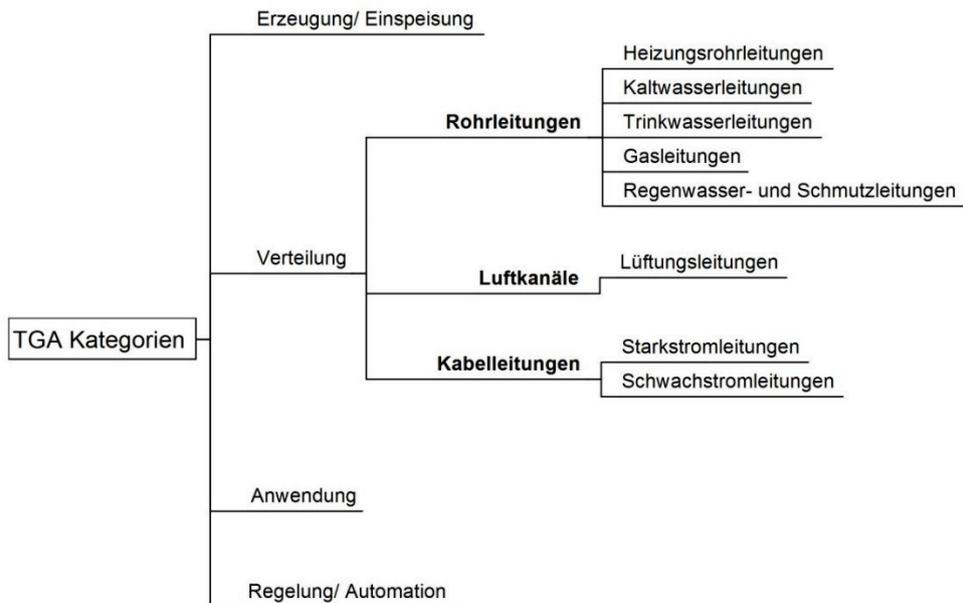


Abbildung 24: Struktur gebäudetechnischer Systeme mit Schwerpunkt auf die Verteilung (Krimmling/Deutschmann/Preuß/Renner, 2013, 16-62)

1.3.3 Befestigungsmittel

TGA-Leitungen verlaufen in horizontaler und vertikaler Richtung. Die Verlegung erfolgt dabei entweder in einem Bauteil oder frei vor einem Bauteil. Da eine Leitungsführung direkt in der Baukonstruktion (als Verbund) nicht mehr zugänglich ist, also keine sortenreine Trennung zulässt und somit den Projektzielen widerspricht, wurde diese Leitungsführung nicht betrachtet.

Untersucht wird die Verlegung in Installationschächten, in Kanälen, oberhalb von horizontalen Bauteilen, unterhalb von horizontalen Bauteilen und vor vertikalen Bauteilen. Je nach TGA-Komponente kommen unterschiedliche Montagelemente zum Einsatz.

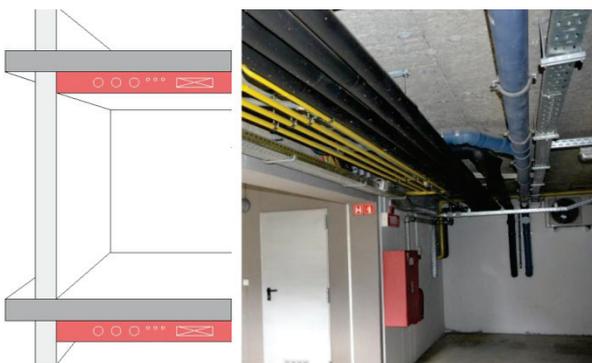


Abbildung 25 (links): Leitungsführung unterhalb von horizontalen Bauteilen (Abbildung: IAT)
 Abbildung 26 (rechts): Leitungsführung unterhalb von horizontalen Bauteilen (Foto: Kresevic, Z.)

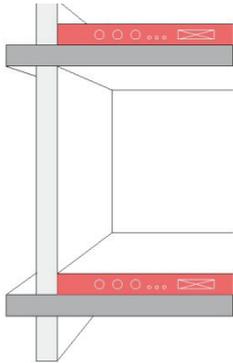


Abbildung 27 (links): Leitungsführung oberhalb von horizontalen Bauteilen (Abbildung: IAT)
 Abbildung 28 (rechts): Leitungsführung oberhalb von horizontalen Bauteilen (Foto: Kresevic, Z.)

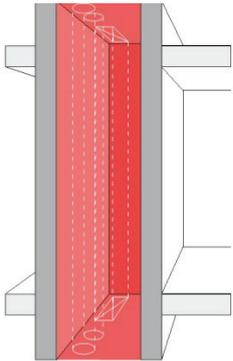


Abbildung 29 (links): Leitungsführung in vertikalen Installationsschächten (Abbildung: IAT)
 Abbildung 30 (rechts): Leitungsführung in vertikalen Installationsschächten (<https://www.sbz-monteur.de/wp-content/uploads/2018/04/1016-01.jpg>, 03.09.2018, 15:52)

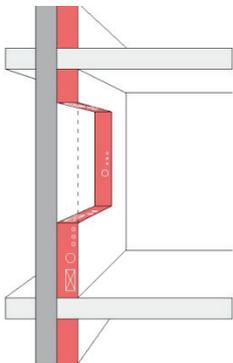


Abbildung 31 (links): Leitungsführung vor vertikalen Bauteilen (Abbildung: IAT)
 Abbildung 32 (rechts): Leitungsführung vor vertikalen Bauteilen (Foto: IAT, TU Graz)

Rohrleitungen

Rohrleitungen werden überwiegend mit Rohrschellen montiert. Die Befestigung am Untergrund erfolgt mittels Verdübelung direkt am Rohbau oder mittels Verschraubung auf einer Montagewise.

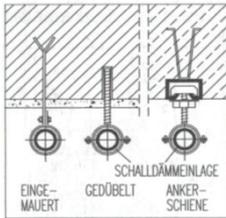


Abbildung 33:
Leistungsverlegung
frei vor der Wand
(Pistohl, 2009, H127)

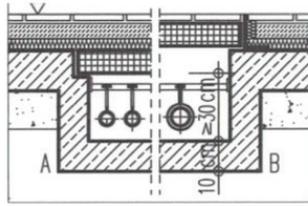


Abbildung 34: Rohrverlegung
in einem Bodenkanal
(Pistohl, 2009, B64)



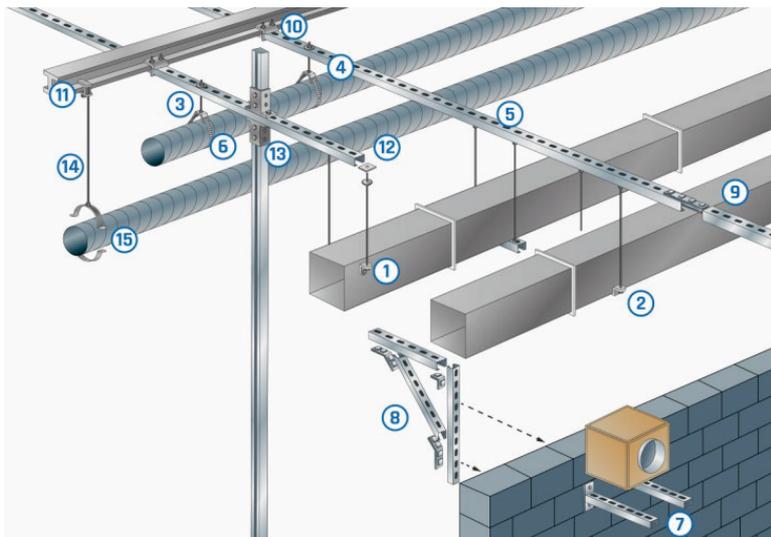
Abbildung 35:
Schraubrohrschele
(<https://www.hornbach.at/shop/Schraubrohrschele-4-isoliert-3-Stueck/3661572/artikel.html>,
19.02.2018, 12:21)



Abbildung 36:
Schlagrohrschele
(<https://www.hornbach.at/shop/Schlagrohrschele-mit-Einschlagspitze-1-Stueck/1305335/artikel.html>,
19.02.2018, 12:25)

Luftkanäle

Luftkanäle werden mittels Schienen, Stahlwinkeln, Traversen, Wandkonsolen, Rohrschellen, Lochbändern und Gewindestangen montiert.

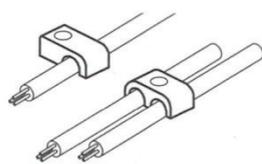


- 1: Befestigungselement seitlich
- 2: Befestigungselement aufliegend
- 3: Befestigungselement abgehängt
- 4: Montagewise
- 5: Montagewise
- 6: Montagelochband
- 7: Schienenkonsole
- 8: Winkelkonsole
- 9: Schienenverbinder
- 10: Trägerkralle
- 11: Trägerklemme
- 12: Schiebemutter mit Gewindestange
- 13: Sattelflansche
- 14: Gewindestange
- 15: Lüftungsschele

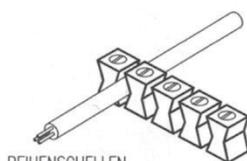
Abbildung 37: Befestigungstechnik (<https://www.airleben24.de/montagetechnik>, 14.02.2018, 11:38)

Kabelleitungen

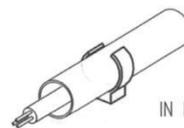
Kabelleitungen werden mit Hilfe von Schienen, Kanälen, Leitungstrassen, Klemmbügeln und Mehrfachsellen befestigt.



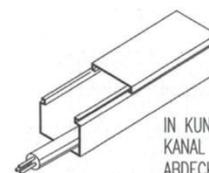
EINFACH- BZW. DOPPELSHELLE
GENAGELT



REIHENSHELLEN
GESCHRAUBT



IN LEERROHR



IN KUNSTSTOFF-
KANAL MIT
ABDECKUNG

Abbildung 38: Befestigung von Feuchtraumleitungen auf Putz (Pistohl, 2009, E58)

1.3.4 Dämmung

Rohrleitungen

Zum Schutz vor Wärme- oder Kälteverlusten werden Heiz- und Kaltwasserleitungen gedämmt. Hierzu werden Formstücke aus Schaumkunststoff, Schaumglas oder Mineralfaser mit PVC- oder Blechmantel verwendet.⁴ Die Befestigung der Dämmung erfolgt gemäß DIN 4140 durch Nieten oder Klammern oder mittels Kleben und einer Fixierung mit Draht oder Spannbänder (Mineralfaserdämmung) oder nur durch Kleben (Schaumstoffplattendämmung).

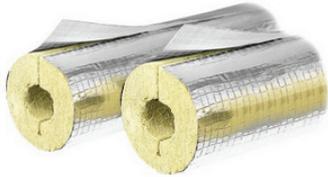


Abbildung 39: Steinwoll-Rohrschale aluminiumkaschiert selbstklebend (<https://www.hornbach.at/shop/Steinwoll-Rohrschale-Steinbacher-aluminiumkaschiert-28x31-mm/7360591/artikel.html>, 19.02.2018, 12:46)



Abbildung 40: PE-Rohrisolierung selbstklebend (<https://www.hornbach.at/shop/PE-Rohrisolierung-Steinbacher-selbstklebend-28x13-mm/5008340/artikel.html>, 19.02.2018, 12:47)

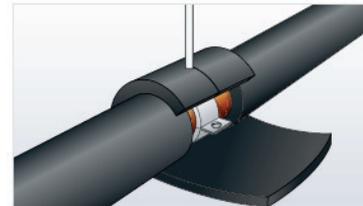


Abbildung 41: Dämmung über Rohrschelle (Armacell Enterprise GmbH & Co. KG, Armaflex_Montagehandbuch_DE_web, 68)

Luftkanäle

Gegen Wärme- und vor allem Kälteverluste müssen Luftkanäle durch Dämmen geschützt werden. Dabei soll die Dämmung auch Kondenswasserbildung auf der Oberfläche von Kaltluftkanälen verhindern. Als Material kommen aufgeklebte Schaumstoffplatten, Hartschaumplatten und nicht brennbare Mineralfaserplatten mit Alukaschierung zum Einsatz. Kühlleitungen müssen mit dampfdiffusionsdichtem Material wie Armaflex gedämmt werden.⁵ Die Befestigung der Dämmung erfolgt gemäß DIN 4140 durch Nieten, mit Spannbändern oder durch Kleben (Mineralfaserdämmung) oder nur durch Kleben (Schaumstoffplattendämmung).

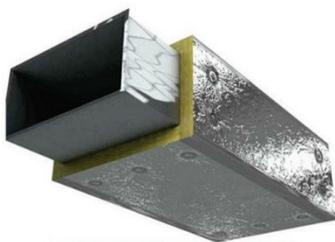


Abbildung 42: Mineralfaser mit Alukaschierung (<https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/lueftung/lueftungskanaele-2492245>, 14.02.2018, 11:43)



Abbildung 43: Schaumstoffplattendämmung (http://www.bosy-online.de/Daemmung_von_Luftleitungen.htm, 14.02.2018, 11:47)

⁴ Pistohl, 2009, H132.

⁵ Pistohl, 2009, L83.

1.3.5 Klett

Klett ist heutzutage in vielen Branchen bereits allgegenwärtig. Auch in der Baubranche hält er vereinzelt Einzug, ist aber noch weit davon entfernt, all sein Potenzial voll auszuspüren. Dieses Potenzial liegt vor allem in den überraschend starken Verbindungen, die mittels Klett hergestellt und zugleich, oftmals sogar werkzeugfrei, auf einfachste Art wieder gelöst werden können. Und dies mehrere hundert Male, ohne Einbußen hinsichtlich der Haftfestigkeit.

Eine klettbasierte Montage von TGA könnte den Einbau vereinfachen, das Maß an Flexibilität erhöhen, eine Wiederverwendung ermöglichen und damit der Verlängerung des Lebenszyklus und einer nachhaltigen Ressourcennutzung dienen.

Klettverbindungen bestehen im Grunde aus zwei Komponenten, einem Schlaufenelement und einem Haken- oder Pilzköpfelement. Mittels Aufeinanderpressen verhaken sich die Haken oder Pilzköpfe in den Schlaufen und gehen dadurch eine Verbindung ein. Das Prinzip besteht immer in einem Verhaken von Elementen mit ausreichender Steifigkeit in einer flexiblen, schlaufenförmigen Struktur.⁶ Die Haken oder Pilzköpfe können mit unterschiedlichem Vlies, Velours oder Flauch kombiniert werden und weisen dabei unterschiedliche Verschlussfestigkeiten auf. Zusätzlich gibt es die Kombinationsmöglichkeit von Pilz- in -Pilzkopf. Eine Sonderform stellt Metaklett aus Metall dar.

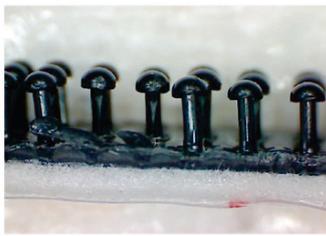


Abbildung 44: Pilzköpfe aus PP; schwarz eingefärbt, auf schwarzer gießfähiger Bindemittelschicht und transparenter VHB-Klebstoffschicht (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 20)

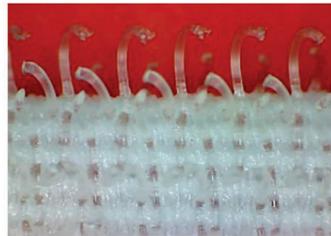


Abbildung 45: Haken geschnitten (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 12)

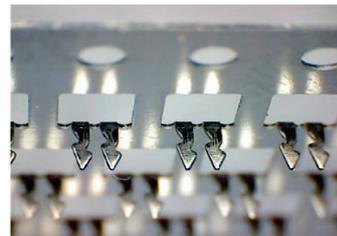


Abbildung 46: Detail der Klettverbindung Entenkopf, gestanzte Haken mit Hinterschneidungen (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 22)

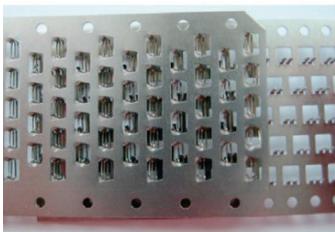


Abbildung 47: Metaklett Entenkopf in gefügter Position (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 22)

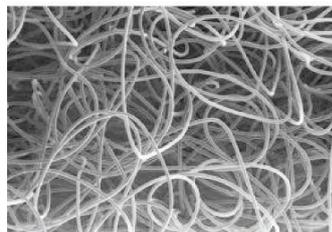


Abbildung 48: REM-Aufnahme eines Vliesbandes mit ungeordneten Schlingen (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 15)

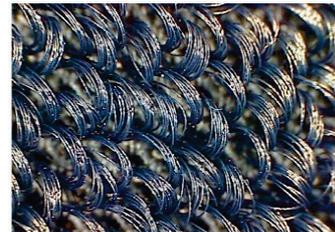


Abbildung 49: Flauschband; ausgerichteten Schlingen (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 15)

⁶ Krüger, 2013, 9.

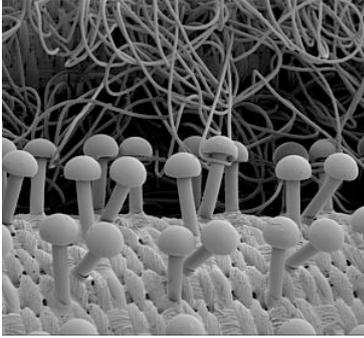


Abbildung 50: Klettprinzip (©Gottlieb Binder GmbH &Co. Kg. Unter:
http://www.binder.de/fileadmin/_processed_/csm_8products_d49efe080f.jpg, 12.07.2018, 15:47)

Eine Übersicht der verschiedenen Klettarten, Materialarten von Klett und Produkte der Hersteller wurde vom IAT als Übersichtsdiagramm erstellt (siehe folgende Abbildung: Übersicht Klettarten, Klettmaterialien und Klettprodukte).

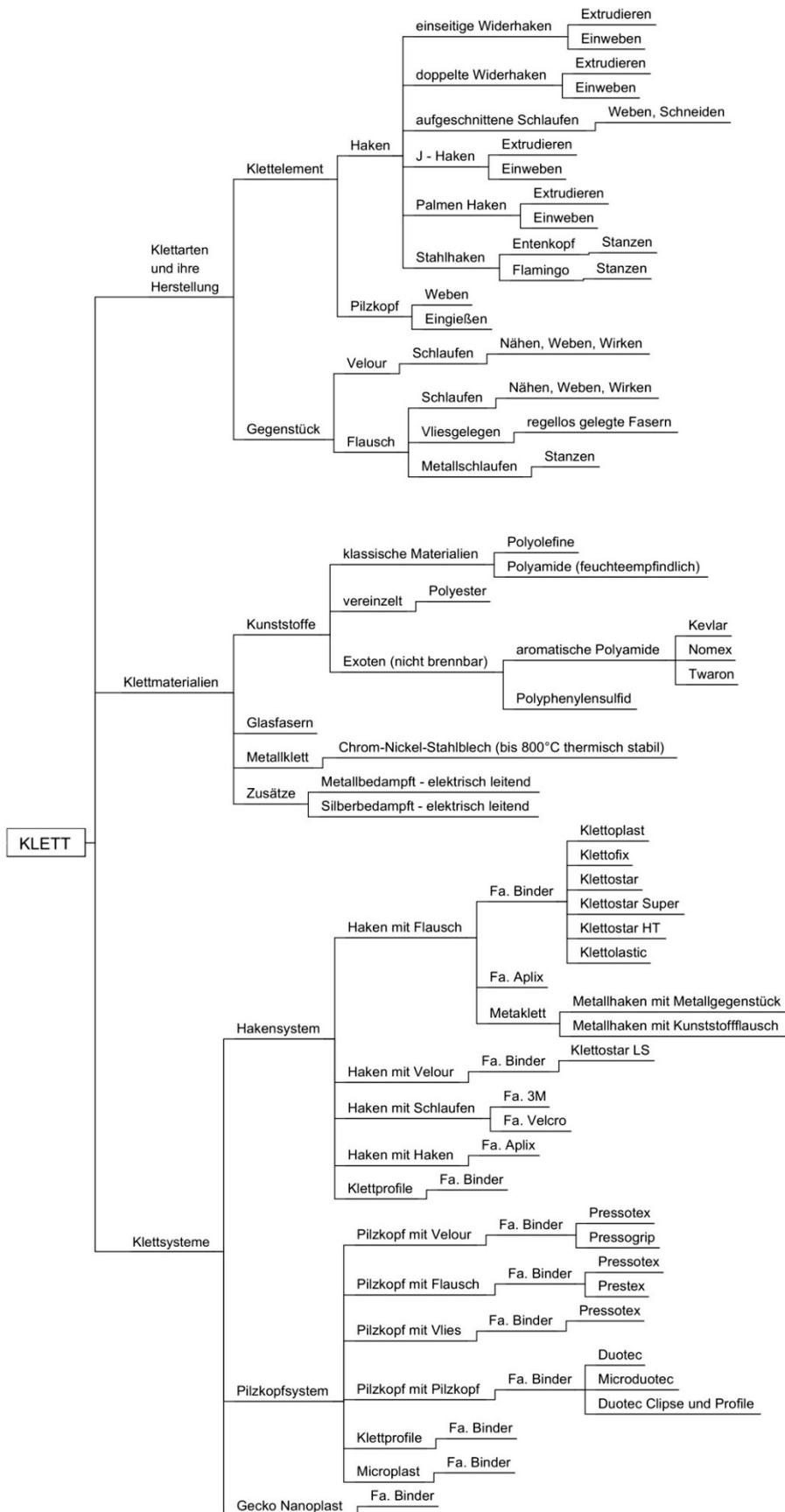


Abbildung 51: Übersicht Klettarten, Klettmaterialien und Klettprodukte (Diagramm IAT, TU Graz auf Grundlage von: Krüger, 2013. Produktprogramm der Fa. Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg., Fa. Aplix S.A, 3M Österreich GmbH und Fa. Velcro GmbH)

1.4 Verwendete Methoden

Auf dem Weg zur Eruierung neuartiger Verbindungsmöglichkeiten von Klettprodukten und Baustoffen wurden die zu Beginn entwickelten Konzepte unterschiedlichen Prüfungen, Evaluierungen und Auswahlverfahren unterzogen. Konzepte, die ein spezialisiertes, über die Kernkompetenzen des IAT hinausgehendes Fachwissen erforderten, wurden mit Experten unter Wahrung der getroffenen Geheimhaltungsvereinbarung erörtert. Erkenntnisse hieraus wurden in Form von Protokollen durch das IAT festgehalten und die Konzepte daraufhin im Bedarfsfall modifiziert oder verworfen. Zusammen mit dem Labor für Konstruktiven Ingenieurbau (LKI) der TU Graz wurden für Labortests geeignete Konzepte ausgewählt und tiefergehenden Versuchen unterzogen. Die Vorbereitung der Versuche oblag hierbei dem IAT, Durchführung, Messung und Aufzeichnung dem LKI.

Im Einzelnen zählen zu den verwendeten Methoden:

- Aufstellen von Innovationsmatrizen zur Entwicklung von Konzepten
- Beurteilung von entwickelten Konzepten unter bestimmten Gesichtspunkten
- Durchführung von Tastversuchen
- Durchführung von Laborversuchen
- Befragung von Experten (Einholen von Fachwissen)
- Abschließende Evaluierung

Im Folgenden werden anhand einzelner Anwendungsbeispiele die genannten Methoden erläutert.

1.4.1 Innovationsmatrix

Zur Entwicklung von Konzepten wurden Innovationmatrizen entwickelt. Aufbauend auf der Analyse wurde die erste, systematische Matrix erstellt. Gestrichelt eingerahmt ist die jeweilige Schnittstelle zwischen der spezifischen Komponente und der möglichen Klettebene.

Für die jeweilige Verbindung der Komponenten (A, B, C, D) und TGA-Komponente (1, 2, 3) mit Klett wurden verschiedenste Konzepte entwickelt.

Der Rohbaustoff – A gliedert sich in Holz, Beton, Stahl und Ziegel. Das Befestigungsmittel – B umfasst Rohrschellen, Stahlwinkel, Montageschienen, Kabelschächte und weitere Produkte. Zu den TGA-Komponenten - C zählen Rohre und Kanäle unterschiedlicher Materialität, Geometrie und Dimension (Wasser- und Lüftungsröhren und Schächte sowie Elektroleitungen) und unter Dämmung - D fallen Faserdämmstoffe, die der Dämmung oben genannter TGA-Komponente dienen. Diese Matrix ermöglicht eine Konzeptentwicklung unter Betrachtung der unterschiedlichen TGA-Systeme, die auf der Baustelle zur Anwendung kommen (siehe folgende Abbildung).

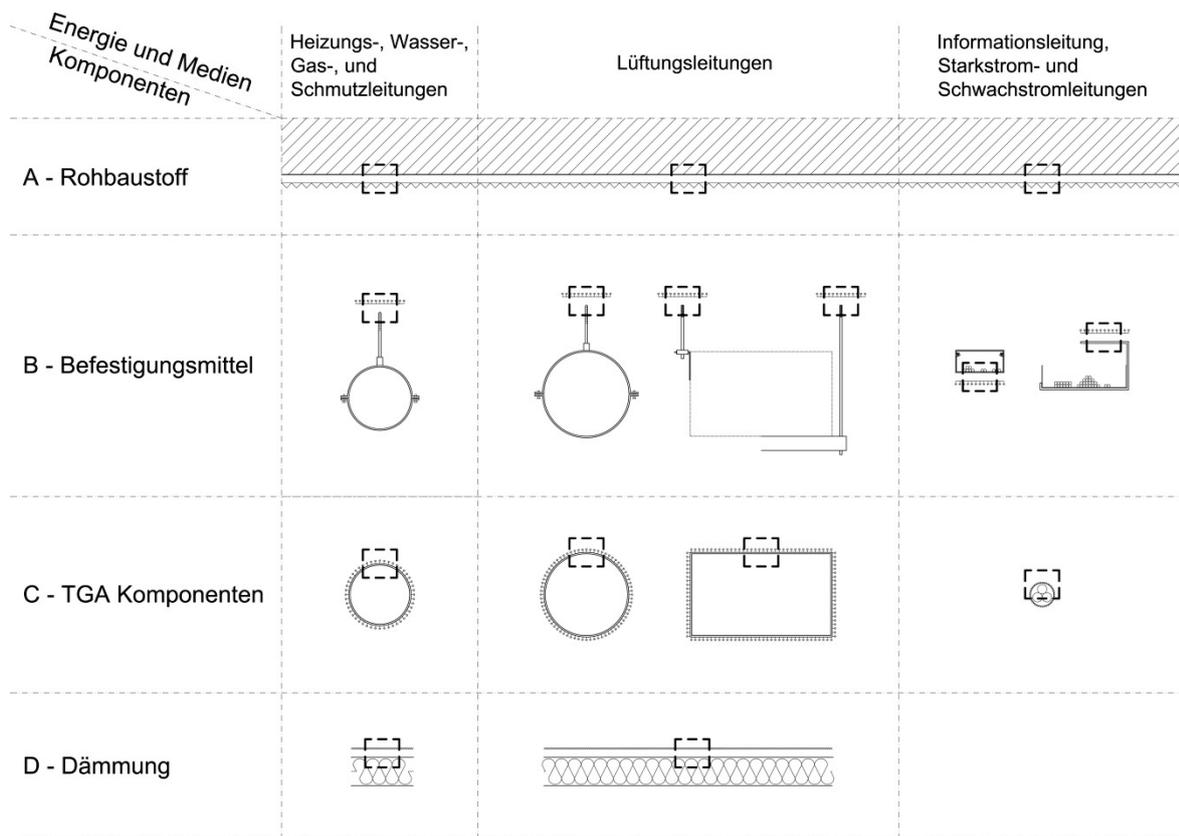


Abbildung 52: Matrix TGA-System und Rohbaustoff mit Klettschnittstellen

Eine zweite Matrix mit Fokus auf Materialität und Schlussart erweitert die Perspektive und ermöglicht die Entwicklung weiterer Verbindungskonzepte.

Auf einer Achse wurden die Materialien der verschiedenen Rohbaustoffe, Befestigungsmittel, TGA-Komponenten und Dämmungen angeführt, auf der zweiten Achse die unterschiedlichen Schlussarten (Verbindungsarten). Die zweite Komponente der Verbindung stellt ebenfalls ein Hacken-, Pilz-, Flansch- oder Velourselement dar (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Aufbau der Innovationsmatrix Verbindungskonzepte Materialien mit Klett

Materialien Schlussarten	Rohbaustoff mit Klett				Befestigungsmittel -, TGA-Komponente -, Dämmung - mit Klett			
	Holz	Beton	Stahl	Ziegel	Kunststoffe nicht geschäumt	Kunststoffe geschäumt	Metalle	Faserstoffe
Stoffschlüssig	H1	B1	S1	Z1	K1	KG1	M1	F1
Formschlüssig	H2	B2	S2	Z2	K2	KG2	M2	F2
Kraftschlüssig	H3	B3	S3	Z3	K3	KG3	M3	F3

Für jeden Schnittpunkt dieser Matrix wurden möglichst viele Konzepte entwickelt. Je nach Material und Schlussart erfolgt dabei eine Kurzbezeichnung des jeweiligen Konzeptes. Ein Konzept des Materials „Holz“ und der Schlussart „Stoffschlüssig“ erhält dabei die Kurzbezeichnung „H1“. Zusätzlich wird die Bezeichnung um eine fortlaufende Nummer ergänzt, wodurch sich beispielsweise die Kurzbezeichnung „H1.1“ ergibt.

1.4.2 Beurteilung von entwickelten Konzepten unter bestimmten Gesichtspunkten

Innerhalb des Projektteams am IAT wurden Abschätzungen hinsichtlich technischer und ökologischer Eigenschaften, des Aufwands und des Entwicklungspotentials vorgenommen.

Technische Eigenschaften bildeten dabei Aspekte der statischen Belastbarkeit, der Lebensdauer und der Bauteilvielfalt während die ökologischen Eigenschaften vorrangig an der Eignung des Konzepts beziehungsweise der eingesetzten Komponenten für eine anschließende Wiederverwendung gemessen wurden. Die Abschätzung des Aufwands umfasste die Komplexität und angenommene Zeiterfordernis bei Herstellung und Montage (Baustellentauglichkeit) sowie die Materialreinheit. Ein besonders hohes Entwicklungspotenzial wurde jenen Konzepten zugesprochen, zu denen bei erwarteter hoher Realisierbarkeit noch vergleichsweise wenig oder keine Forschung oder Technologie vorliegt.

1.4.3 Durchführung von Tastversuchen

Die Tastversuche am IAT dienten dazu, die Kraftübertragung von verschiedenen Verbindungskonzepten und deren unterschiedliche Schlussarten zu testen. Sie bestanden aus händischen Abzugsversuchen sowie optischen Evaluierungen mittels mikroskopischen Aufnahmen. Auf Grundlage dieser Versuche konnten Einschätzungen der statischen Belastbarkeit, sowie eine Vorauswahl für die Versuche des LKI getroffen werden.

1.4.4 Durchführung von Laborversuchen

Zusammen mit dem Labor für Konstruktiven Ingenieurbau (LKI) der TU Graz wurden für Labortests geeignete Konzepte ausgewählt und tiefergehenden Versuchen unterzogen. Die Vorbereitung der Versuche oblag hierbei dem IAT, Durchführung, Messung und Aufzeichnung dem LKI.

Die Versuche am LKI dienten der Überprüfung und dem Erhalt messbarer Ergebnisse der Verbindungskonzepte unter Laborbedingungen.

Hierbei wurde die Planung und Durchführung der Versuche sowie Sammlung und Dokumentation der Ergebnisse durchgeführt. Es wurden Messungen über die Kraftübertragung der Verbindung mit unterschiedlichen Baustoffen getestet. Die durch das LKI durchgeführten Versuche umfassten Herstellungsversuche, Haftzugversuche, Schälversuche, Verschmutzungsversuche und einen Belastungsversuch.

Folgende Methoden und Arbeitsschritte wurden angewandt:

- Quantitative sowie qualitative Vergleichsverfahren
- Hands-On Methoden
- Laborversuche / Messungen
- Beobachtung und genaue Überprüfung
- Diagrammerstellung
- Berichterstellung der Versuchsergebnisse

Eine detaillierte Dokumentation aller Versuche ist im Abschlussbericht des LKI nachzulesen und befindet sich im Anhang dieses Dokuments.

1.4.5 Befragung von Experten

Um ein möglichst breites Meinungsspektrum zu erhalten, wurden Experten zu verschiedenen Themen befragt. Folgende Wissenschaftler wurden bezüglich konzeptspezifischer Themen konsultiert und haben mit Fachwissen und Ausstattung unterstützt.

- Dipl.-Ing. Dr. techn. Rene Eckhart (Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik)
- Mag. rer. nat. Dr. rer. nat. Florian Mittermayr (Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie)
- Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr.rer.nat. Martin Grube (Institut für Pflanzenwissenschaften)

1.4.6 Abschließende Evaluierung

Die Bewertung und Abschätzung des Anwendungspotentials von getesteten Verbindungskonzepten wurde durch die kritische Auseinandersetzung mit Versuchsergebnissen und der Potenzialabschätzung für die Anwendung der Verbindungskonzepte unter Bezugnahme fachspezifischer Anwendungsaspekten durchgeführt. Diese fachspezifischen Anwendungsaspekte wurden mit beratenden Firmen aus der Praxis diskutiert.

Das IAT hat folgende Methoden zur abschließenden Evaluierung angewendet:

- Matrixauswertung
- Graphische und textliche Darstellung zum Vergleich
- Evaluierung und Bewertung
- Fotodokumentation
- Berichterstellung

2 Ergebnisse

Anhand einer Innovationsmatrix wurden insgesamt 143 Konzepte für Verbindungen von Klett und Baustoffen entwickelt. Fünf dieser Konzepte wurden aufgrund ihres besonders hohen Innovationsgehalts in Form von Erfindungsmeldungen an das FT-Haus übergeben, welches derzeit die Patentfähigkeit prüft.

In diesem Kapitel werden beispielhafte Verbindungskonzepte erläutert und in einem weiteren Unterkapitel wesentliche Erkenntnisse dargestellt. Die Verbindungskonzepte sind nach den 4 Komponenten A – Rohbaustoff, B – Befestigungsmittel, C – TGA-Komponente und D – Dämmungen gegliedert.

2.1 Verbindungskonzepte

Folgende Abbildung veranschaulicht die Innovationsmatrix mit den 143 entwickelten Konzepten für Verbindungen zwischen Hacken-, Pilzkopf- oder Schlaufenelement und Baustoff. Aus Gründen der Geheimhaltung ist die Darstellung bewusst unleserlich.



Abbildung 53: Ergebnisse Innovationsmatrix Verbindungskonzepte Materialien mit Klett

Stellvertretend sollen nun 10 dieser Konzepte sowie die, bei deren Untersuchung hervorgegangenen Erkenntnisse näher erläutert werden (siehe folgende zwei Tabellen).

Tabelle 2: Auswahl Verbindungskonzepte A

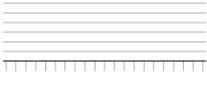
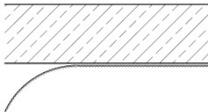
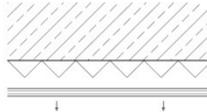
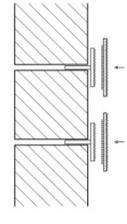
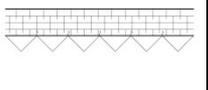
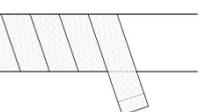
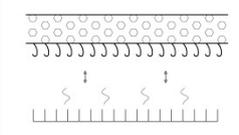
A – Rohbaustoff				
Holz	Beton		Stahl	Ziegel
<p>H1.8 - Fasern  </p> 	<p>B1.1 - Kleben  </p> 	<p>B3.5 - Einlegen  </p> 	<p>S2.2 - Klemmen  </p> 	<p>Z3.4 - Einspannen  </p> 
Stoffschlüssig	Stoffschlüssig	Kraftschlüssig	Formschlüssig	Kraftschlüssig

Tabelle 3: Auswahl Verbindungskonzepte B, C, D

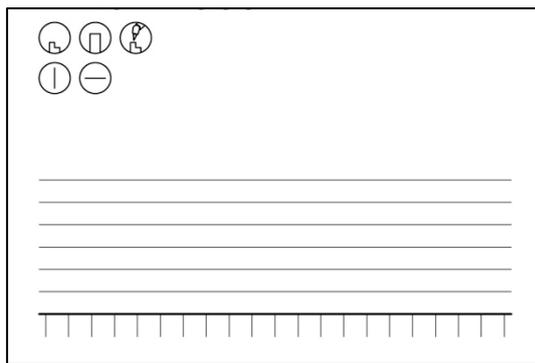
B – Befestigungsmittel		C – TGA Komponente		D – Dämmung
Kunststoff nicht geschäumt	Faserstoff	Kunststoff nicht geschäumt	Metall	Kunststoff geschäumt
<p>K2.2 - Aufstülpen  </p> 	<p>F1.4 - Wachstum  </p> 	<p>K3.2 - Wickeln  </p> 	<p>M1.5 - Punktschweißen  </p> 	<p>KG1.5 - Extrudieren  </p> 
Formschlüssig	Stoffschlüssig	Kraftschlüssig	Stoffschlüssig	Stoffschlüssig

2.1.1 Rohbaustoff

Für die Montage von TGA mittels Klett muss der Rohbau großflächige Bereiche bereitstellen, an denen die TGA flexibel verlegt und die Befestigungsmittel einfach montiert werden können. Eine Klettverbindung besteht stets aus zwei Verbindungspartnern, einer Schlaufenkomponente und einer Haken- bzw. Pilzkomponente. Da die Herstellung einer großflächigen Schlaufenkomponente wirtschaftlicher ist, scheint es am sinnvollsten, diese Komponente auf den Rohbau aufzubringen. Wie bereits weiter oben erwähnt, spielt dabei der „Zustand nach Baufortschritt“ des Rohbaus eine wichtige Rolle.

Im Weiteren sind fünf Konzepte dargestellt, welche einen Überblick über die Thematik der Verbindung Rohbaustoff-Schlaufenkomponente geben sollen.

Holz: Konzept H1.8 - Fasern



- ⊖ Während der Herstellung des Rohbaus
- ⊕ Nach der Herstellung des Rohbaus
- ⊗ In der Vorfertigung
- ⊕ Einsatzmöglichkeit bei vertikalen Bauteilen
- ⊖ Einsatzmöglichkeit bei horizontalen Bauteilen

Abbildung 54: Konzeptskizze H1.8 - Fasern

Konzeptidee

Dieses Konzept untersucht den Rohbaustoff Holz auf seine Klettfähigkeit. Als Ansatz entstand die Idee, die natürlichen Fasern des Holzes für eine Klettverbindung zu nutzen.

Untersuchung

Es wurde untersucht, inwieweit Holz- und Papierfasern grundsätzlich für die Herstellung einer Schlaufenfläche genutzt werden können. Holzfasern sind nicht Klett-kompatibel, da die Fasern beim Zerschneiden bzw. Sägen des Holzes durchtrennt werden. Es bestehen keine geschlossenen Schlaufenstrukturen der Fasern, welche allerdings für eine Klett-Kompatibilität notwendig sind. Für diesbezügliche Fachauskünfte konnte Dr. Rene Eckhart vom Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik der TU Graz gewonnen werden. Die Klettfähigkeit und Schlaufenbildung ist abhängig vom Faservolumen und der Faserlänge.

Diese beträgt beim Nadelholz maximal 3-6 mm. Laubholzfasern sind noch deutlich kürzer. Es gibt auch Faserstoffe, welche deutlich höhere Faserlängen aufweisen, jedoch werden diese in der Mahlung der Papierproduktion gekürzt, da zu lange Fasern Probleme in der Produktion bereiten.⁷ Die Fasern von Papier sind somit nicht Klett-kompatibel. Daher besteht keine Haftung zwischen herkömmlichen, auf dem Markt erhältlichen Papier- und Klettarten.

Mittels Tastversuchen wurde die tatsächliche Klett-Kompatibilität von verschiedenen Fasermaterialien und auch allgemein auf dem Bau verbreiteter Hölzer getestet. Der Tastversuch erfolgte mittels verschiedener Klettarten der Firma Binder. Die Klettflächen wurden kurz auf das Testmaterial aufgedrückt und dann mittels Schäl- und Scherkraft belastet. Je nach vorhandener Kraftübertragung wurden die Materialien mittels Ampelsystem bewertet: Grün = gute Kraftübertragung, Gelb = geringe Kraftübertragung und Rot = keine Kraftübertragung (siehe Tabelle).

⁷ Fachauskunft von Dr. Rene Eckhart, Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik der TU Graz

Tabelle 4: Ergebnisse Tastversuche: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Faserstoffen und Hakenklett

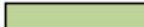
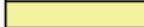
			Hakenklett					
			Große Verbindungselemente	Kleine Verbindungselemente				
				Klettoplast Art. 39149	Klettostar Art. 15147	Klettostar super Art. 22143	Klettolastic Art. 90191	Klettpflanze natürlich
Dämmstoffe	Mineralwolle	Filz	01 Ultimate Klemmfilz-035					
			02 ISOVER Trittschall-Dämmplatte T (TDPT)					
			03 Climcover Lamella Mat / ML 3 Lamellenmatte					
			04 Isover P-FDPL SV Fassadendämmplatte					
Baustoffe	Jutefasern	Künstliche Fasern	05 ISO COMBI Hanf-/ Jutedämmung Art. 130701-041-01					
			06 Winterschutz Vliesmatte Art. 06554					
	Vlies	07 HACObond PES 2800 g/m2 Art. 6551 Gebäudedämmung						
		08 HACObond PES 300 g/m2 Art. 5431 Gebäudedämmung						
		09 Vlies-Dämmung Solarleitung Art. SL09873220015						
		10 PRECIT Dampfbremse Art. 6047598						
		11 Multi-Fix Abdeckvlies Art. 10871						
		12 Malervlies Art. 7820646						
		13 Teppichgleitschutz Art. 3857492						
		14 Stufenmatte Tivoli Art. 8848323						
		15 Teichvlies Art. 8903715						
		16 Einwegwindel Pampers						
		17 Scheuerschwamm Art. 931320						
		Textil	18 Staubtuch Art. 863929					
			19 Microfasertuch Universal Art. 678208					
			20 Microfasertuch Polier Art. 678209					
Zellulose	Mikrowaben	21 Vliestapete Art. 5501065						
		22 Einmalwaschlappen Art. 174498						
		23 Papierhandtücher Art. 290163						
		24 Tempo Taschentuch						
		25 Plenty Küchenrolle						

Gute Kraftübertragung
 Geringe Kraftübertragung
 Keine Kraftübertragung

ermittelt mittels händischem Abziehversuch

Tabelle 5: Ergebnisse Tastversuche: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Faserstoffen und Pilzkopfklett

			Pilzkopfklett								
			Große Verbindungselemente		Kleine Verbindungselemente		Sehr kleine Verbindungselemente				
			Duotec 50 Art. 75763	Duotec 42 Art. 73763	Pressotex Art. 75161	Pressogrip Art. 80198	Microduotec Art. 25440				
Dämmstoffe	Mineralwolle	Filz	01	Ultimate Klemmfilz-035							
			02	ISOVER Trittschall-Dämmplatte T (TDPT)							
			03	Climcover Lamella Mat / ML 3 Lamellenmatte							
			04	Isover P-FDPL SV Fassadendämmplatte							
	Jutefasern		05	ISO COMBI Hanf-/ Jutedämmung Art. 130701-041-01							
			06	Winterschutz Vliesmatte Art. 06554							
	Baustoffe	Künstliche Fasern	Vlies	07	HACObond PES 2800 g/m2 Art. 6551 Gebäudedämmung						
				08	HACObond PES 300 g/m2 Art. 5431 Gebäudedämmung						
				09	Vlies-Dämmung Solarleitung Art. SL09873220015						
				10	PRECIT Dampfbremse Art. 6047598						
11				Multi-Fix Abdeckvlies Art. 10871							
12				Malervlies Art. 7820646							
13				Teppichgleitschutz Art. 3857492							
14				Stufenmatte Tivoli Art. 8848323							
15				Teichvlies Art. 8903715							
Allgemeine Produkte		Künstliche Fasern	Vlies	16	Einwegwindel Pampers						
				17	Scheuerschwamm Art. 931320						
				Textil	18	Staubtuch Art. 863929					
					19	Microfasertuch Universal Art. 678208					
					20	Microfasertuch Polier Art. 678209					
				Zellulose	Mikrowaben	21	Vliestapete Art. 5501065				
	22	Einmalwaschlappen Art. 174498									
	23	Papierhandtücher Art. 290163									
	24	Tempo Taschentuch									
	25	Plenty Küchenrolle									

 Gute Kraftübertragung
 Geringe Kraftübertragung
 Keine Kraftübertragung

ermittelt mittels händischem Abziehversuch

Ergebnisse

Die Hölzer weisen aufgrund ihrer geschlossen-porigen Struktur keine Klettfähigkeit auf.

Gewebe oder gestrickte Materialien sind eher klettfähig, da sie aus Endlosfasern bestehen und nicht ausbrechen. Hier wurden drei Textilmaterialien und 22 „non-woven“ Produkte (= nicht gewebte oder gestrickte Materialien) getestet. Zwei von drei getesteten gewebten Textilmaterialien sind klettfähig. Pilzkopfklett besitzt bei den getesteten Produkten ein viel größeres Potential als Hakenklett. In den Tastversuchen eigneten sich vor allem kleine Pilzköpfe. Grundsätzlich konnte bei drei Klettarten die Möglichkeit einer guten Kraftübertragung festgestellt werden: Microduotec (Art. 25440), Pressotex (Art. 75161) und Pressogrip (Art. 80198), welche alle Pilzkopf-Klettarten darstellen.

Bei den künstlichen Faserprodukten weisen vor allem Vliese aus Polyester eine gute Klettbarkeit auf. Bei den natürlichen Fasern ermöglichten die Jutefaserprodukte eine gute Kraftübertragung. Die Offenporigkeit der Materialien wie z.B. beim „Microfasertuch Universal“ stellt einen wichtigen Faktor für die Klettbarkeit dar. (siehe folgende Abbildung)

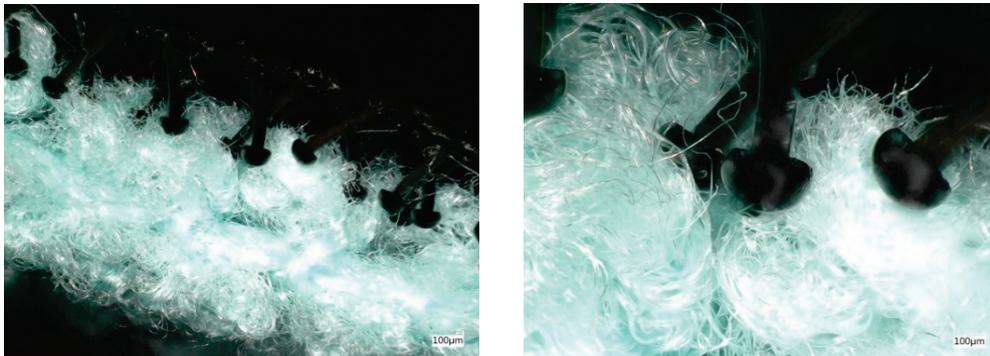


Abbildung 55 und 56: Mikroskopische Aufnahme Produkt „Microfasertuch Universal 678208“ mit „Pressotex 75161“ (Aufnahme: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Florian Mittermayr, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, 08.06.2018)

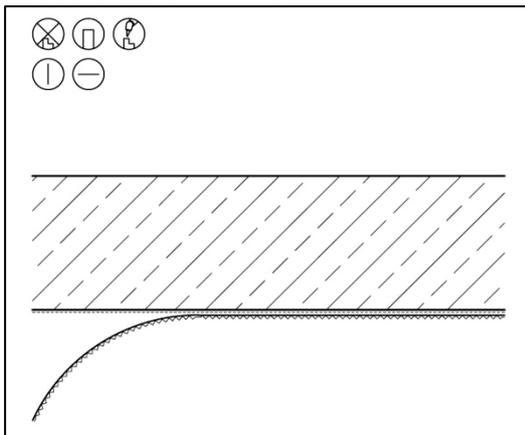
Sehr weiche und offene Faserstoffe sind zwar klettbar, brechen aber leicht aus (Teichvlies).

Faserprodukte aus natürlichem Zellstoff wie Papierhandtücher und Küchenrolle sind aufgrund der geringen Faserlänge der Zellstofffasern nicht klettbar. Ein weiterer Grund könnte sein, dass es sich hierbei um „non-woven“ Produkte handelt.

Empfehlung

Es ist nicht sicher, ob ein Klett-Kompatibles Zellulose-Vlies existiert oder hergestellt werden könnte. Eine Optimierung bzw. Neuentwicklung von Zellulose-Material für eine Klettanwendung ist aufwendig und schwierig, hätte aber großes Potential zur Anwendung, weil es ein ökologisches Produkt aus Naturmaterial darstellt.

Beton: Konzept B1.1 - Kleben



- ⊗ Während der Herstellung des Rohbaus
- ⊐ Nach der Herstellung des Rohbaus
- ⊕ In der Vorfertigung
- ⊑ Einsatzmöglichkeit bei vertikalen Bauteilen
- ⊖ Einsatzmöglichkeit bei horizontalen Bauteilen

Abbildung 57: Konzeptskizze B1.1 - Kleben

Konzeptidee

Nachhaltigkeit im Bausektor beschränkt sich nicht nur auf eine entsprechende Ausführung bei Neubauten. Es gilt, auch Bestandsbauten zu erhalten und diese zu sanieren. Da mit Hilfe von Klettverbindungen einfach und schnell auf Nutzungsänderungen und die damit einhergehende Erfordernis nach Veränderung der technischen Gebäudeausrüstung reagiert werden kann, ist der Einsatz von Klett im Sanierungsfall sehr naheliegend.

Kleben ermöglicht dahingehend eine sehr einfache Anwendung auf der Baustelle und kann bei jedem Rohbauuntergrund zum Einsatz kommen. In diesem Kapitel werden nur die Ergebnisse des Konzeptes Kleben auf dem Rohbaustoff Beton untersucht. Die Ergebnisse der Klebeversuche auf Ziegel oder Holz (siehe folgende Abbildungen) sind dem Prüfbericht im Anhang zu entnehmen.

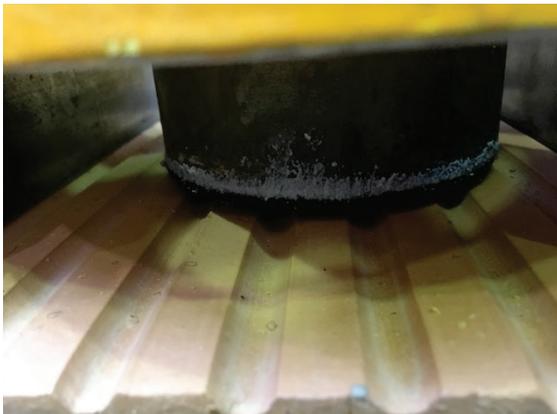


Abbildung 58: Kleben auf Ziegel, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz

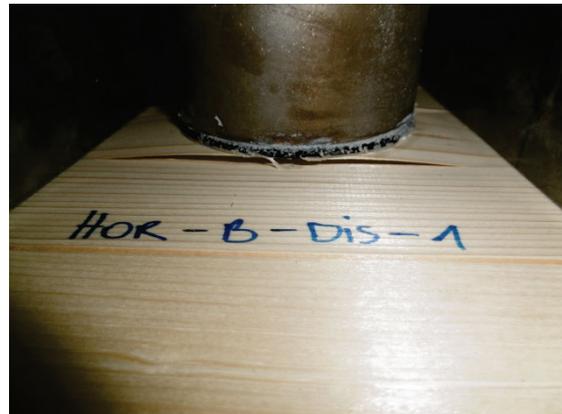


Abbildung 59: Kleben auf Holz, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz

Untersuchung

Die Untersuchung des Konzeptes „Kleben auf Beton“ erfolgte mittels Haft- und Schälzugversuch durch das Labor für Konstruktiven Ingenieurbau der TU Graz. Geprüft wurden zwei Schlaufenprodukte der Firma Gottlieb Binder GmbH & Co. KG, Flausch Art. Nr. 15244 und Velours Art. Nr. 88297. Als Klebeuntergrund wurde Normalbeton ausgewählt. Der erste Prüfdurchgang umfasste Haftzugversuche mit möglichst unterschiedlichen, handelsüblichen Klebern. Das übergeordnete Ziel bestand darin, spezifische Kleber je nach Untergrund, einen ökologischen Kleber, einen Universalkleber und selbstklebende Ausführungen der Schlaufenprodukte zu testen. Dahingehend

wurden Produkte recherchiert und in drei verschiedene Kategorien eingeteilt. Kategorie 1 umfasst die selbstklebenden Ausführungen der ausgewählten Flausch- und Veloursmatten, Kategorie 2 zusätzlich aufzutragende Dünnbettkleber und Kategorie 3 zusätzlich aufzutragende Dickbettkleber (Kategorie 2 und 3 kamen nur bei Schlaufenprodukten ohne selbstklebende Schicht zum Einsatz). Folgende Produkte wurden ausgewählt:

Kategorie 1: Selbstklebend

- Flauschprodukt mit einer Acrylschaum-Kleberschicht
(Kleber 31 - Bezeichnung Gottlieb Binder GmbH & Co. KG)
- Flauschprodukt mit einer Schmelz-Haftkleberschicht auf Kunstkautschukbasis
(Kleber 26 - Bezeichnung Gottlieb Binder GmbH & Co. KG)
- Veloursprodukt mit einer Haftkleberschicht auf Kunstkautschukbasis
(Kleber 23 - Bezeichnung Gottlieb Binder GmbH & Co. KG)

Kategorie 2: Dünnbettkleber (< 1 mm Schichtstärke)

- PONAL® Holzleim
(vorrangig für den Rohbaustoff Holz, geringe Anforderungen hinsichtlich Anpressdruck)
- Schönox® PU 900
(für poröse Untergründe wie Ziegel oder Beton vorgesehen)
- 3M™ Scotch-Weld™ DP 810 2-Komponenten-Konstruktionsklebstoff
(stellt einen Spezialklebstoff für Polyamid auf Beton dar)
- EPOXY® 2K Zwei-Komponentenkleber
(für poröse Untergründe wie Ziegel oder Beton vorgesehen)
- AURO® Universalkleber
(ökologischer Kleber)

Kategorie 3: Dickbettkleber (> 1 mm Schichtstärke) ⁸

- Sto Dispersionskleber
(bestehend aus einer organischen Klebmasse, gedacht für die Anwendung mit Polystyrol-Hartschaumplatten)
- Sto-Turbofix
(Einkomponenten PU-Schaum zur Verklebung von Dämmplatten)
- Sto Coll Mineral HP
(mineralischer Klebemörtel für Holz- und Plattenwerkstoffe)

Ergebnisse Haftzugversuche

Die Resultate der Haftzugprüfungen dieser Kleber sind in folgender Abbildung dargestellt. Anhand dieser Ergebnisse erfolgte eine Bewertung durch das IAT. Die grundsätzliche Anforderung an die Klebeverbindung bestand dabei in einer höheren Kraftübertragung zwischen Untergrund und Schlaufenprodukt als die vom Hersteller angegebene Klettfestigkeit (siehe in der Abbildung Klettfestigkeit Flausch oder Velours). Für eine positive Bewertung musste dieses Mindestmaß an Kraftübertragung bei Flausch und Velours erreicht werden. Weitere Bewertungskriterien bestanden in der Baustellentauglichkeit des Klebers hinsichtlich Verarbeitungsaufwand und Schmutzerzeugung.

Negativ bewertet

Negativ hinsichtlich Haftfestigkeit und Baustellentauglichkeit schnitten folgende Kleber ab:

⁸ Die Auswahl der Dickbettkleber wurde mit Hilfe von Fachauskünften der Fa. Sto GesmbH getroffen.

Selbstklebend

- Veloursprodukt mit einer Haftkleberschicht auf Kunstkautschukbasis (Kleber 23)
Die Haftung des Klebers liegt unter der Klettfestigkeit des Velours.

Dünnbettkleber

- PONAL® Holzleim
Der Leim durchfeuchtet den Flausch und den Velours. Es kommt zu keiner Kraftübertragung.
- Schönox® PU 900
Bei Velours kommt es zu keiner Kraftübertragung.
- 3M™ Scotch-Weld™ DP 810 2-Komponenten-Konstruktionsklebstoff
Es kommt zu einer ausreichenden Kraftübertragung, jedoch ist der Kleber für eine gute Verarbeitung von Flausch oder Velours auf der Baustelle zu flüssig.
- EPOXY® 2K Zwei-Komponentenkleber
Der Kleber ist für eine Verarbeitung zu flüssig, nicht streichfähig und verklebt zu schnell.
Zusätzlich erzeugt der Kleber beim Abbinden Hitze, wodurch der Flausch und der Velours aufweichen und es zu keiner Kraftübertragung kommt.

Dickbettkleber

- Sto Dispersionskleber
- Sto-Turbofix
Bei Velours kommt es zu einer zu geringen Kraftübertragung.
- Sto Coll Mineral HP
Der Kleber ist für die Verarbeitung von Flausch oder Velours nicht baustellentauglich.

Positiv bewertet

Positiv hinsichtlich Haftfestigkeit und Baustellentauglichkeit schnitten folgende Kleber ab:

- Flauschprodukt mit einer Acrylatschaum-Kleberschicht
- Flauschprodukt mit einer Schmelz-Haftkleberschicht auf Kunstkautschukbasis
- AURO® Universalkleber

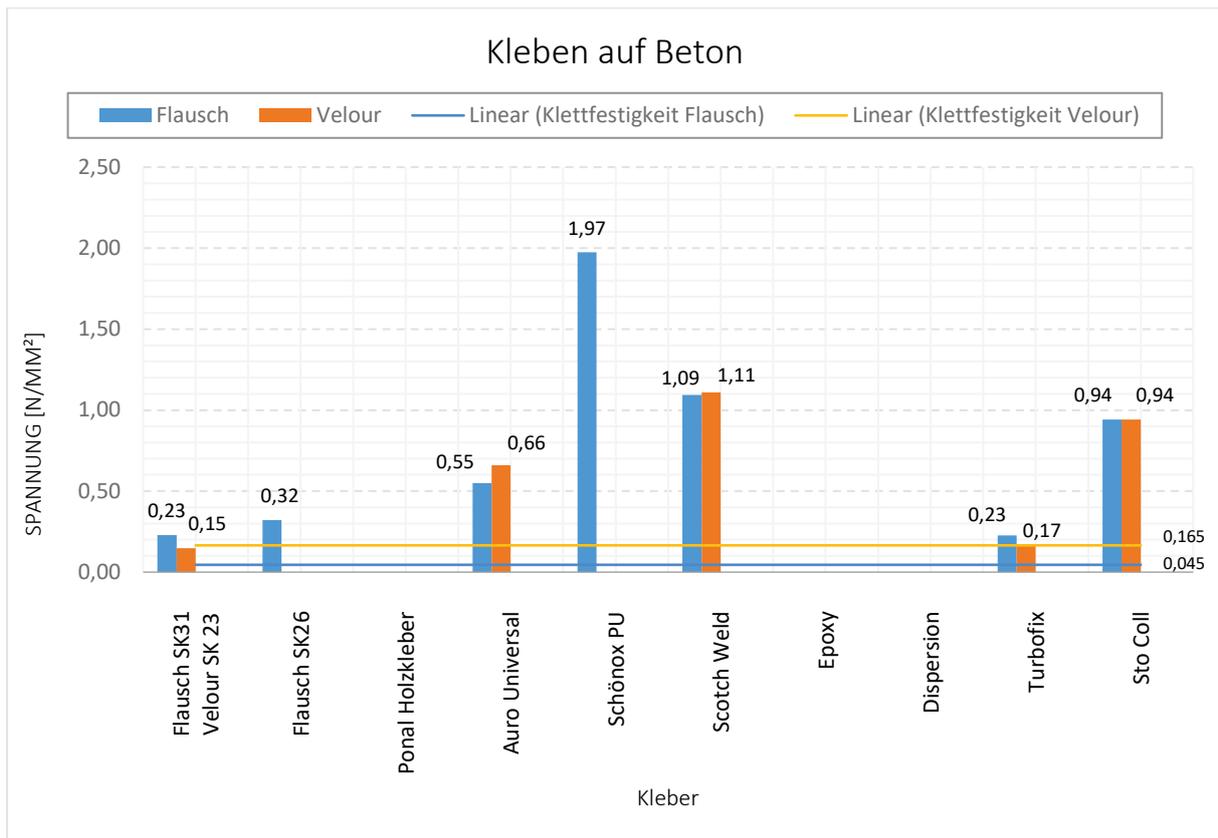


Abbildung 60: Übersicht Haftzugprüfung - Kleben auf Beton (Prüfbericht LKI „Klett TGA“ siehe Anhang. Die Darstellung des Diagramms wurde für diesen Bericht abgeändert)

Ergebnisse Schälzugversuche

Beim Abbruch eines Gebäudes ist eine sortenreine Trennung der unterschiedlichen Baustoffe von großer Bedeutung. Soll eine aufgeklebte Schlaufenmatte rückgebaut, also wieder vom Rohbau getrennt werden, lässt sich dies mittels Schälzugprüfung simulieren.

Dahingehend wurden die zuvor positiv bewerteten Kleber geprüft. Die Ergebnisse sind in folgender Abbildung dargestellt. Wie sich zeigt, sind die selbstklebenden Flauschmatten nur noch schwer abzulösen. Der AURO® Universalkleber (im Diagramm als s-be-v/fl-aur bezeichnet⁹) ermöglicht hingegen ein relativ einfaches Ablösen der Schlaufenprodukte.

Die dafür aufzuwendende Kraft beträgt bei der Anwendung mit Flausch ungefähr 8 N auf 5 cm (Breite des aufgeklebten Bandes) und ungefähr 5 N auf 5 cm bei der Anwendung mit Velours. Wird nun eine Flausch- oder Veloursbahn mit einer Breite von 100 cm aufgeklebt, so muss ein Bauarbeiter das 20-fache an Kraft aufwenden, um diese später wieder abzuziehen. Das ergibt eine nötige Zugkraft von maximal 16 kg.

⁹ Bezeichnung der einzelnen Kleber und Materialversuche siehe Prüfbericht LKI „Klett TGA“ im Anhang

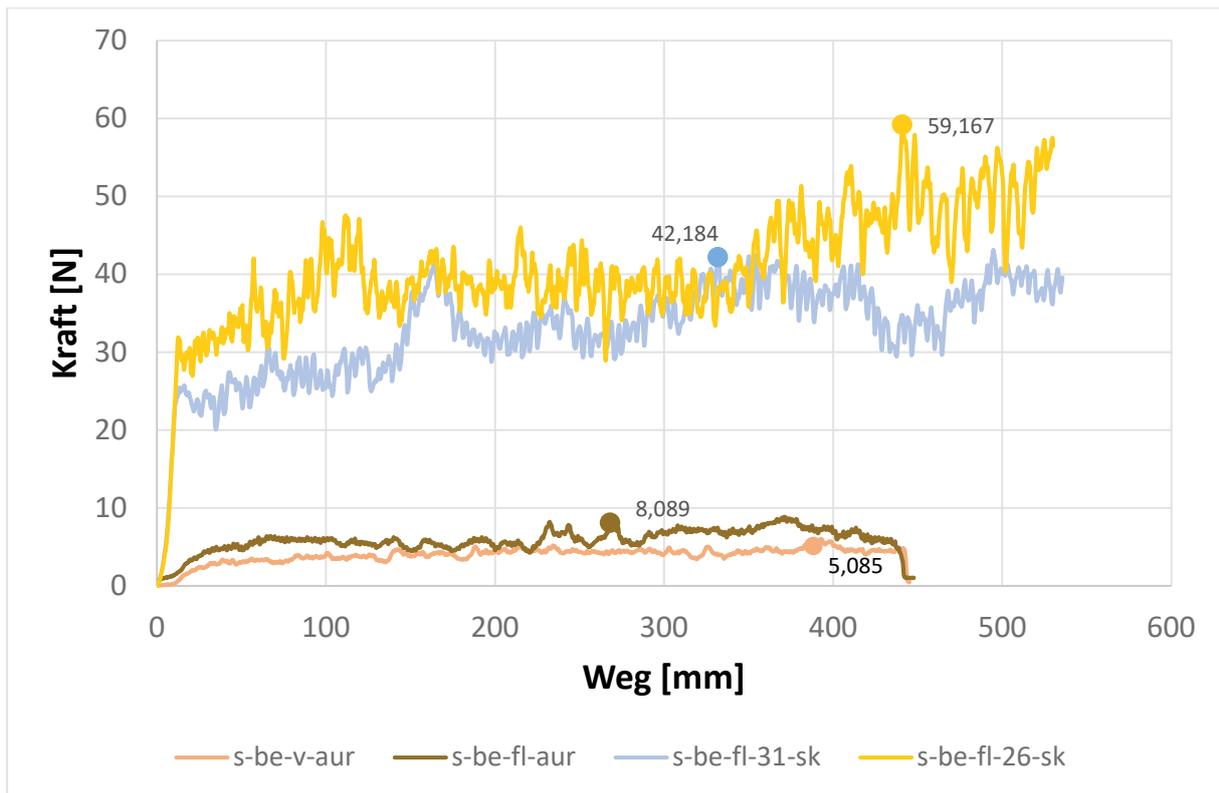


Abbildung 61: Übersicht Schälzugprüfung - Kleben auf Beton (Prüfbericht LKI „Klett TGA“ siehe Anhang, Die Darstellung des Diagramms wurde für diesen Bericht abgeändert)

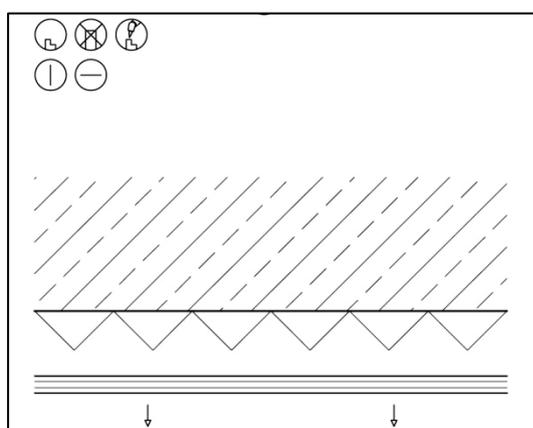
Fazit

Das beste Gesamtergebnis zeigt der AURO® Universalkleber. Er erfüllt die Anforderungen an eine ausreichende Baustellentauglichkeit, übertrifft die Mindesthaftfestigkeit bei einer Anwendung mit Flauch und Velours und ist nachträglich einfach und per Hand zu entfernen.

Empfehlung

Im nächsten Schritt kann mittels Langzeittests überprüft werden, inwieweit die Alterung des Klebers auf seine Haftfestigkeit Einfluss nimmt. Zusätzlich müssen Versuche bezüglich des Brandverhaltens durchgeführt werden, um eine mögliche Anwendung als Produkt im TGA- Bereich zu gewährleisten.

Beton: Konzept B3.5 - Einlegen



- ⊕ Während der Herstellung des Rohbaus
- ⊖ Nach der Herstellung des Rohbaus
- ⊗ In der Vorfertigung
- ⊥ Einsatzmöglichkeit bei vertikalen Bauteilen
- ⊙ Einsatzmöglichkeit bei horizontalen Bauteilen

Abbildung 62: Konzeptskizze B3.5 - Einlegen

Konzeptidee

Dieses Konzept behandelt das Herstellen einer Schlaufenoberfläche auf einer Betondecke. Es wurde das Konzept entwickelt, vor dem Einfüllen des Betons eine Schlaufenmatte oder Trägerplatte mit Schlaufenbeschichtung in die Schalung einzulegen. Die Verbindung erfolgt durch das Aushärten des Betons. Bei den eingelegten Materialien soll auf bestehende Produkte zurückgegriffen werden. Hat das Gebäude das Ende seines Lebenszyklus erreicht, muss die eingebrachte Schlaufenmatte wieder entfernt werden können, um eine sortenreine Trennung und Recycling zu gewährleisten. Das Konzept ist Teil des Herstellungsprozesses des Betonrohbaus. Neben der Kraftübertragung zwischen den beiden Verbindungspartnern wurde daher auch die Baustellentauglichkeit hinsichtlich Herstellung und Verarbeitung überprüft.

Untersuchung

Die Untersuchung erfolgte durch das Labor für Konstruktiven Ingenieurbau der TU Graz. Mit Hilfe einer speziell angefertigten Schalung (siehe Abbildung unten) wurden Prüfkörper erstellt. In diesem Prozess wurden verschiedene Schlaufenmaterialien in die Schalung eingelegt und einbetoniert. Zur Anwendung kamen die Produkte der Firma Gottlieb Binder GmbH & Co. KG, Flausch Art. Nr. 15244 und Velours Art. Nr. 88297 und die Trägerplatte STO Ventec mit Velourskaschierung der Firma Sto SE & Co. KGaA.

Untersucht wurden die Herstellung, der Verschmutzungsgrad der Schlaufenflächen und die Kraftübertragung zwischen eingelegtem Material und Beton. Dazu wurden optische Bewertungen, händische Tastversuche, maschinelle Haftzugversuche (Kraftübertragung zwischen eingelegtem Material und Beton) und maschinelle Schälzugversuche (Abziehverhalten für Recycling) mit Prüfmaschinen durchgeführt.



Abbildung 63 Schalung für die Versuchskörper, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz

Herstellung

Ein wesentlicher Bestandteil einer möglichen Umsetzung dieser Konzeptidee war die Fixierung des Schlaufenmaterials auf der Schalung als Verarbeitungshilfe und möglicher Schutz vor Verschmutzung der Schlaufenfläche. Dahingehend wurden verschiedene Arten der Fixierung und Einlegesituationen des Schlaufenmaterials auf der Schalung getestet:

- B Stumpf an die vertikale Schalung
Die Schlaufenmatte wird entlang der Schalung zugeschnitten und stumpf an die Schalung eingelegt.
- C Offener Rand
Das eingelegte Material liegt lose auf der Schalung auf.
- C Fixierung mittels doppelseitigem Klebeband
Das eingelegte Material wird fixiert. Das Band soll verhindern, dass Zementmilch unter oder hinter das Schlaufenmaterial dringt. Mit der Entfernung der Schalung „bricht“ das Band entlang einer Sollbruchstelle. Der selbstklebende Rand verbleibt an der Schaltafel und wird anschließend mechanisch entfernt.
- C Fixierung mittels selbstklebendem Klettband
Das eingelegte Material wird fixiert. Die Schlaufenmatte wird vor Einfüllen des Betons auf die Schalung geklettet. Nach Entfernen der Schalung verbleibt der selbstklebende Flausch oder Velours an der Schaltafel und wird anschließend mechanisch entfernt.
- D Einspannen in die Schalung
Das eingelegte Material wird hier fixiert. Die Schlaufenmatte wird in die Fugen der Schalungstafeln eingespannt und somit in der Schalung fixiert. Bei Entfernen der Schalung muss darauf geachtet werden, dass die Matte nicht mitgerissen wird.

In folgender Abbildung ist der Aufbau der Fixierungsmöglichkeiten von Flausch oder Velours auf der Schalung detaillierter dargestellt (aufgrund der Eigensteifigkeit der Trägerplatte STO Ventec wurde angenommen, dass hier keine zusätzliche Fixierung erforderlich ist):

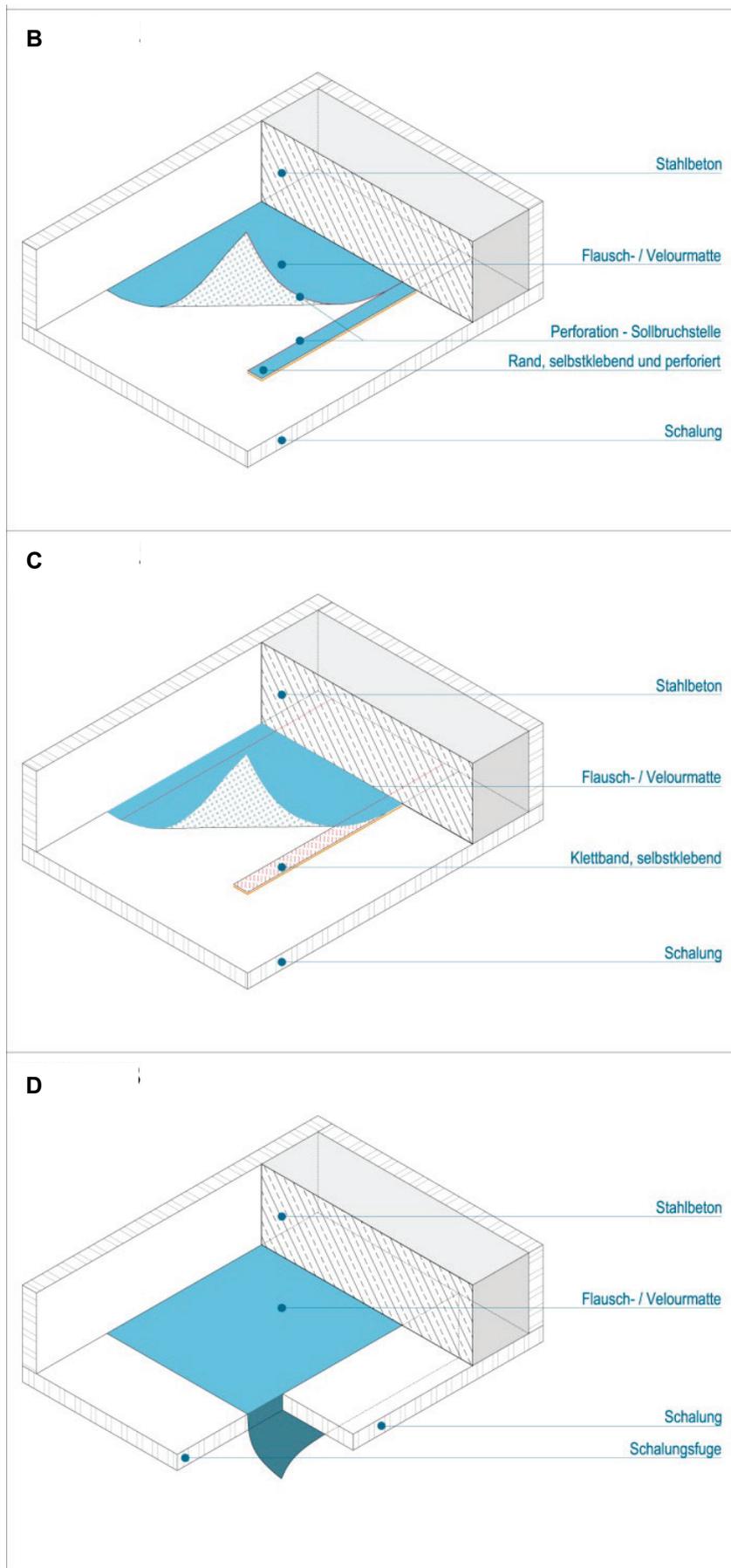


Abbildung 64 Übersicht Prüfkonzepte, Fixierung der eingelegten Materialien

Versuchsaufbau

Das Versuchsprogramm umfasste acht identische Betonkörper mit folgenden Einlegesituationen, Spezifikationen und Produkten (siehe auch folgende Abbildung):

- Kammer 1:** **Flauschmatte**, Klettostar® Flausch, Art. Nr. 15244, Ausrüstung 00“
Haftzug- + Schälzug Die Schlaufenfläche der Matte blickt zur horizontalen Schalung, die Mattenrückseite Richtung Beton. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen und wird hier mit Klebeband an der Schalung fixiert.
- Kammer 2:** **Veloursmatte**, Art. Nr. 88297, Ausrüstung 00“
Haftzug- + Schälzug Die Schlaufenfläche der Matte blickt zur horizontalen Schalung, die Mattenrückseite Richtung Beton. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen und wird hier mit Klebeband an der Schalung fixiert.
- Kammer 3:** **Doppel-Flauschmatte**, Klettostar® Flausch, Art. Nr. 15244, Ausrüstung 31
Haftzug- + Schälzug (*selbstklebend, 2 Lagen Rücken an Rücken miteinander verklebt*)
Eine Schlaufenfläche blickt Richtung Beton, eine zur horizontalen Schalung. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen.
- Kammer 4:** **Trägerplatte STO Ventec mit Veloursbeschichtung**
Haftzug- + Schälzug Die Schlaufenfläche der Platte blickt zur horizontalen Schalung, die Plattenrückseite Richtung Beton. Der Rand der Platte stößt dreimal stumpf an die vertikale Schalung und bleibt einmal offen.
- Kammer 5:** **Flauschmatte**, Klettostar® Falusch, Art. Nr. 15244, Ausrüstung 00
Haftzug- + Schälzug Die Schlaufenfläche der Matte blickt zur horizontalen Schalung, die Mattenrückseite Richtung Beton. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen und wird hier mit selbstklebendem Klettband an der Schalung fixiert.
- Kammer 6:** **Veloursmatte**, Art. Nr. 88297, Ausrüstung 00“
Haftzug- Prüfung Die Schlaufenfläche der Matte blickt zur horizontalen Schalung, die Mattenrückseite Richtung Beton. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen und wird hier mit selbstklebendem Klettband an der Schalung fixiert.
- Kammer 7:** **Doppel-Veloursmatte**, Art. Nr.: 88297, Ausrüstung Haftkleber 23
Haftzug- + Schälzug (*selbstklebend, 2 Lagen Rücken an Rücken miteinander verklebt*)
Eine Schlaufenfläche blickt Richtung Beton, eine zur horizontalen Schalung. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen.
- Kammer 8:** **Pilzkopffläche + Veloursmatte**, Duotec 50® Pilz, Art. Nr.: 75763; Ausrüstung Haftkleber 33 + Velours Art. Nr.: 88297; Ausrüstung Haftkleber 23

Kammer 1: Flauschmatte, Klettostar® Flausch, Art. Nr. 15244, Ausrüstung 00“
Haftzug- + Schälzug
 Die Schlaufenfläche der Matte blickt zur horizontalen Schalung, die Mattenrückseite Richtung Beton. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen und wird hier mit Klebeband an der Schalung fixiert.

Haftzug- + Schälzug
 (selbstklebend, 2 Lagen Rücken an Rücken miteinander verklebt)
 Die Schlaufenfläche blickt zur horizontalen Schalung, die Pilzkopffläche Richtung Beton. Der Rand der Matte stößt zweimal stumpf an die vertikale Schalung, wird einmal durch die Schalung eingeklemmt und bleibt einmal offen.

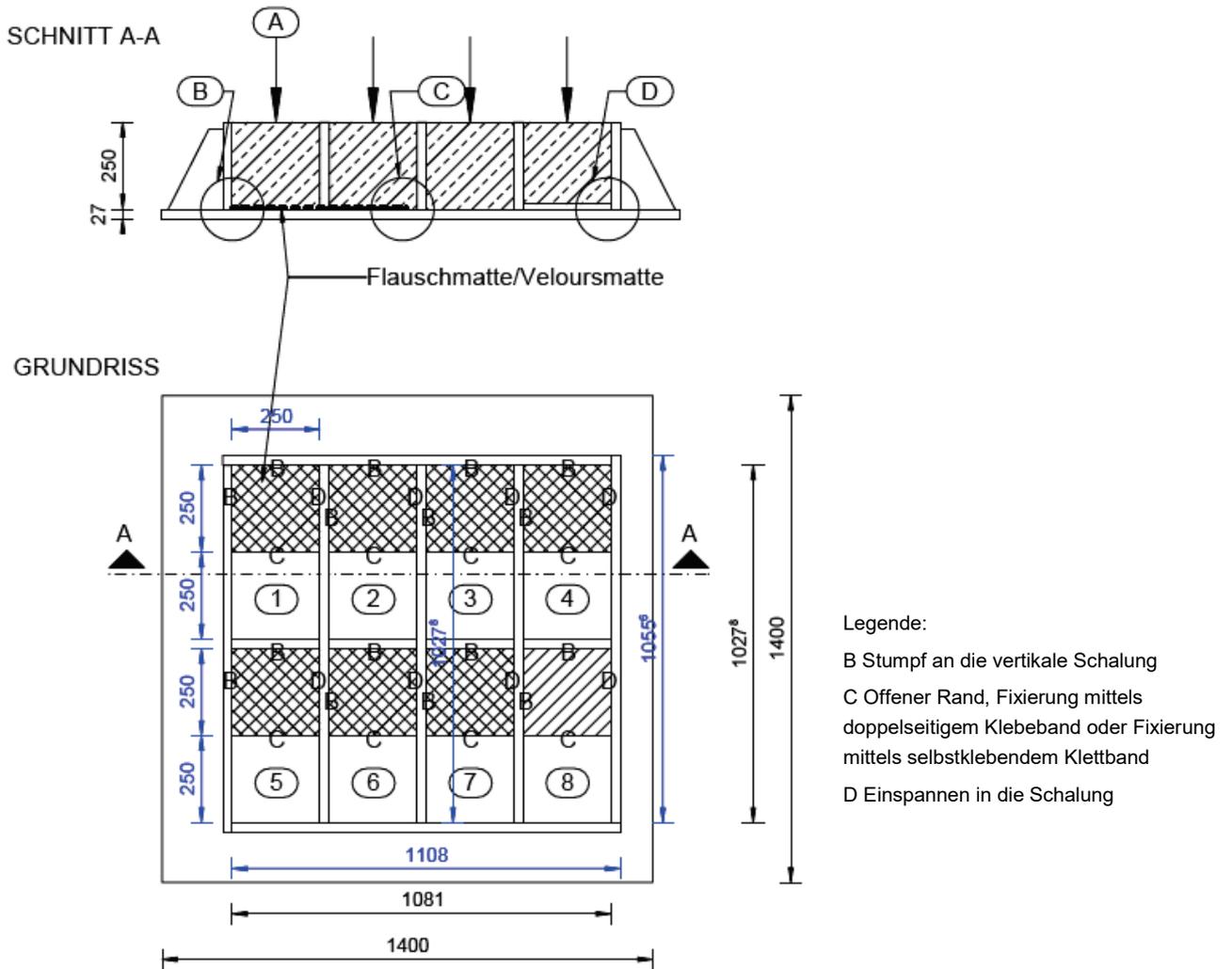


Abbildung 65 Versuchsaufbau mit Einlegesituationen, Plan Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz



Abbildung 66 Versuchsaufbau mit Einlegesituationen, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz

Beim Versuchsaufbau wurde auf eine praxisnahe Simulation der Baustellenbedingungen geachtet. Das bedeutet, es wurde eine 25 cm starke Betonschicht betoniert, um den Druck einer herkömmlichen STB-Decke auf die eingelegten Materialien zu simulieren. Zusätzlich wurde auf schonendes Befüllen und schonendes Rütteln vom Beton verzichtet. Die Ausschalung der Betonkörper erfolgte nach sieben Tagen Aushärtezeit.

Ergebnisse Herstellung

Im Weiteren sind die Ergebnisse der Herstellungsversuche hinsichtlich Fixierung des Schlaufenmaterials auf der Schalung als Verarbeitungshilfe und als Schutz vor einer Verschmutzung der Schlaufenfläche angeführt.

Kammer 1. Flauschmatte verklebt mit Klebeband

Das Klebeband hält den Flausch nicht exakt in Position. Es entstehen Aufwölbungen, die aber durch den Betondruck egalisiert werden. Ein Eindringen oder eine Durchfeuchtung durch den Beton ist nicht ersichtlich.

Kammer 2. Veloursmatte verklebt mit Klebeband

Die Veloursmatte wird vollständig von Betonschlemme durchdrungen. Eine Klettfähigkeit kann nicht mehr festgestellt werden.

Kammer 3. Doppelflausch (kreuzlagenverklebt)

Geringes Eindringen von Beton in den offenen Rand. Die Doppelflauschverklebung wölbt sich beim Einlegen stark in der Schalung. Ein exaktes Positionieren ist nicht möglich.

Kammer 4. Trägerplatte einlegen

Die Trägerplatte lässt sich gut und exakt zuschneiden. Die Verlegung kann lagerichtig durchgeführt werden. Eine Durchdringung und ein damit verbundener Verlust der Klettfähigkeit kann nicht festgestellt werden. Nur geringe Mengen an Wasser (mit etwas Zementmilch) dringen am Rand ein.

Kammer 5. Flauschmatte verklebt mit Klettband

Bei der Verlegung mit Klettband ist ein genaues Positionieren in der Schalung fast nicht möglich, da die Haftung am Klettband sehr gut ist und ein Nachpositionieren nicht möglich macht.

Das Eindringen von Beton ist minimal.

Kammer 6. Veloursmatte verklebt mit Klettband

Die Ablösung des Velours erfolgte direkt beim Ausschalvorgang. Der Velours haftet nicht am Beton, obwohl er vollständig durchdrungen wird. Er verliert zur Gänze seine Klettfestigkeit.

Kammer 7. Doppelvelours

Leichtes Eindringen der Betonschlemme im Bereich des Schalungsrandes. Das Einklemmen mit der Schalung ist aufgrund der Stärke des Doppelvelours fast nicht möglich.

Kammer 8. Pilzkopffläche

Leichtes Eindringen von Betonschlemme in die verklebte Flauschmatte.

Haftzugprüfung

An jedem Probekörper wurden ein Haft- und ein Schälzugversuch durchgeführt. Damit wurde geprüft, ob die erreichte Kraftübertragung der Verbindung zwischen den eingelegten Materialien und dem Beton größer bzw. gleich den vom Kletthersteller genannten Durchschnittswerten zur Haftfestigkeit der Klettverbindungen ist (Abbildung Gesamtübersicht Haftzugprüfung „Einlegen im Beton“). Für die genaue Beschreibung der Versuchsaufbauten und der Versuchsergebnisse siehe Prüfbericht „Klett-TGA“ vom LKI. In der folgenden Abbildung ist der Versuchsaufbau der Haftzugprüfung dargestellt.

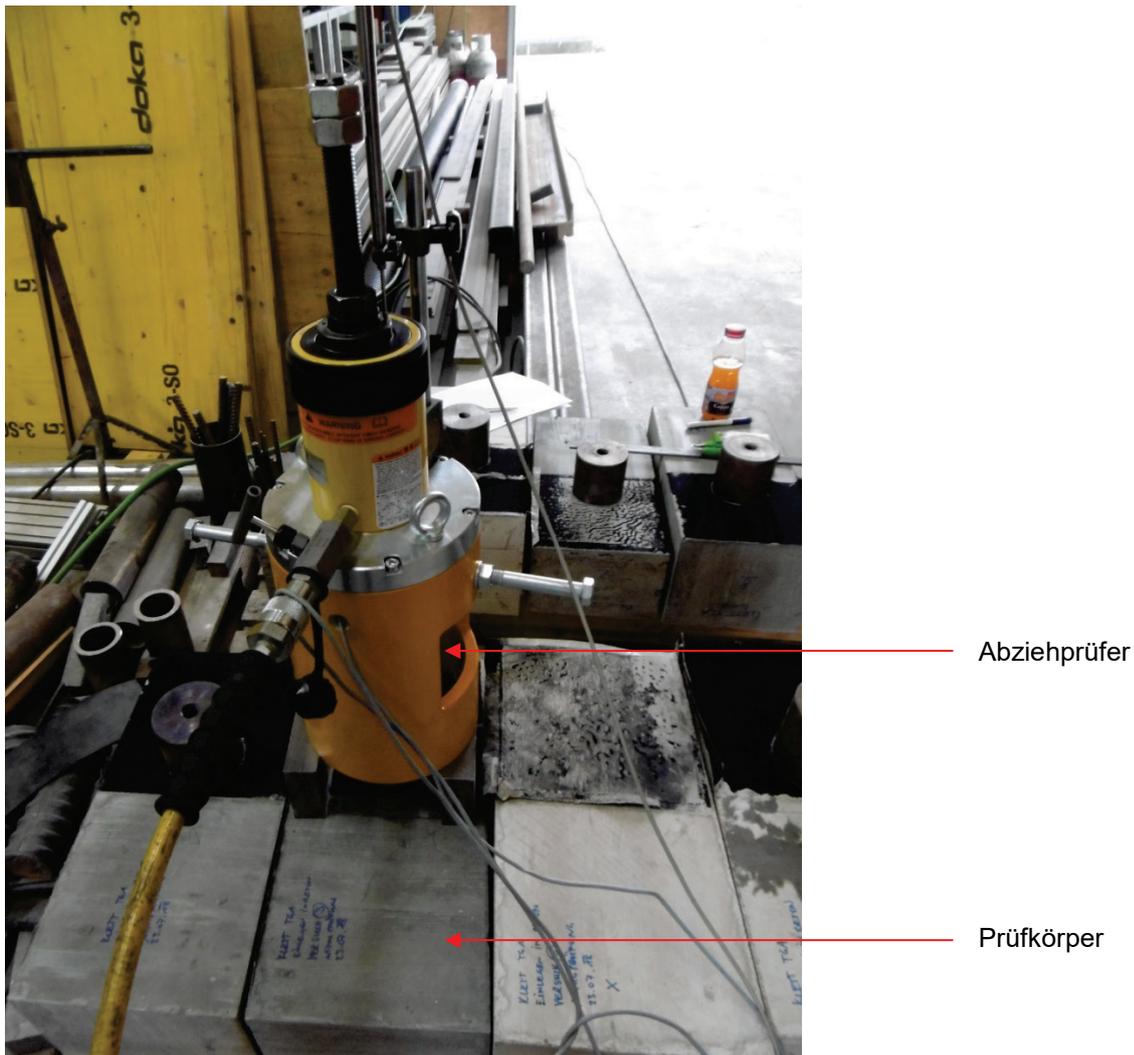


Abbildung 67: Versuchsaufbau der Haftzugprüfung, Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang

Ergebnisse Haftzugprüfung

In folgender Abbildung zeigt das Diagramm in einer Gesamtübersicht die Ergebnisse der Haftzugprüfung der acht Probekörper. Die erreichten Maximalwerte zeigen, dass fast alle durch Einlegen in Beton geschaffene Oberflächen in der Lage sind, die maximal aufkommenden Kräfte der Klett-Flasch bzw. Klett-Velours Verbindungen aufzunehmen. Diese erfüllen somit die Grundbedingung.

Die Durchschnittswerte zu Haftfestigkeit der Klettverbindungen liegen bei 0,165 für Veloursmatte (Art. Nr.: 88297) und bei 0,045 für Flaschmatte (Art. Nr.15244).

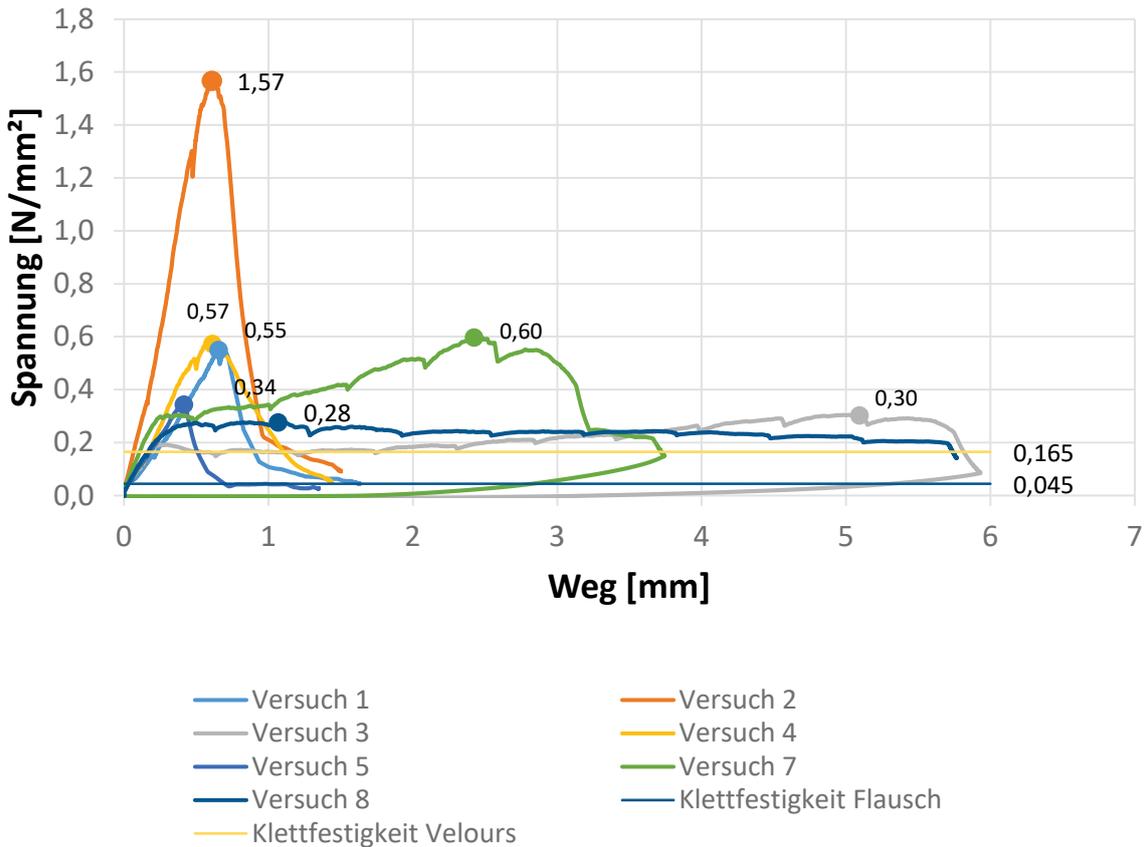


Abbildung 68: Gesamtübersicht Haftzugprüfung „Einlegen im Beton“, Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang

Kammer 1. Flauschmatte verklebt mit Klebeband

Die Ergebnisse des Haftzugversuchs sind positiv. Das Klebeband erzeugt jedoch eine Wölbung der Flauschmatte und wurde somit negativ bezüglich Baustellentauglichkeit beurteilt.

Kammer 2. Veloursmatte verklebt mit Klebeband

Das Ergebnis ist negativ, da die Veloursmatte fast vollständig vom Beton durchdrungen wurde. Die Klettfähigkeit solcher Oberflächen ist nicht gegeben und somit ist auch der erreichte Maximalwert im Versuch 2 von 1,57 N/mm² irrelevant.

Kammer 3. Doppelflausch (kreuzlagenverklebt)

Die Ergebnisse des Haftzugversuchs sind positiv. Die Klebeverbindung zwischen den Flauschmatten löst sich, bevor sich die Beton-Flausch Verbindung löst.

Kammer 4. Trägerplatte einlegen

Die Trägerplatte überzeugt durch leichte Verarbeitung bezüglich lagerichtiger Positionierung und genauen Zuschnitt. Bei der Haftzugprüfung löst sich die aufkaschierte Veloursbeschichtung von der Trägerplatte, liegt aber mit dem erreichten Maximalwert von 0,57 N/mm² bei Weitem über den Durchschnittswerten der Haftfestigkeit von Klett-Velours-Verbindungen.

Kammer 5. Flauschmatte verklebt mit Klettband

Die Ergebnisse des Haftzugversuchs sind positiv.

Kammer 6. Veloursmatte verklebt mit Klettband

Es gibt keine Ergebnisse einer Haftzugprüfung, da bereits beim Ausschalen die vollständig mit Beton durchdrungene Veloursmatte vom Beton abgelöst wurde.

Kammer 7. Doppelvelours

Die Ergebnisse des Haftzugversuchs sind positiv. Es ist keine Durchdringung von Beton zu erkennen. Die Klebeverbindung zwischen den Veloursmatten löst sich, bevor sich die Beton-Velours Verbindung löst.

Kammer 8. Pilzkopffläche

Die Ergebnisse des Haftzugversuchs sind positiv. Die Klebeverbindung zwischen den Velour-Pilzkopfmatten löst sich, bevor sich die Beton-Pilzkopf Verbindung löst.

Schälzugprüfung

Bei der Schälzugprüfung sollte untersucht werden, ob und mit welchem Kraftaufwand es möglich ist, eine eingelegte Fläche sortenrein vom Beton zu trennen. Es wird geprüft, ob ein Abschälen der eingelegten klettfähigen Oberflächen grundsätzlich möglich ist und ob dies von einem Bauarbeiter per Hand durchgeführt werden kann oder Maschinen zum Einsatz kommen müssen.

Ergebnisse und Fazit Schälzugprüfung

Die in folgender Abbildung dargestellten Werte zeigen die benötigten Kräfte zum Abschälen der eingelegten klettfähigen Materialien. Beim Versuch wurde ein 5 cm breiter Streifen abgezogen. Bei fast allen Versuchen sind die Maximalwerte zu vernachlässigen und nur der Durchschnittswert zu beachten, weil an den Rändern der Streifen teilweise zur Gänze vom Beton umschlossen war und dort eine stärkere Haftkraft bestand.

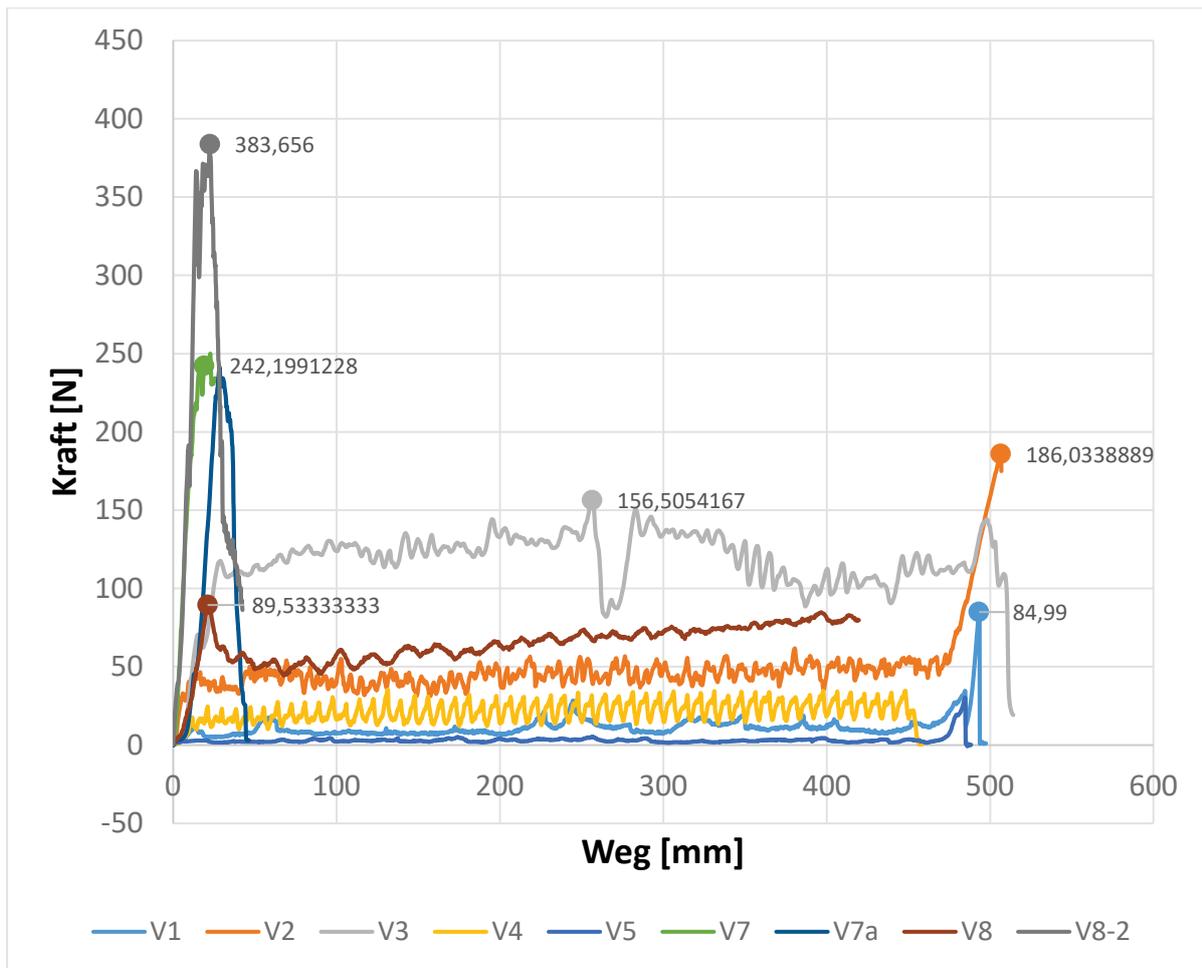


Abbildung 69: Gesamtübersicht Schälzugversuch „Einlegen im Beton“ (Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang)

Kammer 1 (V1). Flauschmatte verklebt mit Klebeband

Die Flauschmatte lässt sich mit relativ geringer Kraft ohne Rückstände und sortenrein vom Beton trennen. Der Durchschnittswert liegt bei ca. 10 N für einen 5 cm breiten Flauschstreifen. Daraus kann man schließen, dass ein 100 cm breites Flauschband mit 20-facher Kraft abgezogen werden kann. Dies entspricht einem Gewicht von ca. 20 kg pro 100 cm Band und scheint sehr realistisch für die manuelle Trennung auf der Baustelle.

Kammer 2. (V2). Veloursmatte verklebt mit Klebeband

Die hohen Schälzugwerte sind irrelevant, da die Matte vollständig vom Beton durchdrungen wird und somit die angestrebte Klettfähigkeit nicht gewährleistet ist.

Kammer 3. (V3). Doppelflausch (kreuzlagenverklebt)

Eine sortenreine Trennung der improvisierten Doppel-Flauschmatte ist nicht gegeben. Die hohen Werte der Schälzugprüfung resultieren aus der guten Klebehaftung zwischen den beiden Lagen.

Kammer 4. (V4). Trägerplatte einlegen

Bei dem Prüfkörper in Kammer 4 löst sich die aufkaschierte Veloursbeschichtung von der Trägerplatte. Die dafür festgestellten Durchschnittskräfte liegen bei ungefähr 22,5 N für ein 5 cm breites Band. Daraus kann man schließen, dass ein 100 cm breites Band mit 20-facher Kraft abgezogen werden kann. Dies entspricht einem Gewicht von ca. 45 kg pro 100 cm Band und erscheint relativ hoch für die manuelle Trennung auf der Baustelle. Es müsste hier entweder mit

speziellem Werkzeug oder mit schmalen Bandbreiten gearbeitet werden. Die Trägerplatte an sich verbleibt im Beton und lässt sich nur mittels Stemmen entfernen.

Kammer 5. (V5). Flauschmatte verklebt mit Klettband

Der hier erreichte Maximalwert resultiert aus der Einbetonierung des Randes. Die Durchschnittskräfte liegen bei ca. 5 N, was bei einem 100 cm starkem Band ungefähr einem Gewicht von 10 kg entsprechen würde. Somit erscheint es sehr realistisch für eine manuelle Trennung auf der Baustelle.

Kammer 6. (V6). Veloursmatte verklebt mit Klettband

Es gibt keine Ergebnisse einer Schälzugprüfung, da bereits beim Ausschalen die vollständig mit Beton durchdrungene Veloursmatte vom Beton abgelöst wurde.

Kammer 7. (V7). Doppelvelours

Eine sortenreine Trennung der improvisierten Doppel-Veloursmatte ist nicht gegeben. Die hohen Werte der Schälzugprüfung resultieren aus der guten Klebehaftung zwischen den beiden Lagen. Die dem Beton zugewandte Veloursmatte haftet sogar so gut im Beton, dass beim Schälzugversuch die Spannvorrichtung aufgrund der hohen Kräfte versagt hat.

Kammer 8. (V8). Pilzkopffläche

Wie in der Gesamtübersicht des Schälzugversuchs ersichtlich, wurden hier zwei Versuche durchgeführt. Bei Versuch 1 löste sich die Klebeverbindung zwischen Pilzkopf- und Veloursmatte, bei Versuch 2 wurde nur die Pilzkopfmatte geprüft. Diese war jedoch nicht mehr vom Beton trennbar und ist somit für die sortenreine Trennung der Baumaterialien nicht geeignet.

Auf dem folgenden Foto ist der Versuchsaufbau der Schälzugprüfung dargestellt.

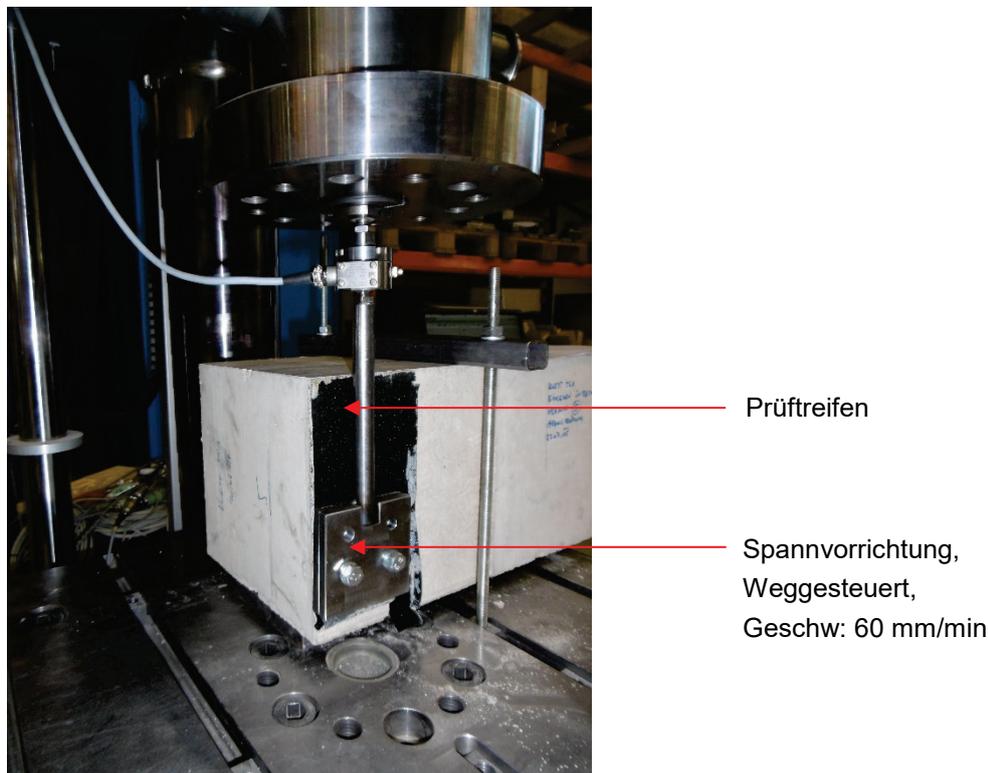


Abbildung 70: Versuchsaufbau der Schälzugprüfung mit Flausch-Matte. Die Breite des Prüfstreifens beträgt 5 cm. (Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang, 11)

Fazit

Das Einlegen von klettfähigen Materialien in die Schalung zeigt grundsätzlich großes Potential für die weitere Bearbeitung. Lediglich die einfache Veloursmatte eignet sich wegen ihrer Porosität nicht für dieses Konzept. Am besten schneidet grundsätzlich die einfache Flauschmatte ohne spezielle Fixierung ab. Dem Aufwölben kann durch den erwünschten Einsatz von größeren Bahnen entgegengewirkt und die leichte Verschmutzung der Schlaufenfläche im Randbereich der Matte kann vernachlässigt werden.

Die Doppel-Flausch- oder Doppel-Veloursmatten weisen zwar eine gute Haftfestigkeit mit dem Beton auf, können jedoch nicht mehr vollständig aus dem Beton gelöst werden. Dennoch wäre der Einsatz von Doppelveloursmatten bei der Notwendigkeit besonders großer Klettkräfte denkbar.

Das Einlegen einer Trägerplatte mit Veloursbeschichtung ist wegen der leichten Verarbeitung auf der Baustelle (genauer Zuschnitt, leichte Positionierung, keine Wölbung) empfehlenswert. Eine detailliertere Betrachtung der Wirtschaftlichkeit muss gesondert erfolgen. Eventuell könnten diese Platten bei Wänden zum Einsatz kommen, da hier die Anwendung von Matten sehr kompliziert sein kann.

Stahl: Konzept S2.2 - Klemmen

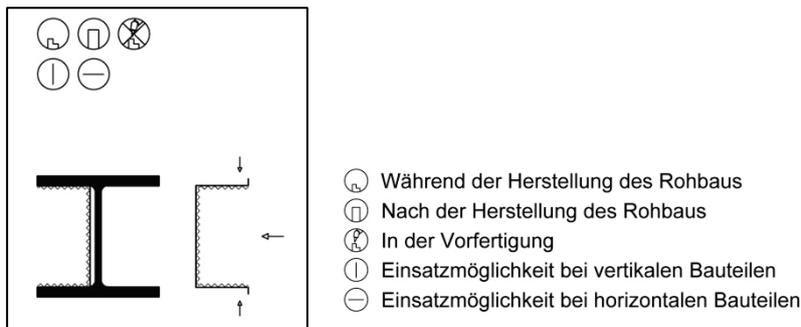


Abbildung 71: Konzeptskizze S2.2 - Klemmen

Konzeptidee

Dieses Konzept behandelt die Herstellung einer Schlaufenoberfläche an Stahlträgern oder Stahlstützen mit entsprechendem Profil (z.B. Doppel-T-Träger oder U- Profil, etc.). Ein vorgefertigtes Element mit integrierter Schlaufenfläche wird dazu in die U-Form des Profils eingepresst und mittels Klemmwirkung fixiert.

Untersuchung

Grundsätzlich ist eine mechanische Bearbeitung von Stahl zum Beispiel mittels Bohren sehr aufwendig. Aus diesem Grund sind bei diesem Rohbaustoff Konzepte zu bevorzugen, die den Rohbau umschließen oder sich infolge einer speziellen Form im Stahlprofil verspannen.

Das Klemmelement kann aus Kunststoff oder aus Metall gefertigt werden. Die darauf notwendige Schlaufenfläche kann, wie derzeit üblich, mittels Kleben aufgebracht werden.

Ergebnis und Empfehlung

Denkbar ist auch ein reines Metall-Klettprodukt durch Metallklett. Dies bietet den Vorteil einer materialhomogenen Verbindung.

Wie die Recherche gezeigt hat, werden TGA Leitungen eher selten an Stahl-Tragsystemen geführt. In der Anwendung müsste man sich somit auf einen spezifischen Anwendungsbereich von Leichtbau-Stahlkonstruktion, wie zum Beispiel gewerbliche Hallenbauten fokussieren. Eine spezialisierte Firma könnte spezifische Klemm-Kletts entwickeln und herstellen.

Ziegel: Konzept Z3.4 - Einspannen

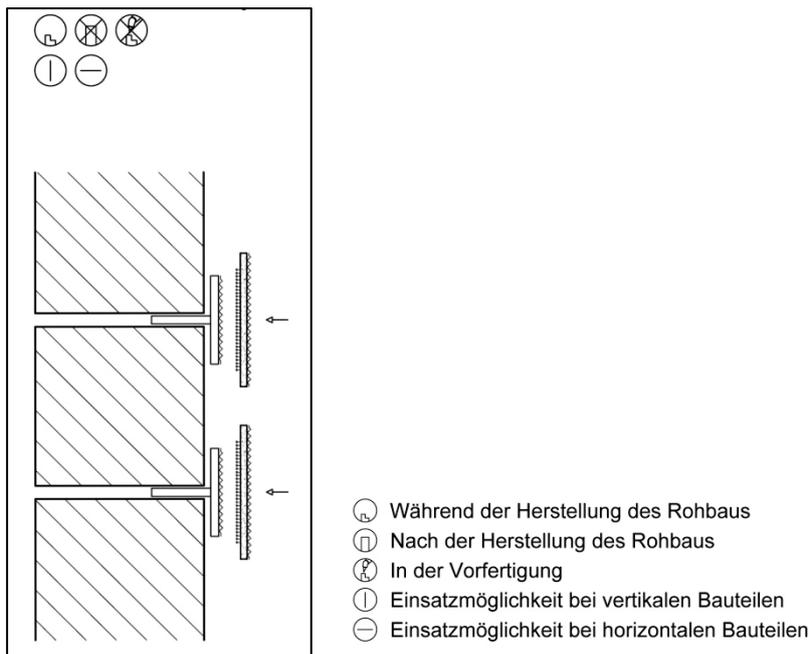


Abbildung 72: Konzeptskizze Z3.4 - Einspannen

Konzeptidee

Für die Herstellung einer Schlaufenoberfläche auf Ziegelwänden kann auf das Prinzip von Maueranker zurückgegriffen werden. Während dem Mauervorgang wird dabei in die Lagerfuge ein Element eingelegt, welches einen Verbund mit dem Mauerwerk eingeht und raumseitig eine tellerartige Schlaufen- oder Hakenfläche bereitstellt. Durch ein weiteres Element kann diese Schlaufenfläche vergrößert werden. Somit müssen für die Verlegung der Leitungen keine Stemmarbeiten durchgeführt werden, was eine Schwächung der Tragstruktur zur Folge hätte.

Ergebnis

Dieses Konzept bietet grundsätzlich eine gute Möglichkeit, eine Ziegelwand mit Flauschoberflächen zu erstellen. Da jedoch jeder „Klettanker“ einzeln positioniert und vor Verschmutzung durch den Mörtel geschützt werden muss, ist der Aufwand eher hoch.

Wird die TGA vor dem Mauerwerk geführt, so steigt die Gesamtstärke der Wand an. Soll sie verputzt werden, so muss zunächst eine Putzträgerplatte zur Abdeckung der Installationsebene angebracht werden.

Empfehlung

Der Aufwand der Herstellung einer Klettoberfläche mittels Klettanker könnte mit Hilfe eines Ziegelherstellers überprüft werden, um die Realisierbarkeit weiter abzutasten.

2.1.2 Befestigungsmittel

Die Vielfalt an unterschiedlichen Befestigungsmittel für TGA-Komponenten ist sehr groß. Befestigungsmittel können schon während der Herstellung oder ebenso auf der Baustelle mit Klettoberflächen versehen werden. Dabei ist das Aufbringen durch Kleben sehr naheliegend und der Forschungsbedarf dementsprechend gering. Dennoch konnten vom IAT Konzepte mit hohem Forschungspotential für nachhaltigere Produkte entwickelt werden.

Kunststoff nicht geschäumt: Konzept K2.2 – Aufstülpen

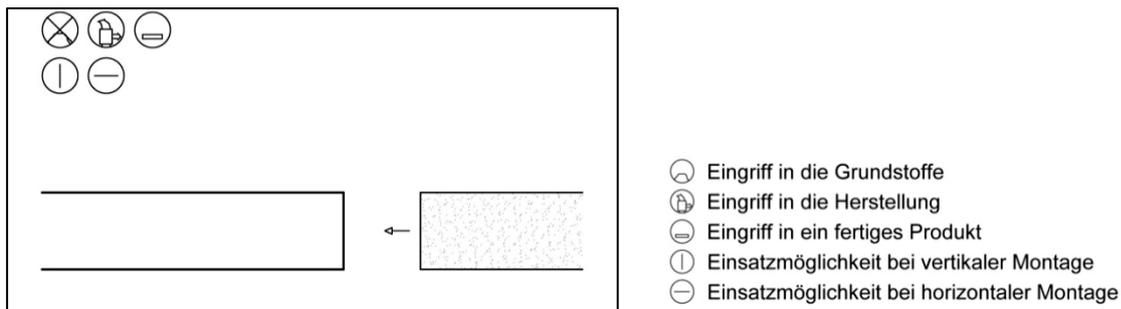


Abbildung 73: Konzeptskizze K2.2 – Aufstülpen

Konzeptidee

Die Idee dieses Konzeptes sieht vor, Verbindungsarten die aufgrund ihrer speziellen Form einen Verbund erzeugen (stecken, aufklicken, einhaken, aufschrauben, aufstülpen,...) anzuwenden, um TGA-Befestigungsmittel mit Klett zu applizieren. Stellvertretend ist hier das Konzept „aufstülpen“ dargestellt (siehe Abbildung oben).

Ziel dieses Konzeptes ist somit, ein Befestigungsmittel mittels Formschluss (Verbindung, die durch ein Ineinandergreifen von Elementen erfolgt) mit einem Klett-Element zu verbinden.

Untersuchung

Die jeweilige Verbindung kann in der Vorfertigung des Befestigungsmittels oder auf der Baustelle erfolgen, das Produkt muss allerdings immer bereits fertiggestellt sein. Hierbei müssen spezielle Verarbeitungsrichtlinien befolgt werden, die sicherstellen, dass z.B. kein Schmutz oder sonstige Verunreinigungen die Klettbarkeit beeinträchtigen.

Ergebnis

Werden bestehende Montageelemente per Formschluss mit einem Klettelement verbunden, so ist nicht nur eine einfache Montage oder Demontage von TGA möglich, sondern auch eine sehr einfache spätere Trennung von Befestigungsmittel und Klettelement gegeben. Dies kann auch vorab auf der Baustelle erfolgen. Wird die Montage mit Klett nicht gewünscht, kann das Element entfernt werden und die Montage mittels Schraube und Dübel erfolgen.

Die im Detail anzuwendende Verbindungsart ist vom jeweiligen Befestigungsmittel abhängig, da eine sehr große Vielfalt an Montageelementen existiert.

Empfehlung

Wird dieses Konzept weiter behandelt, könnte sich diese Untersuchung rein auf das Montagemittel „Schraube“ beschränken (da in der Regel jedes TGA-Befestigungsmittel mittels Schraube befestigt wird). Dahingehend könnte ein Zwischenelement entwickelt werden, welches auf einer Seite die Schraube aufnimmt und auf der anderen eine Haken- oder Pilzkopffläche bereitstellt. Vor der tatsächlichen Montage wird die Schraube anstatt in den Untergrund in dieses Zwischenelement geschraubt. Das mit Haken- oder Pilzkopfklett applizierte TGA-Befestigungsmittel kann nun auf einem Schlaufenuntergrund montiert werden.

Faserstoff: Konzept F1.4 - Wachstum

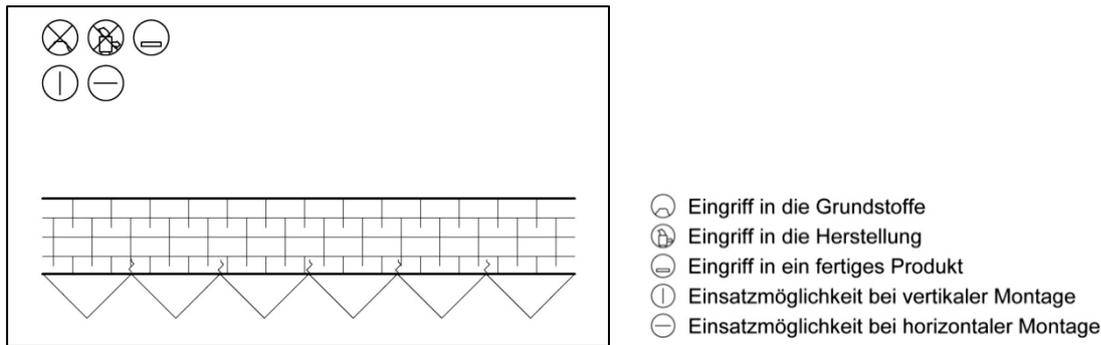


Abbildung 74: Konzeptskizze F1.4 - Wachstum

Konzeptidee

Das Konzept sieht einen Ersatz der Befestigungsmittel durch pflanzliche Klettbefestigungen vor. Es behandelt die Herstellung einer Schlaufenfläche mittels Pflanzenwachstum. Dahingehend wurden unterschiedliche Pflanzenarten recherchiert und hinsichtlich ihrer Klettfähigkeit untersucht. Das IAT hat mit Professor Martin Grube vom Institut für Pflanzenwissenschaften der Karl-Franzens-Universität Graz Fachwissen ausgetauscht.

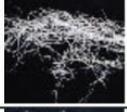
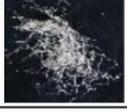
Pflanzen benötigen zum Wachstum und Erhalt der Lebensfunktion ausreichend Licht, konstante Flüssigkeitszufuhr und bestimmte Temperaturen. Da diese Konditionen in Gebäuden an Orten nicht gegeben sind, an denen die TGA montiert wird, galt es Pflanzen zu untersuchen, deren Schlaufenstruktur auch im abgestorbenen Zustand erhalten bleibt.

Untersuchung

Unter diesen Voraussetzungen empfahl Professor Grube die Untersuchung von Faserstrukturen, die an den Blattbasen von Palmen auftreten und stellte dem IAT dieses Material zur Verfügung. Die neun Palmfasern wurden direkt vor Ort im Botanischen Garten in Graz von den Palmen gelöst, fotografiert und anschließend getestet. Je nach Pflanze war es möglich, ganze „Fasermatten“ zu lösen. Hierbei zeigten sich Unterschiede hinsichtlich der Größe der Struktur, der Richtung und Lage der Fasern, des Verbunds der Fasern, der Stärke der Fasern und der Gesamtstärke der Faserstruktur.

Mittels händischer Tastversuche testete das IAT den Verbund zwischen den Schlaufenstrukturen und unterschiedlichen Klettarten der Fa. Gottlieb Binder GmbH & Co. KG. Zusätzlich zu den Palmfasern wurden auch Kokosnussfasern sowie ein Moos getestet. Die Klettflächen wurden händisch kurz auf das Testmaterial aufgedrückt und dann mittels Schäl- und Scherkraft belastet (siehe Tabelle).

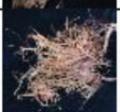
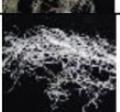
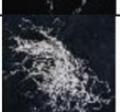
Tabelle 6: Ergebnisse Tastversuche Hakenklett: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Pflanzenfaserstoffen

			Hakenklett				
			Große Verbindungselemente	Kleine Verbindungselemente			
			Klettoplast Art. 39149	Klettostar Art. 15147	Klettostar super Art. 22143	Klettolastic Art. 90191	Klettppflanze natürlich
Palmenfasern		01 Phoenix canariensis Kanarische Inseln	Keine Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
		02 Phoenix reclinata	Keine Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
		03 Chamaerops humilis Europäische Zwergpalme westl. Mittelmeergebiet	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung
		04 Phoenix senegalensis Senegalesische Dattelpalme	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung
		05 Trachycarpus fortunei	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
		06 Howea forsteriana Keatia oder Lord-Howe-Palme zwischen Neuseeland und Australien	Gute Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
		07 Phoenix roebelenii Zierliche oder Zwerg-Dattelpalme	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
		08 Livistona chinensis China Maskarenen	Gute Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
		09 Cocos nucifera Trop. Melanesien	Gute Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung	Gute Kraftübertragung
Moos		10 Tillandsia lebed	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Keine Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung
		11 Tillandsia tot	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung	Geringe Kraftübertragung

Gute Kraftübertragung
 Geringe Kraftübertragung
 Keine Kraftübertragung

ermittelt mittels händischem Abziehversuch

Tabelle 7: Ergebnisse Tastversuche Pilzkopfklett: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Pflanzenfaserstoffen

		Pilzkopfklett						
		Große Verbindungselemente		Kleine Verbindungselemente		Sehr kleine Verbindungselemente		
		Duotec 50 Art. 75763	Duotec 42 Art. 73763	Pressotex Art. 75161	Pressogrip Art. 80198	Microduotec Art. 25440		
Palmenfasern		01	Phoenix canariensis Kanarische Inseln					
		02	Phoenix reclinata					
		03	Chamaerops humilis Europäische Zwergpalme westl. Mittelmeergebiet					
		04	Phoenix senegalensis Senegalesische Dattelpalme					
		05	Trachycarpus fortunei					
		06	Howea Forsteriana Keatia oder Lord-Howe-Palme zwischen Neuseeland und Australien					
		07	Phoenix roebelenii Zierliche oder Zwerg-Dattelpalme					
		08	Livistona chinensis China Maskarenen					
		09	Cocos nucifera Trop. Melanesien					
Moos		10	Tillandsia lebend					
		11	Tillandsia tot					

Gute Kraftübertragung
 Geringe Kraftübertragung
 Keine Kraftübertragung

ermittelt mittels händischem Abziehversuch

Ergebnisse

Die Kokosnuss und das ausgewählte Moos „Tillandsia“ ermöglichten eine geringe Kraftübertragung. Da es sich bei dem Moos um eine lebende Pflanze handelt, besteht die Gefahr des weiteren Austrocknens und somit erhöhter Sprödigkeit.

Grundsätzlich konnte ein guter Verbund zwischen den Strukturen der Palmen *Howea Forsteriana*, *Livistona chinensis* und *Cocos nucifera* und den Klettprodukten Klettoplast (Art. 39149), Klettostar super (Art. 22143), Klettolastic (Art. 90191), Pressotex (Art. 75161), und Pressogrip (Art. 80198) erzielt werden. Zusätzlich zeigte natürlicher Klett in Form einer natürlichen Klette gute Haftigenschaften mit diesen Palmstrukturen (siehe folgende Abbildungen).



Abbildung 75: Palmfaserstruktur der Palme *Howea Forsteriana*



Abbildung 76: Palmfaserstruktur der Palme *Livistona chinensis*



Abbildung 77: Palmfaserstruktur der Palme *Cocos nucifera*

In den mikroskopischen Aufnahmen ist das Eingreifen und Verbinden der Pilzkopfelemente in die Pflanzenstruktur gut sichtbar (siehe folgende Abbildungen).



Abbildung 78: Mikroskopische Aufnahme Palmfaserstruktur „*Livistona chinensis*“ mit „Pressotex 75161“ (Aufnahme: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Florian Mittermayr, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, 08.06.2018)



Abbildung 79: Mikroskopische Aufnahme Palmfaserstruktur „*Cocos nucifera*“ mit „Pressotex 75161“ (Aufnahme: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Florian Mittermayr, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, 08.06.2018)

Die Faserlänge war bei allen Testobjekten ausreichend lang. Teilweise wurde die Faserstruktur beim Lösen des Kletts zerstört. Dabei brachen nicht die Fasern selbst, sondern lösten sich aus dem Verbund der Mattenstruktur. Die Ergebnisse werden so interpretiert, dass grundsätzlich das Schlaufenelement einer Klettverbindung aus vollkommen natürlichem Pflanzenmaterial hergestellt werden könnte. Die tatsächliche statische Belastbarkeit der pflanzlichen Schlaufenstruktur muss noch getestet werden.

Empfehlung

Eine Anwendung dieser ökologischen Klett-Technologie sieht das IAT in temporären Befestigungen, da die natürlich gewachsene Mattenstruktur wahrscheinlich die Anforderungen einer

Qualitätssicherung schlecht erfüllt. Das Wachstum der Pflanze erfolgt nicht homogen/gleichbleibend im Vergleich zu einem industriell erzeugten Klettprodukt.

Eine temporäre Anwendung könnte zum Beispiel die Befestigung von Heizungsrohren im Fußboden während des Verlegens dieser Rohre sein. Die pflanzliche Schlaufenstruktur wird in noch flüssigen Betonfußboden aufgelegt. Hier würde diese Pflanzenstruktur die mit Kunststoff-Pilzköpfen umwickelten Heizungsschläuche eben so lang an der richtigen Position fixieren, bis der flüssige Estrich aufgeschüttet und der Verbund ausgehärtet ist.

Um eine weitere Ökologisierung zu erreichen, könnten anstatt Kunststoff-Pilzköpfen die Blüte, beziehungsweise Samenkugel der Klettpflanze verwendet werden. Sie weist eine sehr hohe Kompatibilität mit den Palmenfasern auf. Die Anwendung am Bau kann folgendermaßen funktionieren: Die Samenkugeln der Klettpflanze werden auf den noch flüssigen Betonfußboden des Rohbaus verteilt. Nach Aushärtung dieses Betonfußbodens werden die Heizungsschläuche partiell mit der Mattenstruktur der Palmenfaser umwickelt und dann temporär auf dem Boden fixiert, bis der flüssige Estrich aufgeschüttet und der Verbund ausgehärtet ist.

Die Verwendung einer Klettpflanze anstatt eines aus Kunststoff hergestellten Haken- oder Pilzkopf-Kletts in Kombination mit Palmenfaserstruktur stellt ein 100% ökologisches Befestigungsmittel dar. Hier besteht weiteres Forschungspotential.

2.1.3 TGA-Komponente

Eine Modifizierung der TGA-Komponente hin zu einer Oberfläche mit Klettfähigkeit soll der Möglichkeit dienen, die zum Schutz vor Wärmeverlusten erforderliche Isolierung zukünftig per Klettverschluss auf die Leitungen aufzubringen und nicht wie bislang, durch Verklebung und/oder Verdübelung. Eine Direktmontage einer solchen modifizierten TGA-Leitung auf einen ebenfalls klettfähigen Untergrund wie Wand oder Decke bleibt außer Betracht und die statischen Erfordernisse daher gering.

Kunststoff, nicht geschäumt: Konzept K3.2 - Wickeln

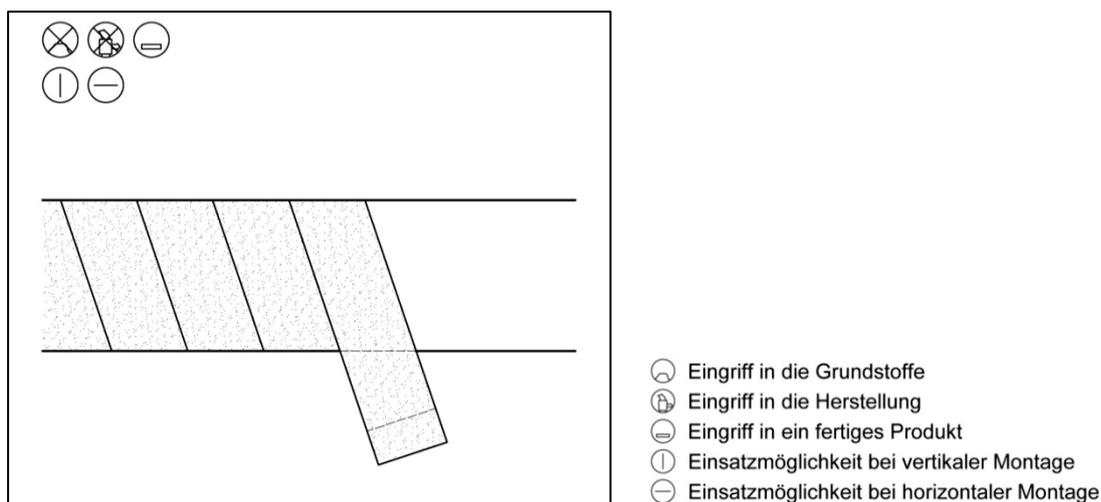


Abbildung 80: Konzeptskizze K3.2 - Wickeln

Konzeptidee

Eine TGA-Komponente (Rohr oder Luftkanal) wird mit einem dehnbaren Klettband umwickelt und erhält somit außenseitig eine klettfähige Oberfläche. Hierbei wird das Band überlappend aufgebracht, wodurch zwischen Vorderseite (Haken) und Rückseite (Schlaufen-) des Bandes ein Verbund entsteht. Alternativ können auch festziehbare Klettgurte auf die TGA-Komponente aufgebracht werden. Hierbei

ist der jeweilige Abstand zwischen den Gurten von großer Bedeutung für die Haftung der später aufgetragenen Dämmung.

Ergebnis und Empfehlung

Mittels „Wickeln“ ist es auf eine sehr einfach anzuwendende Art und Weise möglich, auf einer TGA-Komponente eine Klett-oberfläche zu erzeugen. Da ein ähnliches Produkt in Form von Klett-Kabelbindern schon existiert, sieht das IAT nur in Form einer tatsächlichen Produktentwicklung weiteren Forschungsbedarf.

Metall: Konzept M1.5 - Punktschweißen

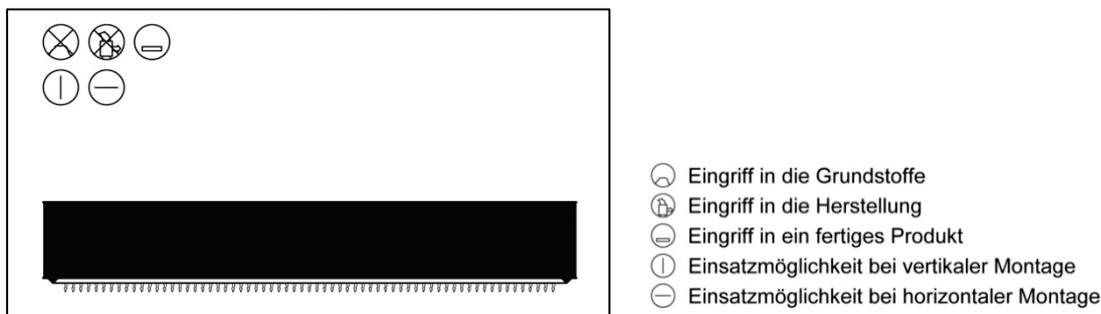


Abbildung 81: Konzeptskizze M1.5 - Punktschweißen

Konzeptidee

Das Konzept besteht darin, Metallklett zu verwenden und diesen mittels Schweißverfahren an metallenen TGA-Komponenten wie beispielsweise Lüftungskanälen zu befestigen. Der Vorteil dieser Konzeptidee läge in der Materialhomogenität und im gleichen Verfahren beim Herstellungsprozess des Lüftungskanals. Hier könnte nun die Befestigung des Metall-Kletts (Schweißen) implementiert werden.

Untersuchung

Metall-Klett ist als 0,2 mm dicke Folie erhältlich, flexibel biegsam und dennoch durch eine hohe Festigkeit gekennzeichnet. Das Metall-Klett aus Chrom-Nickel-Stahl besitzt alle Eigenschaften, die für nichtrostende Stähle Nr. 1.4310 gelten; Sie sind bis 800 °C thermisch belastbar und medienbeständig (beständig hinsichtlich der Aussetzung von chemischen Substanzen, wie zum Beispiel Säuren). Des Weiteren sind die Produkte von Metaklett gut schweißbar. Das Metall-Klett „Metaklett“ kann in bandförmiger Art mit 3 mm Breite produziert werden.

An den Rändern befinden sich herstellungsbedingte Bereiche ohne Haken und Ösen mit Loch-Stanzungen (siehe Abbildung 82). In diesen linienförmigen Bereichen kann der Metall-Klett punktuell an die TGA-Komponente geschweißt werden.

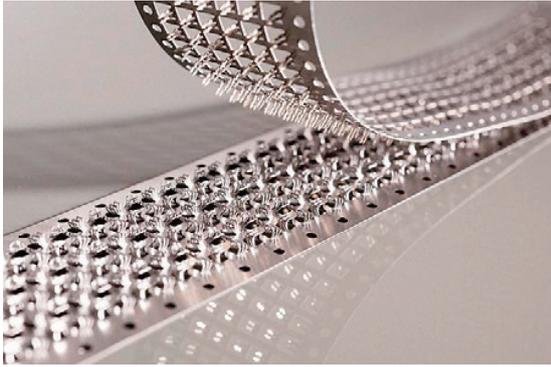


Abbildung 82: Metall-Klett Entenkopf (Bildquelle: Datenblatt Metaklett, Entenkopf, Haken-Öse-Verbindung, Reinz-Dichtungstechnik GmbH, Neu-Ulm, 2010, 1)

Ergebnis

Es können Schwierigkeiten beim Transport von mit Klett versehenen Lüftungskanälen auftreten. Um ein Verbiegen und somit Zerstören des Metallkletts zu verhindern, müssen diese besonders geschützt werden.

Des Weiteren ist eine punktuelle Schweißverbindung für die Zugbeanspruchung von Nachteil, da sich der dünnere Metall-Klett an den nicht geschweißten Stellen durchbiegen könnte. Das statische Konzept ist daher nur gering belastbar, was den potentiellen Einsatz zwar einschränkt, jedoch nicht ausschließt.

Von Versuchen im Testlabor der TU Graz wurde abgesehen, da sich im Labor für Konstruktiven Ingenieurbau der TU Graz keine Schweiß-Apparatur befindet.

Empfehlung

Die jeweiligen Metallarten der TGA-Komponente Lüftungskanal, des Befestigungsmittels und des Metall-Kletts sind unterschiedlich. Es ist zu überprüfen, ob es möglich ist, diese problemlos miteinander zu verschweißen.

Weiters wurde im Zuge des Forschungsprojektes festgestellt, dass das Festschweißen von Metall-Klett gut bei den Befestigungsmitteln funktionieren kann. Die Thematik des Befestigungsmittels wird im vorherigen Kapitel im Konzept „Aufstülpen“ weiter erläutert.

2.1.4 Dämmung

Die Dämmung von TGA-Komponenten erfolgt derzeit vorrangig mittels Kleben und ist somit "fix Verbaut" bzw. nicht mehr zerstörungsfrei trennbar. Dies hat Nachteile bezüglich sortenreiner Trennung, Austausch bei Schäden, Lebenszyklus der miteinander verklebten Elemente, Recycling und Zerstörung von Komponenten bei der Montage. Zum Beispiel werden Luftkanäle bei der Montage der Dämmung oft durch Niete perforiert, wodurch während der Nutzung infolge des Luftstroms Störgeräusche entstehen.

Die Aufbringung von Dämmung rein mittels Klett bringt viele Vorteile mit sich. Die sehr einfache Montage, welche durch Anpressen erfolgt, ist auf der Baustelle von großem Vorteil. Die Tätigkeit der Arbeiter wird erleichtert und die Arbeitsbedingungen werden verbessert. Es kommt zu keinem Durchstoßen der Dämmebene durch Niete, wodurch die Dämmung beschädigt werden könnte. Die Dämmung kann einfach ausgetauscht werden, weil sie nur von der Klettbefestigung getrennt werden muss. Es ergibt sich eine Einsparung von Arbeitsschritten bei der Montage, es entsteht kein zusätzlicher Schmutz, usw.

Die Recherche hat gezeigt, dass unter derzeitigen Voraussetzungen nur weiche Faserdämmungen (z.B. Mineralwolle) für eine derartige Montage in Frage kommen. Bei Wasser führenden

Kühlleitungen, Zuluflleitungen, Frischluftleitungen und Fortluftleitungen besteht die Gefahr der Kondensatbildung. Die hier erforderliche Dampfdichtheit kann nur mittels Schaumstoffdämmungen auf EPDM-Kautschukbasis erreicht werden, welche zu diesem Zweck verklebt werden. Eine Übersicht der möglichen Anwendungen von Klett bei Dämmungen für TGA-Leitungen und Kanälen ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

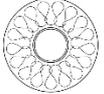
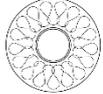
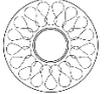
		1 - Rohrleitungen		
		Warmwasser		Kaltwasser
Innen (im Gebäude)	Heizungsleitungen	 ✓ Klett	Sanitärleitungen, Wasserleitungen, Zirkulationsleitungen  ✓ Klett	Kühlleitungen  ✗ kein Klett
		Mineralwolle mit Alukaschierung keine Dampfdichtheit erforderlich	Mineralwolle mit Alukaschierung keine Dampfdichtheit erforderlich	Schaumstoff auf EPDM-Kautschukbasis Dampfdichtheit erforderlich
Außen (am Gebäude)	Solarleitungen	 ✓ Klett	Kondensatleitungen  ✓ Klett	Kühlleitungen  ✗ kein Klett
		Polyestervliesdämmung mit PE-Beschichtung	UV-Schutzmantel	Schaumstoff auf EPDM-Kautschukbasis Schutz vor Sonneneinstrahlung erforderlich

Abbildung 83: Mögliche Anwendung von Klett beim Dämmen von TGA-Leitungen

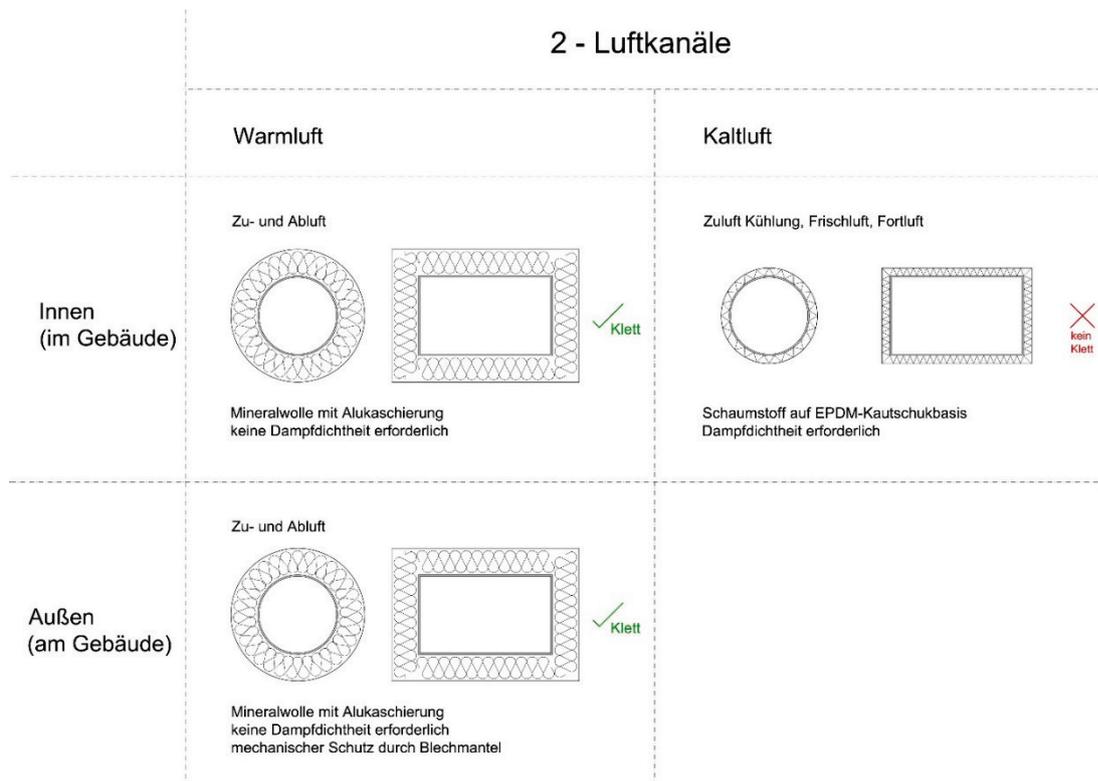


Abbildung 84: Mögliche Anwendung von Klett beim Dämmen von Kanälen

Kunststoff geschäumt: Konzept KG1.5 – Extrudieren

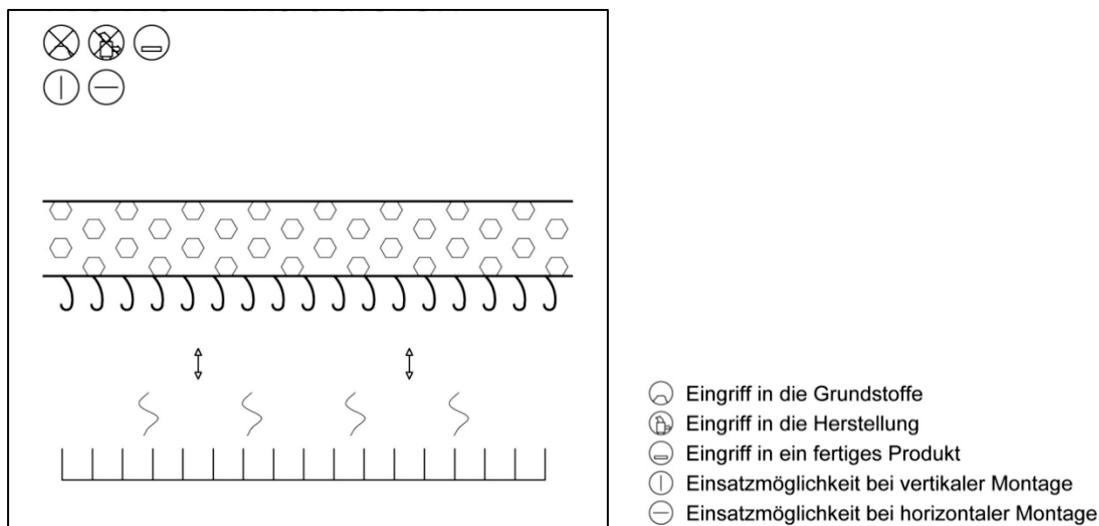


Abbildung 85: Konzeptskizze KG1.5 - Extrudieren

Konzeptidee

Wie zuvor erwähnt, werden Kunststoffdämmungen derzeit vollflächig verklebt, um eine Dampfdichtheit zu gewährleisten. Dennoch vermutet das IAT, dass diese Dampfdichtheit auch ohne Verklebung zwischen Dämmung und TGA-Komponente erreicht werden kann. Zum Einsatz käme hierfür eine zusätzlich aufzubringende Abdichtung an der Außenseite der Dämmung. Dies hätte den großen Vorteil einer Trennbarkeit von Dämmung und TGA-Komponente. Ein unlösbarer Verbund entsteht zwischen Kunststoffdämmung und außenliegender Kunststoffabdichtung.

Die hier angeführte Konzeptidee behandelt die Herstellung einer Hakenfläche aus einem geschäumten Kunststoffuntergrund in Form einer Kunststoffdämmung.

Das Verfahren könnte wie folgt funktionieren: Ein heißes Nadelbrett wird auf den Kunststoff aufgebracht, wodurch sich dieser leicht verflüssigt. Durch anschließendes Herausziehen bildet sich zwischen Untergrund und Nadelbrett ein Kunststofffaden der nun erstarrt. Die Herausziehbewegung des Kamms formt den Faden zu einem Haken.

Ergebnis

Mit Hilfe dieses Verfahrens könnte aus jeder Kunststoffdämmung mit der richtigen chemischen Zusammensetzung ein Hakenklett extrudiert werden. Zusätzlich wäre eine hundertprozentige Materialreinheit gegeben.

Im Zuge des Projektes wurde eine Erfindungsmeldung beim Patentamt eingereicht, um diese hinsichtlich der Erfindungen zum Stand der Technik zu überprüfen. Diese Erfindungsmeldung thematisiert die Befestigung von Klett mit Dämmung.

Die detaillierte Erfindungsmeldung wird hier nicht im Detail im Ergebnisbericht erscheinen, da diese bis zur Veröffentlichung des Berichtes noch nicht beim Patentamt eingereicht ist. Erst nach Sicherung der Konzeptidee wird die Öffentlichkeit darüber informiert.

Empfehlung

Es muss im Detail geprüft werden, ob eine Kondensatbildung auch bei einer Montage mittels Klett verhindert werden kann. Eventuell muss dazu eine zusätzliche, außenliegende Abdichtung aufgebracht werden (Umwickeln des Rohres und Kunststoffdämmung mit Dampfdiffusionsdichteschicht).

Dieses Verfahren der Klett-Extrudierung wäre auch bei bestehenden TGA-Komponenten und TGA-Befestigungsmitteln mit der richtigen chemischen Zusammensetzung denkbar, vor allem weil hier keine Dampfdichtigkeit gegeben sein muss. Derzeit existiert hierfür das Verfahren, den Klett „anzukleben“.

2.2 Wesentliche Erkenntnisse

Als Ergebnis konnten im Laufe des Forschungsprojektes grundsätzliche Erkenntnisse bezüglich der Montage von TGA mit Klett gewonnen werden. Diese sollen nun näher erläutert werden.

Die Anwendung des Kletts in der TGA funktioniert, wenn der Rohbauuntergrund eine großflächige Schlaufenfläche bereitstellt, während das TGA-Befestigungsmittel mit Klett versehen wird. Um Flausch oder Velours mit dem Rohbau zu verbinden, ist vor allem der Zeitpunkt der Herstellung dieser Verbindung (zwischen Flausch oder Velours und Rohbau) von Bedeutung. Wird die Verbindung nach der Herstellung des Rohbaus durchgeführt, erweist sich Kleben als eine sinnvolle Möglichkeit. Es gibt bereits einige ähnliche Befestigungssysteme, bei denen Klettprodukte auf Befestigungsmittel aufgeklebt werden.

Handelt es sich bei dem Bauwerk um einen Massivbau aus Beton und entsteht die Verbindung während der Herstellung des Rohbaus, so sind vor allem Konzepte des Einlegens zielführend. Probleme können hier hinsichtlich der rechtlichen Haftung entstehen, da beispielsweise der Hersteller einer Ortbetondecke auch die Möglichkeit einer späteren Montage von TGA und ihrer Haftung gewährleisten muss. Der Betonierer wird somit dafür verantwortlich, einen Schlaufenuntergrund mit geeigneter Qualität zu erzeugen.

Um TGA-Komponenten oder TGA-Befestigungsmittel mit Klett zu verbinden, muss in den Fertigungsprozess eingegriffen werden. Denkbar sind dazu die Konzepte Extrudieren, Schweißen, Löten und Kleben.

Eine Fixierung der TGA-Leitungen und Kanäle ohne Abstand direkt am Rohbau wird ausgeschlossen (mit Ausnahme der Elektroleitungen), da die statischen Anforderungen durch z.B. eine Dämmung nicht erfüllt und die Eigenschaften der Dehnungen durch Temperaturveränderungen nicht aufgenommen werden können. Eine Ausnahme stellt eine Fertigung eines Dämmelementes aus hartem Kunststoff dar, der gleichzeitig statische Funktionen übernehmen kann.

Um eine flächige Übertragung der Kräfte einer Klett-Untergrund Verbindung auf die Verbindung zwischen klettfähiger Oberfläche und dem Untergrund zu gewährleisten, empfiehlt es sich, starre beziehungsweise harte, klettende Elemente für die Befestigung der TGA-Komponenten zu entwickeln. Je nach notwendigen Kräften für die jeweilige TGA-Komponente können die Befestigungselemente in der Größe der klettenden Fläche variieren.

3 Schlussfolgerungen

Zwei grundlegende Erkenntnisse bilden die Voraussetzung für weitergehende Forschungsvorhaben. Zum einen ist zur Erreichung der anvisierten Flexibilität die Bereitstellung eines großflächigen, klettfähigen Untergrundes anzustreben. Hierfür ist in der Regel Velours oder Flausch einzusetzen, beides Bahnware und somit wirtschaftlich vorteilhaft. Auf die spezifischen Eigenschaften des Materials sowie dessen Verarbeitungsmöglichkeiten ist entsprechend bei der Weiterentwicklung Rücksicht zu nehmen. Zum zweiten ist der Zeitpunkt der Herstellung klettfähiger Untergründe oder Oberflächen von ausschlaggebender Relevanz. Jeder Eingriff, ob während der Vorfertigung, während der Errichtung oder aber im Sanierungsfall bietet unterschiedliche Herangehensweisen mit Vor- und Nachteilen.

So ergeben sich beispielsweise für die Erzeugung einer klettfähigen Oberfläche während der Errichtung eines Massivbaus unter Verwendung des Baustoffes Beton - der Herstellungslogik folgend - vielfältige Möglichkeiten im Bereich des Einlegens von Velours- oder Flauschmatten in die Schalung. Hierbei entstehen Herausforderungen vor allem im Hinblick auf eine Positionsfixierung während des Betoniervorgangs sowie den Schutz der Velours- oder Flauschmatte vor Verunreinigung. Im Unterschied dazu ist bei einem fertiggestellten Rohbau oder aber im Sanierungsfall, weitestgehend baustoffunabhängig, eher auf die verschiedenen Formen des Klebens zurückzugreifen. Kleben bietet eine vergleichsweise leichte Handhabe, ist jedoch mit Nachteilen im Bereich der späteren Ablösung der Velours- oder Flauschmatte verbunden. Die Fähigkeit zum Rückbau, beziehungsweise einer im Idealfall sortenreinen Trennung, ist stets von gleichbleibender Bedeutung für die Bewertung der Konzepte.

Über diese Betrachtungen hinaus wurden Baustoffe und im Bauwesen eingesetzte Komposite auf ihre möglicherweise bereits vorhandene Fähigkeit zur Verklettung hin untersucht. Zu ersteren zählen vor allem verschiedene Faserstoffe, die aufgrund ihrer Struktur unter gewissen Umständen Schlaufen bilden können. Solche Konzepte überzeugen im Hinblick auf Materialhomogenität und damit völlige Sortenreinheit. Gleichwohl haben Versuche ergeben, dass die Haftfestigkeit bei Weitem nicht an jene von handelsüblichen Klettmaterialien heranreicht, was den potentiellen Einsatz zwar einschränkt, jedoch nicht ausschließt.

Für einige Projektteilnehmer des IAT war dieses Sondierungsprojekt das erste öffentlich geförderte Projekt. Daher hatte das Projekt große Bedeutung bzgl. der fachlichen Erkenntnisse zur Anwendung von Forschungsmethoden, Durchführung von Versuchen in Testlaboren, hinsichtlich der Zielsetzung, Planung, Vorbereitung und Durchführung der Versuche und der Evaluierung von Versuchen. Wissensaustausch mit Experten anderer Fachrichtungen an Universitäten und Technischen Experten von TGA-Herstellerfirmen wurde vorgenommen. Für das gesamte Projektteam eröffneten sich neue Wissenserkenntnisse auf dem Gebiet der Technischen Gebäudeausrüstung, Verbindungsarten nach Schlussarten und der Herstellung und Anwendung von Klettprodukten.

Es werden Aufgriffe der Ergebnisse in Form von Konzeptideen geschehen, um diese für eine Entwicklung und Marktanwendung zu überprüfen. Ein Weiterdenken der Erkenntnisse wird hierzu stattfinden und es werden Kontakte zu weiteren Firmen aufgenommen, um weitere Förderungsanträge einzureichen und /oder Auftragsforschungen zu akquirieren. Ebenso können die angewendeten methodischen Arbeitsweisen bei zukünftigen Projekten verwendet werden.

Für den Konsortialleiter und die Partnerinstitute der TU Graz sind die Projektergebnisse für Folgeprojekte relevant. Das Institut für Architekturtechnologie der TU Graz arbeitet in der Überprüfung und Entwicklung von neuen Klett-Befestigungssystemen an den Projektergebnissen weiter. Das Labor für Konstruktiven Ingenieurbau wird in Folgeprojekten weitere Überprüfungen von Versuchen vornehmen und Fachwissen bereitstellen. Das Institut für Unternehmensführung und Organisation wird eine Marktüberprüfung der bereits eingereichten Patente im Oktober 2018 durchführen, um die Marktkompatibilität von weiteren Entwicklungen aus Forschungsergebnissen vor oder nach Patenteinreichung zu überprüfen.

Für Firmenhersteller von Baukomponenten der TGA sind die Projektergebnisse interessant und relevant, da diese die Chance zur Entwicklung von TGA-Systemen mit Klettbefestigungen haben. Hierzu müsse die Chancen einer Markteinführung der Systeme sach- und fachgerecht durchgeführt werden.

Da es sich bei diesem Forschungsprojekt um ein einjähriges Sondierungsprojekt handelt, ist das Ziel dieses Projektes unter anderem, weiterführende F&E-Aktivitäten zu generieren.

Dahingehend konnten im Zuge des Projektes fünf Erfindungsmeldungen an das Patentamt eingereicht werden, um diese hinsichtlich Patentfähigkeit zu überprüfen. Nach finaler Patenteinreichung sollen Firmenkontakte hergestellt werden, um weitere Forschungsaufträge zu erhalten. (Diese Erfindungen bzw. Klettanwendungen in der TGA werden hier nicht näher behandelt, da sie bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht beim Patentamt final eingereicht sind.) Eine tiefergehende Beschreibung der Inhalte ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus Gründen der Geheimhaltung nicht möglich.

4 Ausblick und Empfehlungen

Die vorliegende Sondierung hat gezeigt, dass die Herstellung großflächiger Untergründe mit klettfähiger Oberfläche möglich ist und somit den Grundstein für die Erreichung der formulierten Zielsetzungen darstellt. Institutsintern wurde ein fundiertes Grundlagenwissen geschaffen, welches optimale Voraussetzungen für weitergehende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Weg zur schadensfreien Montage von gebäudetechnischen Installationen liefert. Für das gesamte Projektteam eröffneten sich neue Wissenserkennnisse auf dem Gebiet der Technischen Gebäudeausrüstung, Verbindungen nach Schlussarten und der Herstellung und Anwendung von Klettprodukten.

Großes Potential zeigt sich vor allem in der Erforschung des Themas Beton und Klett, Klett-Kompatible Fasermaterialien und alternative Verbindungssysteme von herkömmlichen Klettverbindungen.

Die weitergehende Entwicklung im Rahmen eines staatlich geförderten Projekts und zusammen mit entsprechenden und bereits bekannten Firmenpartnern (siehe folgende Abbildung) wird demnach im Fokus der zukünftigen Forschungsarbeit des Instituts für Architekturtechnologie stehen.



Abbildung 86: Von links nach rechts: Mag. Klaus Untermoser (Vertriebsleiter STEINBACHER Dämmstoff GmbH), Alois Mochart (Geschäftsführer mhs GmbH - Montagesysteme für Heizung und Sanitär), B. Sc. Matthias Raudaschl (IAT), M.A. Aleksandra Pavićević (IAT), Dr. techn. Dipl. Ing. Ferdinand Oswald (IAT), Ing. Franz Köstenbauer (Geschäftsführer TBK – Technisches Büro Köstenbauer GmbH), Ing. Markus Kühlmayer (Technischer Geschäftsführer HERESCHWERKE Regeltechnik GmbH)

5 Verzeichnisse

5.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stoffschlussverbindung zweier Bauteile bei einachsiger Kraftbelastung. A Fügefläche, F_L Längskraft (Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007, 583)	13
Abbildung 2: Formschlussverbindung zweier Bauteile bei einachsiger Kraftbelastung. F_L Längskraft, A tragendes Wirkflächenpaar, p Flächenpressung (Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007, 583).....	13
Abbildung 3: Reibschlussverbindung zweier Bauteile bei einachsiger Kraftbelastung.	13
Abbildung 4: Diagramm Verbindungen nach Schlussarten, Erstellt von IAT, TU Graz (auf Grundlage von Pahl/ Beitz/ Feldhusen/ Grote, 2007. Brenner, 2010. Spur, 2014. Bauer/ Althof , 1991. Roth, 1996.).....	14
Abbildung 5: Stemmarbeiten auf der Baustelle für Elektroinstallationen und Wasserleitungen mit gängigem Werkzeug (wirbauen.org, 2017)	15
Abbildung 6: Werkzeuge auf Baustelle mit Verschmutzungen (https://www.123rf.com/photo_15436870_dirty-shovel-and-masonry-tools-on-a-construction-site.html , 01.08.2018, 10:05)	15
Abbildung 7: Abfallproduktion durch Sanierung (http://www.konrad-fischer-info.de/213ZS00.JPG , 01.08.2018, 10:15)	16
Abbildung 8: Beschädigung von Dämmung infolge Befestigung (Foto: IAT, TU Graz)	16
Abbildung 9: Produktpräsentation „StoSystain R“, Baumesse München Bau 2017 (Sto GesmbH, Österreich, 2017).....	16
Abbildung 10: Montageablauf „StoSystain R“ (Sto GesmbH, Österreich, 2017)	16
Abbildung 11, 12, 13: Fußbodenheiz-systeme mit Klett Produkt der Firma Uponor. (© Uponor GmbH)	17
Abbildung 14: Anwendung von Gecco-Wall. (Screenshot https://vimeo.com/272317398 , 03.04.2018, 10:00, ©Jan Werner)	17
Abbildung 15: Klettsystem, Patent von Andreas Schaumburg (https://patentimages.storage.googleapis.com/f9/8a/c9/5ce64402985085/00040001.png , 01.08.2018, 10:15).....	18
Abbildung 16, 17: Dämmmaterial, Patent von E. Missel GmbH & Co. (https://patentimages.storage.googleapis.com/EP0916483A2/00110001.png , 01.08.2018, 10:15)	18
Abbildung 18: Befestigungssystem, Patent von Gottlieb Binder GmbH &Co. Kg. (https://patentimages.storage.googleapis.com/21/da/6d/1805a24d9de1b9/imgf0002.png , 01.08.2018, 10:15).....	19
Abbildung 19: Befestigungssystem, Patent von Gottlieb Binder GmbH &Co. Kg. (https://patentimages.storage.googleapis.com/4c/5a/64/194624e4ba3705/imgf0003.png , 01.08.2018, 10:15).....	19
Abbildung 20, 21: Befestigungssystem, Patent von Gottlieb Binder GmbH &Co. Kg.(https://patentimages.storage.googleapis.com/42/92/d1/1a4262b919a8ef/00160001.png , 01.08.2018, 10:17)	19
Abbildung 22: Fastening membrane, Patent von Ernesto Tachauer, Ronald Provencher, Shawn Banker, George Provost (https://patentimages.storage.googleapis.com/US20030070391A1/US20030070391A1-20030417-D00006.png , 01.08.2018, 10:17).....	20
Abbildung 23: Fastening membrane, Patent von Ernesto Tachauer, Ronald Provencher, Shawn Banker, George Provost	

(https://patentimages.storage.googleapis.com/US20030070391A1/US20030070391A1-20030417-D00011.png , 01.08.2018, 10:17).....	20
Abbildung 24: Struktur gebäudetechnischer Systeme mit Schwerpunkt auf die Verteilung (Krimmling/Deutschmann/Preuß/Renner, 2013, 16-62).....	22
Abbildung 25 (links): Leitungsführung unterhalb von horizontalen Bauteilen (Abbildung: IAT).....	22
Abbildung 26 (rechts): Leitungsführung unterhalb von horizontalen Bauteilen (Foto: Kresevic, Z.).....	22
Abbildung 27 (links): Leitungsführung oberhalb von horizontalen Bauteilen (Abbildung: IAT).....	23
Abbildung 28 (rechts): Leitungsführung oberhalb von horizontalen Bauteilen (Foto: Kresevic, Z.).....	23
Abbildung 29 (links): Leitungsführung in vertikalen Installationsschächten (Abbildung: IAT).....	23
Abbildung 30 (rechts): Leitungsführung in vertikalen Installationsschächten (https://www.sbz-monteur.de/wp-content/uploads/2018/04/1016-01.jpg , 03.09.2018, 15:52)	23
Abbildung 31 (links): Leitungsführung vor vertikalen Bauteilen (Abbildung: IAT)	23
Abbildung 32 (rechts): Leitungsführung vor vertikalen Bauteilen (Foto: IAT, TU Graz).....	23
Abbildung 33: Leitungsverlegung frei vor der Wand (Pistohl, 2009, H127)	24
Abbildung 34: Rohrverlegung in einem Bodenkanal (Pistohl, 2009, B64)	24
Abbildung 35: Schraubrohrschele (https://www.hornbach.at/shop/Schraubrohrschele-4-isoliert-3-Stueck/3661572/artikel.html , 19.02.2018, 12:21).....	24
Abbildung 36: Schlagrohrschele (https://www.hornbach.at/shop/Schlagrohrschele-mit-Einschlagspitze-1-Stueck/1305335/artikel.html , 19.02.2018, 12:25)	24
Abbildung 37: Befestigungstechnik (https://www.airleben24.de/montagetechnik , 14.02.2018, 11:38)	24
Abbildung 38: Befestigung von Feuchtraumleitungen auf Putz (Pistohl, 2009, E58)	24
Abbildung 39: Steinwooll-Rohrschale aluminiumkaschiert selbstklebend (https://www.hornbach.at/shop/Steinwooll-Rohrschale-Steinbacher-aluminiumkaschiert-28x31-mm/7360591/artikel.html , 19.02.2018, 12:46).....	25
Abbildung 40: PE-Rohrisolierung selbstklebend (https://www.hornbach.at/shop/PE-Rohrisolierung-Steinbacher-selbstklebend-28x13-mm/5008340/artikel.html , 19.02.2018, 12:47).....	25
Abbildung 41: Dämmung über Rohrschele (Armacell Enterprise GmbH & Co. KG, Armaflex_Montagehandbuch_DE_web, 68).....	25
Abbildung 42: Mineralfaser mit Alukaschierung (https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/lueftung/lueftungskanaele-2492245 , 14.02.2018, 11:43)	25
Abbildung 43: Schaumstoffplattendämmung (http://www.bosy-online.de/Daemmung_von_Luftleitungen.htm , 14.02.2018, 11:47)	25
Abbildung 44: Pilzköpfe aus PP; schwarz eingefärbt, auf schwarzer gießfähiger Bindemittelschicht..	26
Abbildung 45: Haken geschnitten (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 12)	26
Abbildung 46: Detail der Klettverbindung Entenkopf, gestanzte Haken mit Hinterschneidungen (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 22).....	26
Abbildung 47: Metaklett Entenkopf in gefügter Position (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 22)	26
Abbildung 48: REM-Aufnahme eines Vliesbandes mit ungeordneten Schlingen (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 15).....	26
Abbildung 49: Flauschband; ausgerichteten Schlingen (Foto: Georg Krüger in: Krüger, 2013, 15).....	26
Abbildung 50: Klettprinzip (©Gottlieb Binder GmbH &Co. Kg. Unter: http://www.binder.de/fileadmin/_processed_/csm_8products_d49efe080f.jpg , 12.07.2018, 15:47).....	27
Abbildung 51: Übersicht Klettarten, Klettmaterialien und Klettprodukte (Diagramm IAT, TU Graz auf Grundlage von: Krüger, 2013. Produktprogramm der Fa. Gottlieb Binder GmbH &Co. Kg., Fa. Aplix S.A, 3M Österreich GmbH und Fa. Velcro GmbH)	28
Abbildung 52: Matrix TGA-System und Rohbaustoff mit Klettschnittstellen	30
Abbildung 53: Ergebnisse Innovationsmatrix Verbindungskonzepte Materialien mit Klett	33

Abbildung 54: Konzeptskizze H1.8 - Fasern	35
Abbildung 55 und 56: Mikroskopische Aufnahme Produkt „Microfasertuch Universal 678208“ mit „Pressotex 75161“ (Aufnahme: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Florian Mittermayr, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, 08.06.2018).....	38
Abbildung 57: Konzeptskizze B1.1 - Kleben	39
Abbildung 58: Kleben auf Ziegel, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz	39
Abbildung 59: Kleben auf Holz, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz	39
Abbildung 60: Übersicht Haftzugprüfung - Kleben auf Beton (Prüfbericht LKI „Klett TGA“ siehe Anhang. Die Darstellung des Diagramms wurde für diesen Bericht abgeändert).....	42
Abbildung 61: Übersicht Schälzugprüfung - Kleben auf Beton (Prüfbericht LKI „Klett TGA“ siehe Anhang, Die Darstellung des Diagramms wurde für diesen Bericht abgeändert).....	43
Abbildung 62: Konzeptskizze B3.5 - Einlegen.....	43
Abbildung 63 Schalung für die Versuchskörper, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz	44
Abbildung 64 Übersicht Prüfkonzepete, Fixierung der eingelegten Materialien	46
Abbildung 65 Versuchsaufbau mit Einlegesituationen, Plan Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz	48
Abbildung 66 Versuchsaufbau mit Einlegesituationen, Foto Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz	49
Abbildung 67: Versuchsaufbau der Haftzugprüfung, Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang	51
Abbildung 68: Gesamtübersicht Haftzugprüfung „Einlegen im Beton“, Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang.....	52
Abbildung 69: Gesamtübersicht Schälzugversuch „Einlegen im Beton“ (Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang).....	54
Abbildung 70: Versuchsaufbau der Schälzugprüfung mit Flausch-Matte. Die Breite des Prüfstreifens beträgt 5 cm. (Quelle: Prüfbericht „Klett TGA“ im Anhang, 11).....	55
Abbildung 71: Konzeptskizze S2.2 - Klemmen	56
Abbildung 72: Konzeptskizze Z3.4 - Einspannen.....	57
Abbildung 73: Konzeptskizze K2.2 – Aufstülpen.....	58
Abbildung 74: Konzeptskizze F1.4 - Wachstum.....	59
Abbildung 75: Palmfaserstruktur der Palme <i>Howea Forsteriana</i>	62
Abbildung 76: Palmfaserstruktur der Palme <i>Livistona chinensis</i>	62
Abbildung 77: Palmfaserstruktur der Palme <i>Cocos nucifera</i>	62
Abbildung 78: Mikroskopische Aufnahme Palmfaserstruktur „ <i>Livistona chinensis</i> “ mit „Pressotex 75161“ (Aufnahme: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Florian Mittermayr, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, 08.06.2018).....	62
Abbildung 79: Mikroskopische Aufnahme Palmfaserstruktur „ <i>Cocos nucifera</i> “ mit „Pressotex 75161“ (Aufnahme: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Florian Mittermayr, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, 08.06.2018).....	62
Abbildung 80: Konzeptskizze K3.2 - Wickeln	63
Abbildung 81: Konzeptskizze M1.5 - Punktschweißen	64
Abbildung 82: Metall-Klett Entenkopf (Bildquelle: Datenblatt Metaklett, Entenkopf, Haken-Öse-Verbindung, Reinz-Dichtungstechnik GmbH, Neu-Ulm, 2010, 1)	65
Abbildung 83: Mögliche Anwendung von Klett beim Dämmen von TGA-Leitungen	66
Abbildung 84: Mögliche Anwendung von Klett beim Dämmen von Kanälen	67
Abbildung 85: Konzeptskizze KG1.5 - Extrudieren	67
Abbildung 86: Von links nach rechts: Mag. Klaus Untermoser (Vertriebsleiter STEINBACHER Dämmstoff GmbH), Alois Mochart (Geschäftsführer mhs GmbH - Montagesysteme für Heizung und	

Sanitär), B. Sc. Matthias Raudaschl (IAT), M.A. Aleksandra Pavićević (IAT), Dr. techn. Dipl. Ing. Ferdinand Oswald (IAT), Ing. Franz Köstenbauer (Geschäftsführer TBK – Technisches Büro Köstenbauer GmbH), Ing. Markus Kühlmayer (Technischer Geschäftsführer HERESCHWERKE Regeltechnik GmbH)	72
--	----

5.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufbau der Innovationsmatrix Verbindungskonzepte Materialien mit Klett.....	30
Tabelle 2: Auswahl Verbindungskonzepte A.....	34
Tabelle 3: Auswahl Verbindungskonzepte B, C, D	34
Tabelle 4: Ergebnisse Tastversuche: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Faserstoffen und Hakenklett.....	36
Tabelle 5: Ergebnisse Tastversuche: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Faserstoffen und Pilzkopfklett	37
Tabelle 6: Ergebnisse Tastversuche Hakenklett: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Pflanzenfaserstoffen.....	60
Tabelle 7: Ergebnisse Tastversuche Pilzkopfklett: Möglichkeit von Klett-Kompatibilität mit Pflanzenfaserstoffen.....	61

5.3 Literaturverzeichnis

- Bauer Carl-Otto (Hrsg.), Althof Walter: Handbuch der Verbindungstechnik. Hanser Verlag, München, 1991.
- Brenner Valentin: Recyclinggerechtes Konstruieren. Stuttgart, 2010.
- Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten: HIA 2010 – Honorar Information Architektur
- Gottlieb Binder GmbH & Co. Kg. URL:
http://www.binder.de/fileadmin/_processed_/csm_8products_d49efe080f.jpg
 (abgerufen am 25. Juni 2018; 14:55)
https://www.arching.at/fileadmin/user_upload/redakteure/HIA_2010/hia2010_gesamt.pdf
 (abgerufen am 30. Jänner 2018; 16:00)
- Krimmling Jörn (Hrsg.), Deutschmann Uwe, Preuß André, Renner Eberhard: Atlas Gebäudetechnik. Rudolf Müller Verlag, Köln 2014.
- Krüger Georg: Klettverschlüsse - Materialien, Herstellung, Prüfung, Anwendungen. Carl Hanser Verlag, München 2013.
- Pahl Gerhard, Beitz Wolfgang, Feldhusen Jörg, Grote Karl-Heinrich: Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. Springer Verlag, Berlin, 2007.
- Pistohl Wolfram: Handbuch der Gebäudetechnik, Heizung | Lüftung | Beleuchtung | Energiesparen, Planungsgrundlagen und Beispiele Band 2. Werner Verlag, Köln 2009.
- Pistohl Wolfram: Handbuch der Gebäudetechnik, Allgemeines | Sanitär| Elektro| Gas, Planungsgrundlagen und Beispiele Band 1. Werner Verlag, Köln 2009.
- Roth Karlheinz: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Verbindungen und Verschlüsse, Lösungsfindung. Springer Verlag, Berlin, 1996
- Spur Günter: Fügen, Handhaben und Montieren. Hanser Verlag, München, 2014.

6 Anhang

_Prüfbericht „Klett-TGA“, Labor für Konstruktiven Ingenieurbau, TU Graz.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmvit.gv.at](https://www.bmvit.gv.at)