

# FENSTER

LEITFADEN FÜR DIE SANIERUNG VON HISTORISCHEN GEBÄUDEN





Franziska Haas, Eurac Research

## EINFÜHRUNG

Dieser Leitfaden soll sowohl interessierten Eigentümern als auch Fachplanern die grundlegenden Schritte zur Konzeptdefinition für eine nachhaltige Sanierung eines historischen Gebäudes erläutern und eine Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung bieten.

Es gibt viele Gründe ein Haus zu sanieren: Die Wohnung wird nicht richtig warm, es zieht durch alte Fenster, die Heizkosten sind hoch; oft sind es auch die Schäden am Mauerwerk oder Dach die eine Sanierung veranlassen. Hinzu kommt die Einsicht, dass der Klimawandel allgegenwärtig ist und dass wir alle durch die Einsparung von Energie und die Nutzung vorhandener Ressourcen etwas für unsere Umwelt tun können.

Handelt es sich bei dem Gebäude jedoch um ein historisches Haus, stellen sich sofort viele Fragen.

- *Hat mein Gebäude einen besonderen kulturellen Wert und wie kann ich diesen erhalten?*
- *Muss ich Auflagen des Denkmalschutzes beachten?*
- *Ist ein moderner Wohnkomfort auch innerhalb der alten Mauern möglich?*
- *Passen neue Sanierungslösungen zur alten Bausubstanz?*
- *Wen frage ich am besten um Rat?*

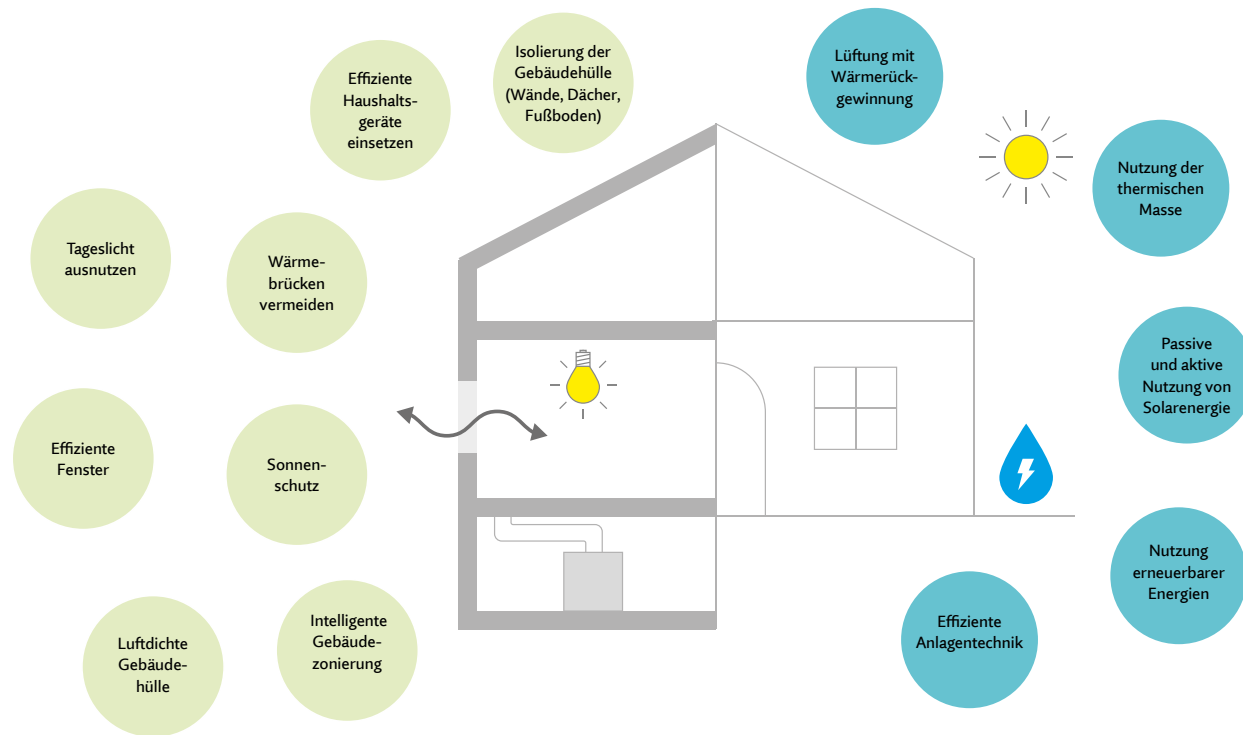
Zu den historischen Gebäuden zählen aber nicht nur die großen, allseits als Denkmale anerkannten Monumente wie Kirchen, Burgen und Klöster. Es sind gerade die vielen traditionellen Wohn- und Wirtschaftsbauten, die die Alpenlandschaften und -städte prägen. Sie sind untrennbar mit ihrer Umgebung verbunden, sind unter Nutzung lokaler Baumaterialien und lokaler Handwerkstechniken entstanden. Und trotzdem ist jedes einzelne von ihnen ganz individuell gestaltet. Viele von ihnen stehen nicht unter Denkmalschutz, und doch ist es genauso wichtig auch diese Bauten zu erhalten.

### WARUM ENERGIEEFFIZIENT, WARUM NACHHALTIG? UND WAS HEISST DAS ÜBERHAUPT?

Mit einer energetischen Sanierung kann der Energieverbrauch und die Betriebskosten des Gebäudes gesenkt werden. Gleichzeitig lässt sich damit aber auch der Wohnkomfort verbessern und somit der Marktwert einer Immobilie steigern. Energetische Maßnahmen tragen also zur Erhaltung der Bausubstanz bei, indem sie deren Nutzbarkeit auch in Zukunft sichern. Durch die energetische Sanierung leisten Sie daher sowohl einen großen Beitrag zum Erhalt der Baukultur als auch zum Umweltschutz. Wichtig ist jedoch, auf die besonderen gesetzlichen, bauphysikalischen und gestalterischen Rahmenbedingungen im Altbau einzugehen – nur so lassen sich nachhaltige Sanierungen planen.

**BEISPIEL:** Die Instandsetzung einer historischen Wand kann aus verschiedenen Gründen vorteilhaft sein. Neben der Erhaltung der Wand und damit auch des gesamten Gebäudes führt eine energetische Ertüchtigung, je nach Umfang der Maßnahmen, zur Einsparung von Heizenergie und einer Steigerung des Wohnraumkomforts. Gleichzeitig wird die innere Wandoberflächentemperatur angehoben, was eine höhere Behaglichkeit im Innenraum zur Folge hat.

## Energiebedarf minimieren    Energieversorgung optimieren



## GANZHEITLICHE PLANUNG

Energetische Sanierungen müssen stets ganzheitlich geplant werden. Das heißt, von Anfang an wird das gesamte Gebäude in den Blick genommen. Einzelne Maßnahmen, wie etwa der Austausch der Fenster, werden immer in der Wechselwirkung mit allen anderen Komponenten betrachtet. Der damit verbundene planerische Mehraufwand und die höheren Investitionskosten am Anfang eines Projekts wirken für viele dabei abschreckend. Eine gründliche Planungsphase spart bei der späteren Umsetzung in der Regel mehr Geld als sie kostet. Details und Bauteilanschlüsse werden im Vorfeld geklärt. Teure Bauverzögerungen, unschöne „Bastellösungen“ sowie Bauschäden werden vermieden. Über mehrere Jahre versetzte Sanierungsschritte können durch eine detaillierte Planung so aufeinander abgestimmt werden, dass die Investitionskosten verträglicher werden, sich die Maßnahmen aber nicht gegenseitig behindern. Selbst bei geringen finanziellen Möglichkeiten lohnt es sich, in die Planung zu investieren, um Kostensicherheit zu erhalten und die wirksamsten Schritte zuerst zu tun.

**BEISPIEL:** Die energetische Ertüchtigung von Bestandsfenstern muss immer Teil eines Gesamtkonzeptes sein. Wenn das Fenster isoliert betrachtet wird, ohne die entstehende Wärmebrücke im Anschluss zur Wand zu lösen, kann es schnell zu Kondensation und Schimmelbildung in der Laibung kommen. Zusätzlich stellt die zu erwartende Luftfeuchtigkeit im Raum, die durch entsprechende Fenster- bzw. mechanische Lüftung geregelt wird, einen entscheidenden Faktor dar. Einige Lösungen für die Behandlung der Fensterlaibung, die in trockenen Räumen funktionieren würden, bergen ein Schadensrisiko bei höherer Luftfeuchtigkeit.

Dabei sollte immer der Grundsatz befolgt werden, zuerst so viel wie möglich Energie zu sparen und den verbleibenden Bedarf mit erneuerbaren Energien abzudecken.

## LOHNT SICH EINE ENERGETISCHE SANIERUNG?

Der richtige Zeitpunkt für eine energetische Sanierung ist schwer zu bestimmen. Wenn jedoch ohnehin Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen (z.B. Neueindeckung des Daches) oder eine Nutzungsänderung ansteht (z.B. Ausbau des Wirtschaftsteils zu Wohnzwecken), dann sollte die Chance für eine nachhaltige Sanierung genutzt werden. Alle Maßnahmen sollten dabei auch hinsichtlich ihrer Folgekosten untersucht werden. Umso schneller eine Lösung ausgetauscht werden muss, umso mehr Kosten entstehen. Dabei erweist sich die Reparatur meist kostengünstiger als ein Komplettaustausch. Bei der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen sollte daher auf ihre Reparatur- und Wartungsfreundlichkeit Wert gelegt werden, um hohe Folgekosten für eine Kompletterneuerung zu sparen aber auch, um materielle Ressourcen zu schonen.

## DER WEG VON DER IDEE ZUM KONZEPT

Eine Sanierung sollte auf jeden Fall gut vorbereitet sein. Bevor es zur Planung kommt, müssen die Voraussetzungen am Gebäude, die eigenen Vorstellungen und die Rahmenbedingungen geklärt werden. Die Zeit und der Aufwand, den man in die Vorbereitungsphase und Konzeptfindung investiert, ersparen spätere Planänderungen und unvorhersehbare Kosten.

### 1. PROJEKTIDEE: INSPIRATION DURCH BEISPIELE

Am Anfang jeden Sanierungsprojektes steht die Initiative eines Bauherrn, meist veranlasst durch den Wunsch zur Veränderung. Dabei kann die Inspiration durch bereits umgesetzte Beispiele vielfältige Anregungen bieten. Hier hilft der HiBERAtlas ([www.hiberatlas.com](http://www.hiberatlas.com)) weiter, in dem viele Beispiele aus dem Alpenraum dokumentiert sind.

### 2. PARTNER: ENERGETISCH SANIEREN IST TEAMWORK!

Bei der Vorbereitung, Planung und Durchführung einer

energetischen Sanierung gilt es vielfältige Faktoren zu berücksichtigen, von besonderen technischen Herausforderungen über komplizierte Genehmigungsverfahren bis hin zur Beantragung von Fördermitteln. Der Bauherr kann sich dabei durch die Beauftragung eines Architekten erheblich entlasten. Nur in der Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Planer lässt sich ein ganzheitliches Planungskonzept umsetzen. Im Laufe der Planung werden, abhängig von der Zielsetzung und dem bestehenden Gebäude, weitere Experten einbezogen. Wenn es sich bei dem Gebäude um ein Denkmal handelt, sollte frühzeitig zu den zuständigen Behörden Kontakt aufgenommen werden.

Die Gemeinden bieten oft Beratungsangebote für Bauherren, die eine Sanierung planen.  
Ti – notranja temperatura

3. RAHMENBEDINGUNGEN: MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN

Mit Beginn der Planung sollten sich Bauherr und Architekt über bestehende Rahmenbedingungen verständigen:

- Welche Verordnungen müssen bei der anstehenden Sanierung beachtet werden? (Bauordnung, Energieeinsparverordnung/ Denkmalschutz/ Landschaftsschutz)
- Wie hoch ist das zur Verfügung stehende Budget?
- Welche Fördermöglichkeiten können eventuell in Anspruch genommen werden?
- Welche erneuerbaren Energieträger stehen zur Verfügung?

### 4. ANALYSE: DAS GEBÄUDE KENNENLERNEN

Grundlage jeder Planung an historischen Gebäuden ist die Bestandserfassung und -dokumentation. Folgende Informationen sollten erhoben werden:

- Allgemeine Gebäudeinformationen,
- Dokumentation der Gebäudestruktur und Bauteile (Vermessung, Plangrundlagen, konstruktive Details)
- Baugeschichte und kulturgeschichtliche Bedeutung
- Gebäudezustand, Schäden und Umwelteinflüsse

- Konservierungsmöglichkeiten und Beschränkungen
- Bewertung der Gebäudenutzung, Funktionalität
- Bewertung der energetischen Leistung und des bestehenden Raumklimas

Steht das Gebäude unter Denkmalschutz, können die Behörden bei der historischen Einordnung und denkmalpflegerischen Bewertung helfen. Falls es sich nicht um ein Denkmal handelt, kann auch der Vergleich mit anderen Gebäuden der gleichen Typologie aufschlussreich sein. Für die Bewertung des Gebäudezustandes sollten erfahrene Fachleute hinzugezogen werden, gerade wenn es um die Analyse von Schäden geht. Fehlerhafte Einschätzungen führen dazu, dass Schäden nicht ordnungsgemäß behoben werden und umgesetzte Maßnahmen nur von kurzer Dauer sind.

**BEISPIEL:** Feuchtigkeit im Sockelmauerwerk: Wird das Mauerwerk gedämmt, obwohl es eine hohe Mauerfeuchte aufweist, führt dies unweigerlich zu Schäden und Schimmelbefall. Für eine Trockenlegung des Mauerwerks muss man jedoch auch genau die Herkunft der Feuchtigkeit kennen. So wird eine Horizontalsperre zwar aufsteigende Feuchte aus dem Boden verhindern, aber nicht die Kondensation von Luftfeuchte im Innenraum.

## 5. KONZEPT: DIE EIGENEN ZIELE DEFINIEREN

Auf der Grundlage der Kenntnis der Ausgangslage und der eigenen Wünsche, können die Zielvorstellungen für die Sanierung definiert werden, sowie geeignete Maßnahmen, die für die Erreichung dieser Ziele in Frage kommen. Dieses Konzept bildet die Grundlage für eine architektonische Sanierungsplanung.

- Was soll von der Struktur und der Substanz erhalten werden? > Geeignete Reparatur- und Konservierungsmaßnahmen
- Welches Energieniveau und welches Komfortniveau möchte ich erreichen? > Geeignete Lösungen für die energetische Ertüchtigung und die Anlagentechnik
- Welche bauökologischen Aspekte sind mir wichtig? > Geeignete lokale und natürliche Baumaterialien
- Welche funktionalen Anforderungen sollen erfüllt werden? > Geeignete bauliche Maßnahmen
- Wie wichtig ist mir die Unterstützung der lokalen Wirtschaft? Geeignete Handwerksfirmen und Produkte
- Welchen Zeitraum plane ich für meine Sanierung? Entscheidung für eine Gesamtsanierung oder ein schrittweises Vorgehen im Rahmen eines Gesamtkonzeptes



## FENSTER

Dieser Leitfaden soll interessierten Besitzern aber auch Fachplanern die grundlegenden Schritte bei der Sanierung eines historischen Gebäudes verdeutlichen und als Grundlage weiterer Planungsschritte dienen.

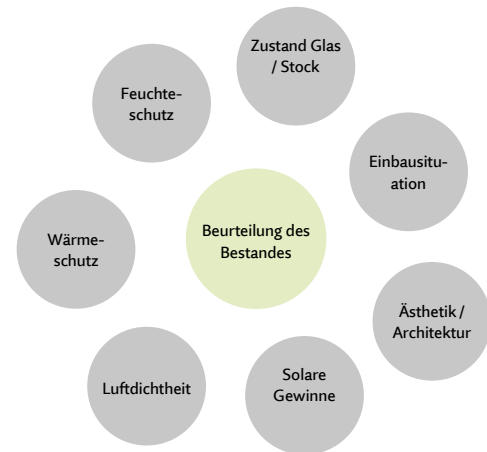
Es werden die wichtigsten Punkte, die bei der Sanierung historischer Fenster zu berücksichtigen sind, zusammengefasst. Interessierte Gebäudeeigentümer erhalten so einen Überblick über die notwendigen Schritte. Architekten, Planern und Energieberatern vermittelt der Leitfaden die grundlegenden technischen Anforderungen und Hinweise zum Umgang mit der historischen Bausubstanz.

Fenster prägen maßgeblich das Erscheinungsbild von Gebäuden. Oft auch als die „Augen des Hauses“ bezeichnet, gliedern sie die Fassade und tragen zum architektonischen Ausdruck bei, indem sie dem Gebäude einen vertikalen und horizontalen Rhythmus geben. Bei einem historischen Gebäude kommt zu diesem ästhetischen Wert noch der Wert eventuell noch erhaltenen Originalmaterials und das Zeugnis des Gestaltungswillens, der Konstruktionsregeln und der Handwerkskunst früherer Epochen hinzu. Fenster sind komplexe Bauteile und erfüllen eine Vielzahl von Aufgaben wie Belichtung, Wärmedämmung, Schallschutz, Belüftung, Sonneneinstrahlung und Sonnenschutz. Entsprechend der unterschiedlichen Anforderungen an das Bauteil bedingt durch Wetter und Gebäudenutzung, haben sich im Laufe der Zeit zur Entwicklung verschiedene charakteristische Fenstertypen entwickelt.

Die Gesetzgebung zur Gebäudeeffizienz hat zu einer Änderung der Anforderungen geführt und damit in den letzten Jahrzehnten zum Austausch vieler traditioneller Fenster. Doch nicht nur aus Gründen des Denkmalschutzes, sondern auch unter dem Aspekt der Ressourceneffizienz sollten Wartung, Reparatur und Nachrüstung bestehender Fenster Priorität haben. Gleichzeitig müssen die Fenster den Ansprüchen an den heutigen Wohnkomfort und Energieeffizienz gerecht werden, daher gilt es zwischen

Erhalt von Substanz und Erscheinungsbild einerseits und Verbesserung der Energieeffizienz andererseits klug abzuwägen. Die Wahl zwischen der behutsamen Reparatur von Rahmen und Glas, der konstruktiven energetischen Optimierung mit unterschiedlichem Grad des Eingriffs in die Substanz oder einem Komplettaustausch mit Nachbildung kann dabei nur für den jeweiligen Einzelfall getroffen werden. Für eine nachhaltige Lösung ist es unumgänglich, thermische und hygrische Aspekte nicht nur zu bedenken, sondern auch entsprechende Nachweisverfahren zu führen, um langfristig Schäden zu vermeiden. Eine unsachgemäße Fenstersanierung kann nicht nur den historischen Wert des Gebäudes zerstören oder mindern sondern führt nicht selten zu Schäden am Bau, wie Wärmebrücken, Kondensation und in der Folge Schimmelbildung.

## 1 BEURTEILUNG DES BESTANDES



Die Beurteilung der Ausgangslage sollte daher vor der Sanierung eines Fensters im historischen Bestand ganzheitlich erfolgen und folgende Aspekte berücksichtigen:

- der technische Zustand des Fensters
- die denkmalpflegerischen und gestalterischen Werte

### 1.1 ERSTE TECHNISCHE EINSCHÄTZUNG DES ZU SANIERENDEN FENSTERS

Um die technische Funktionsfähigkeit eines Fensters zu überprüfen, ist es notwendig, die Konstruktion, die Anforderungen und den Ist-Zustand des Fensters zu kennen und zu verstehen. Das Fenster dient in der Regel in erster Linie als Öffnung in der Gebäudehülle, um Licht und Luft in das Gebäudeinnere einzulassen und einen Blick nach draußen zu ermöglichen. Das Fenster muss nicht nur zu öffnen sein, sondern darüber hinaus auch Schutz vor Kälte, Regen und Wind sowie vor Schall bieten.

#### 1.1.1 GESAMTZUSTAND – ÜBERPRÜFUNG DER STABILITÄT/FUNKTIONALITÄT

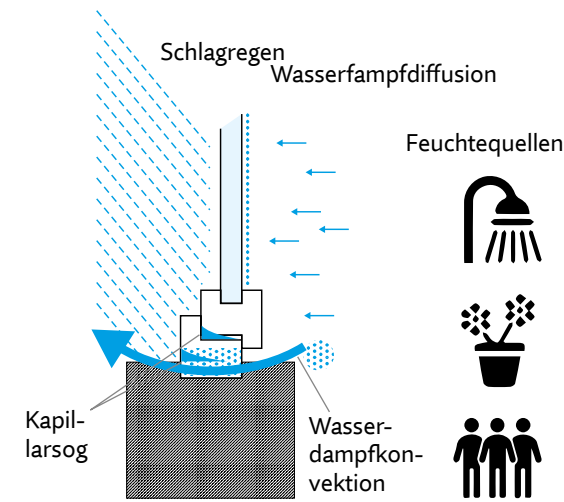
Die Fensterkonstruktion kann durch Bewitterung oder Kondensation, Lebensdauer und mangelnde Wartung beeinträchtigt oder beschädigt werden. Daher sollte der Zustand aller Teile des Fensters (Verglasung, Fensterflügel und -rahmen) hinsichtlich ihrer Stabilität, schadhafter Stellen oder Risse beurteilt werden. Auch der Zustand der Oberflächenbeschichtung und der Kittfasen sollte überprüft werden, ebenso wie die Funktionsfähigkeit aller be-

weglichen Teile des Fensters und der Beschläge. Die Überprüfung sollte über das Fenster selbst hinausgehen: Wie ist der Zustand des Fenster-Wand-Anschlusses, der Laibungen und der Brüstung? Gibt es Schäden, Risse, feuchte Stellen oder Schimmel? Wie ist der Zustand der Fensterbank und der Fensterläden?

#### 1.1.2 FEUCHTESCHUTZ

Ob Regen, aufsteigende Feuchtigkeit oder Feuchtequellen im Inneren des Gebäudes, jegliche Art von Feuchtigkeitsbelastung stellt auf Dauer ein großes Problem für das Gebäude und seine Bauteile dar. Bei Fenstern kann stehendes Wasser auf den Oberflächen des Rahmens oder Wasser, das in die Fensterkonstruktion eindringt, zu dauerhaften Schäden durch Fäulnis und zu Schimmelbildung führen. Fenster sind sowohl von außen als auch von innen der Feuchtigkeit ausgesetzt:

- **Feuchtebelastung aus der Umgebung:** Wassertropfen, angetrieben durch Winddruck und Luftströmung (Schlagregen), können durch offene Fugen und Risse in die Fensterkonstruktion und den Fenster-Wand-Anschluss eindringen. Fenster sollten daher an diesen Punkten gründlich auf Schädigungen untersucht werden. Ist die Fensterkonstruktion, die Beschichtung und die Glasleiste (Leinölkitt) intakt? Wie sind die Fugen beschaffen? Ist ein ausreichender konstruktiver oder baulicher Schlagregenschutz vorhanden? Das Wasser muss durch konstruktive Maßnahmen definiert aus dem Bauteil abgeleitet werden, um einen ausreichenden Wasserabfluss zu gewährleisten. Zum Schutz vor Schlagregen sollten Fugen durch konstruktive oder bauliche Maßnahmen wie Tropfkanten, zusätzliche Abweisprofile (Wetterschenkel), Anschlussbleche, tiefe Einbaulage in der Wand oder durch geeignete Abdichtungssysteme schlagregendicht gemacht werden. Über Kapillarfugen kann Wasser zudem auch ohne Winddruck in die Konstruktion eindringen. - Deshalb sollte bei der Sichtung auch auf solch schmale Fugen zwischen zwei Bauteilen genau geachtet werden.



#### Feuchtebelastung:

- Von außen (Schlagregen, Kapillarsog)
- Von innen (Feuchtetransport: Diffusion + Konvektion)

#### • Feuchtebelastung durch Feuchtetransport von innen nach außen:

Zusätzlich zu den offensichtlichen Feuchtebelastungen aus der Umgebung treten Feuchtetransportmechanismen (Wasserdampfkonzuktion und Wasserdampfdiffusion) aufgrund unterschiedlicher Temperaturen und relativer Luftfeuchten zwischen innen und außen auf. Die Wasserdampfkonzuktion wird durch die Luftströmung von der warmen zur kalten Seite mit Kondensation an kühleren Oberflächen über nicht abgedichtete oder schadhafte Fugen verursacht. Durch diese Luftströmung können große Mengen Wasser in die Konstruktion gelangen. Wasserdampfdiffusion tritt in vielen Materialien bei Unterschieden im Wasserdampfdruck zwischen innen und außen auf. Der Wasserdampfdruck ist dabei abhängig von der Temperatur und der relativen Luftfeuchte. Diffusionsvorgänge sind wesentlich langsamer als Konvektionsvorgänge und die transportierten Feuchtigkeitsmengen sind wesentlich geringer. Trotzdem besteht die Gefahr, dass sie zu einer langfristigen Erhöhung der Materialfeuchte führen.



#### 1.1.3 WÄRMESCHUTZ

In historischen Gebäuden stellt das Fenster oft eine Schwachstelle mit unzureichendem Wärmeschutz dar. Aufgrund der hohen Wärmever-

luste durch die Fensterkonstruktion sind die Innenflächen von Verglasung und Rahmen sowie die angrenzenden Laibungen oder Brüstungen deutlich kälter als die Raumtemperatur. Durch diese Temperaturunterschiede wird das Raumklima als unbehaglich empfunden. Bei zusätzlichen hohen Feuchtigkeitsbelastungen im Innenraum (hohe relative Luftfeuchte), kondensiert die Feuchtigkeit an den kalten Oberflächen, insbesondere an der Verglasung oder in der Fensterlaibung, bzw. führt zu hohen relativen Feuchten und kann so eine Schimmelbildung verursachen. Der Wärmedurchgangskoeffizient, U-Wert, drückt aus, wie viel Wärme durch das Fenster verloren geht. Bei einem Fenster, als inhomogenes Bauteil, hängt der U-Wert vom Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile und deren Anteil an der Gesamtfläche ab. Für die Entwicklung individueller Sanierungslösungen ist es daher entscheidend, diese Komponenten im Detail zu betrachten - vom Rahmen über die Glasflächen bis hin zu den Sprossen - um zu verstehen, wo die Lösung ansetzen kann und um den Einfluss der Maßnahme auf die Gesamtenergieeffizienz des Fensters zu quantifizieren. Bei historischen Fenstern mit zwei Fensterebenen, wie Verbund- und Kastenfenstern, werden bei der U-Wert-Berechnung beide Fensterebenen und der Zwischenraum berücksichtigt. Da es den größten Teil des Fensters ausmacht, wird die Gesamtleistung stark von der Effizienz der Verglasung beeinflusst. Besonderes Augenmerk muss in diesem Zusammenhang auf die Wärmebrücke des Fenster-Wand-Anschlusses gelegt werden. Diese Wärmebrücken an der angrenzenden Laibung oder der Brüstung können mit Hilfe einer Wärmebildkamera ermittelt werden.

Um Energieverluste und Bauschäden zu reduzieren, sollten die Fenster möglichst luftdicht und schlagregendicht sein, Kondenswasserbildung vermieden und auftretende Feuchtigkeit sicher abgeleitet werden.



### 1.1.4 LUFTDICHTHEIT VON FENSTERN

Während die Luftdichtheit heutiger Fenster sehr hoch ist, sind historische Fensterkonstruktionen oft undicht. Eine erhöhte Luftdichtheit des Fensters ist jedoch aus mehreren Gründen notwendig: Sie verhindert, dass feuchtwarme Luft in die Konstruktion eindringt, dort kondensiert und zu Feuchteschäden führt.

Bei der Entwicklung einer Sanierungsmaßnahme für Fenster ist es entscheidend, nicht nur die thermische Leistung des Fensters selbst, sondern auch den Anschluss Fenster-Wand und die Energiebilanz des gesamten Gebäudes zu berücksichtigen - um die Wärmeverluste zu optimieren und vor allem ausreichende innere Oberflächentemperaturen zur Vermeidung von Tauwasser- und Schimmelbildung sicherzustellen.

tungswärmeverluste vermieden werden. Und schließlich wirkt sie sich positiv auf die Behaglichkeit aus, indem sie Zuglufterscheinungen verhindert. Um Energieverluste und Bauschäden zu reduzieren, sollten die Fenster also durch den raumseitigen Einbau von umlaufenden Dichtungen im Anschluss an die Wand und am Fenster selbst möglichst luftdicht sein.

Neue abgedichtete Fenster erfordern jedoch ein angepasstes Lüftungsverhalten. Um die Raumluftqualität zu gewährleisten und die Raumluftfeuchte zu regulieren, ist ein Mindestluftwechsel erforderlich. Was bisher eventuell durch die Fugen undichter Fenster gewährleistet wurde muss nach einer Sanierung durch natürliche Fensterlüftung oder (kontrollierte nutzerunabhängige) mechanische Lüftung erreicht werden. Bei natürlicher Lüftung wird empfohlen, die Räume alle zwei bis drei Stunden für fünf bis zehn Minuten zu lüften (möglichst gegenüberliegende Fenster öffnen), insbesondere unmittelbar nach Perioden mit hoher Luftfeuchtigkeit, wie z. B. nach dem Duschen oder Kochen.

Gleichzeitig ist die Verbesserung der Luftdichtheit wesentlich für die Energieeinsparung, indem unerwünschte Lüf-

Die nachfolgende Tabelle fasst die unterschiedlichen Faktoren zur technischen Beurteilung eines Fensters zusammen:

FEHLERANZEICHEN	ABKLÄRUNG DURCH
<b>Gesamtzustand – Überprüfung der technischen Funktion</b> Defekte Teile der Verglasung, Risse/Brüche in der Holzkonstruktionen, , beschädigte Beschichtung oder Kittfuge, nicht gangbare Fensterflügel oder Beschläge	Handwerker, Architekt > Begutachtung, Fensterliste
<b>Feuchteschutz</b> Abblättrende Beschichtung, morsche Teile der Holzkonstruktion, Wasserspuren auf Oberflächen, Schimmelbildung in den Laibungen	Bauphysiker, Architekt > Begutachtung, Feuchtemessung
<b>Wärmeschutz</b> Hoher Energiebedarf, kalte Verglasungsflächen, Schimmel	Bauphysiker, Architekt > Infrarot Thermografie
<b>Luftdichtheit</b> Zugluft, Luftinfiltration, nicht gut schließende Fensterflügel	Luftdichtheitsprüfung, Infrarot Thermografie, „Kerzenlicht“- oder „Papier“-Test

### 1.2 HISTORISCHE WERTE EINES FENSTERS

Die vier im Alpenraum am häufigsten vorkommenden historischen Fenstertypen sind Einzelfenster, Verbundfenster, Kastenfenster und das Winterfenster als Variante. Allen gemeinsam ist eine schlanke und filigrane Konstruktion. Das Konstruktionsprinzip unterscheidet sich in der Anzahl der Fensterebenen und in der Art und Weise, wie diese Ebenen miteinander verbunden sind. Die Sprossen aus Holz oder Blei waren nicht nur ein gestalterisches Element, sondern erfüllten auch einen konstruktiven Zweck.

Historische Fenster benötigen eine Sanierungsplanung, die die historischen, ästhetischen und materiellen Werte sowie den Erhaltungszustand berücksichtigt. Denkmalpflegerische Aspekte müssen ebenso wie die thermische Leistung und das Bedürfnis nach Komfort für die Nutzer berücksichtigt werden.



Einfachfenster	Verbundfenster	Kastenfenster	Vorfenster
...besteht aus einer Fensterebene mit Einfachverglasung und kann, wie alle anderen Fenstertypen auch, einen oder mehrere Flügel haben.	...besteht aus zwei hintereinander liegenden Fensterebenen, die direkt miteinander verbunden sind, aber zu Reinigungszwecken geöffnet werden können.	...hat zwei Fensterebenen, die durch einen breiten Holzrahmen (Kasten) verbunden sind. Der doppelte Aufbau spiegelt sich in der Ansicht wieder.	...sind eine Variante der Kastenfenster: Im Winter wird eine zusätzliche Fensterebene auf der Außenseite angebracht. Sie kann im Sommer durch einen Fensterladen ersetzt werden.
Uw-Wert alt: 4,8 W/m²K	Uw-Wert alt: 2,6 W/m²K	Uw-Wert alt: 2,4 W/m²K	Uw-Wert alt: 2,4 W/m²K

Bevor mit der Ertüchtigung bestehender Fenster begonnen wird, muss in enger Zusammenarbeit mit dem Restaurator oder Architekten ein ganzheitliches Konzept für die gesamte Gebäudefassade erarbeitet werden. Dieses Gesamtkonzept basiert auf einer detaillierten Erfassung und Bewertung jedes einzelnen Fensters im Rahmen einer Ortsbegehung, bei der Fenstertypologie, Erhaltungszustand, Konstruktion, Materialien, Einbau, umlaufende Rahmungen (Profilsteinrahmen etc.), Fensterteilung, Verglasung, Holzverbindun-



Die Holzkonstruktion von historischen Fenstern ist schlank und filigran, während die Optik neuer Fensterrahmen typischerweise breiter ist. Traditionelle mundgeblasene historische Verglasungen haben eine andere Reflexion und Spiegelung als die modernen Verglasungen.

gen, Beschläge und Zusatzausstattung wie Fensterläden etc. beschrieben werden. Aus dem Fassadenkonzept geht hervor, welche (Teile der) Fenster und Zusatzausstattungen erhalten und repariert werden können und welche Teile ausgetauscht werden müssen. Das Konzept soll auch Auskunft darüber geben, in welcher Ebene der Wand die Bestandsfenster positioniert sind, und wo evtl. neue Fenster oder eine zusätzliche Fensterebene eingeplant werden müssen. Auch die Behandlung der Rahmungen, wie Laibungen und profilierte Steinrahmen sollte Beachtung finden.

Das Erscheinungsbild der historischen Fenster wird im Wesentlichen von drei Aspekten geprägt: (i) das Verhältnis von

Glasfläche zu Sprossen und Fensterrahmen (ii) das optische Erscheinungsbild (Farbe, Spiegelung) der Verglasung (iii) die Profilierung der Holzrahmen. Ursprünglich waren die Holzrahmen, Kämpfer und Sprossen vergleichsweise schlank ausgebildet, oft auch profiliert. Neue Rahmen wurden an das höhere Gewicht der Isolierverglasungen angepasst und fallen daher viel breiter aus. Aber auch die Spiegelungseffekte sind bei modernen Isolierverglasungen gegenüber den historischen mundgeblasenen und gewalzten Scheiben verändert, verursacht durch:

- konvexe oder konkave Verformung der Glasscheibe durch Ausdehnung und Kontraktion des Gases zwischen den beiden Glasschichten
- unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit von flachen modernen Floatverglasungen im Vergleich zu traditionellen mundgeblasenen historischen Verglasungen und
- gleichmäßigere Reflexion, wenn die Sprossen nicht mehr glasteilend sind (und damit keine unterschiedlichen Glasneigungen verursachen).

Die Veränderung eines Fensters hat damit Auswirkungen auf das Gesamterscheinungsbild der Fassade und in der Folge ganzer Straßenzüge. Um den ästhetischen Wert und die Handwerkskunst zu erhalten, sollte jede Ertüchtigungsmaßnahme deshalb die vorhandene historische Substanz so wenig wie möglich verändern. Es gilt genau abzuwägen zwischen den verschiedenen Lösungsmöglichkeiten mit Auswirkungen auf das innere und äußere Erscheinungsbild oder dem Hinzufügen neuer und dem Austausch vorhandener Bauteile. Für jede Fensterkonstruktion kann nur individuell entschieden werden, welches die beste Sanierungslösung ist.

## 2 DER SANIERUNGSPROZESS



### 2.1 ENERGETISCHE SANIERUNG DES FENSTERS

Für die Verbesserung der Energieeffizienz eines Fensters müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Um die Luftdichtheit zu verbessern, kann eine umlaufende Dichtung am Fenster-Wand-Anschluss und am Fenster selbst eingefügt werden. Der Ersatz von Einfachverglasungen durch effizientere Mehrfachverglasungen führt zu einem besseren Wärmeschutz. Abhängig von der Fenstertypologie kann auch eine zusätzliche Fensterebene hinzugefügt oder eine der vorhandenen Ebenen oder Fensterflügel ersetzt werden. Welche Teile des Fensters dabei ersetzt werden können, die Position einer zusätzlichen Fensterebene und damit, ob die Maßnahme einen Einfluss auf das innere oder äußere Erscheinungsbild hat, hängt dabei von der denkmalpflegerischen Bewertung ab. Ist eine Ertüchtigung der historischen Fensterkonstruktion aufgrund größerer Schäden nicht möglich oder bestehen aus denkmalpflegerischer Sicht keine Anforderungen, kann auch der Austausch der gesamten Fensterkonstruktion gegen ein neues energieeffizientes Fenster in Betracht gezogen werden.

Historische Kastenfenster haben einen  $U_w$ -Wert von ca.  $2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , Verbundfenster ca.  $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , Fenster mit früher Isolierverglasung haben einen  $U_w$ -Wert von ca.  $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Die Tabelle zeigt, dass durch den Einbau einer zweiten Fensterebene der Wärmedurchgangskoeffizient deutlich verbessert werden kann und dass mit dem Einbau einer Mehrfachverglasung (in einer der Fensterebenen) ein  $U_w$ -Wert erreicht werden kann, der nahe an dem von heute üblichen neuen Fenstern liegt.

Im Folgenden werden mögliche Sanierungsmaßnahmen zur energetischen Verbesserung des Fensters vorgestellt, gegliedert nach ihrer Invasivität von kleinen Eingriffen bis hin zu tiefgreifenden Eingriffen in die Substanz und das Erscheinungsbild des Bauteils. In den Schemazeichnungen wird das Hinzufügen (orange) und der Austausch (grün) von Bauteilen farblich unterschieden. Die Lösungsansätze beziehen sich auf die weiter vorn genannten vier im Alpenraum am häufigsten vorkommenden historischen Fenstertypologien: Einzel-, Verbund-, Kasten- und Winterfenster, denn nicht jede Sanierungslösung ist auf jede Typologie anwendbar.



**TYPISCHE U-WERTE VERSCHIEDENER FENSTERTYPOLOGIEN UND SANIERUNGSLÖSUNGEN**

	Einfachfenster			Verbundfenster	Kastenfenster (Abstand 150 mm)			
	Einfachglas	Zusätzliche Vorsatzscheibe (beschichtet)	Sonderisolierverglasung		Einfachglas (beide Ebenen)	Einfachglas (beide Ebenen)	Zusätzliche Vorsatzscheibe (beschichtet)	Isolierverglasung (innere Ebene)
Vergleich der Lösungen								
Stärke der Verglasung [mm]	3	3-15air-4	3-4kry-3	3-30air-4	3;4	3;4	3;4-12-4	3;4-12-4-12-4
U <sub>g</sub> -Wert [W/(m²K)]	5,7	2,1	1,9	2,8	2,8	2,2	1,1	0,7
U <sub>w</sub> -Wert [W/(m²K)]	4,8	2,1	2,2	2,6	2,4	1,9	1,3	1,1

U-Werte verschiedener Fenstertypologien und Sanierungslösungen. Quelle: Holzfenster im Baudenkmal, Arbeitshefte der VDL, 2017

**2.1.1 GERINGE AUSWIRKUNG AUF DAS ERSCHEINUNGSBILD**

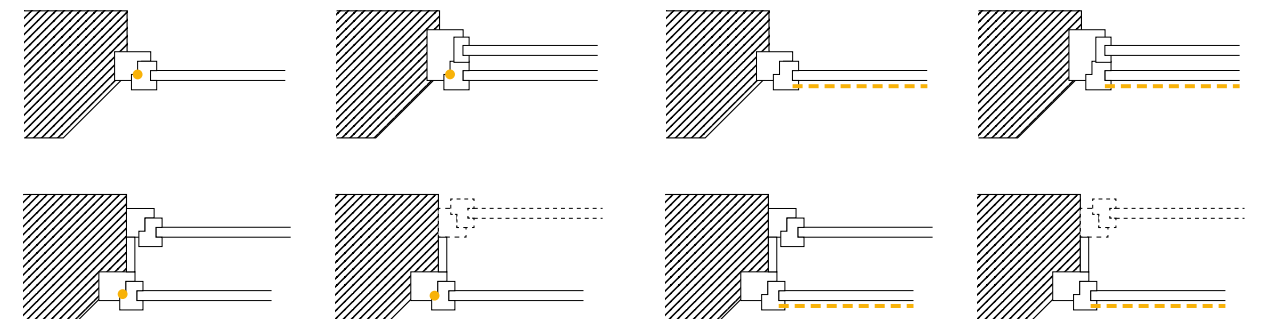
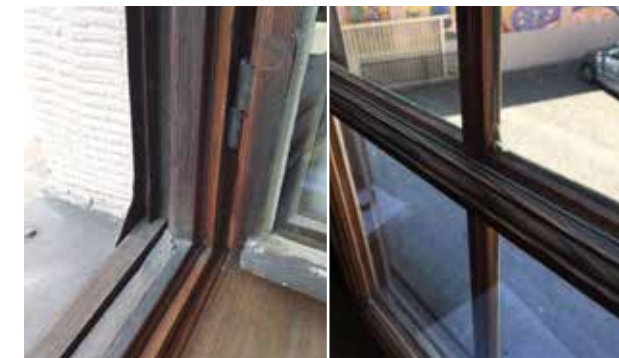
**Instandsetzung und Reparatur der Fenster**

Nach der Beurteilung des Zustandes des historischen Fensters und als Grundlage für alle weiteren Maßnahmen müssen die erhaltenen Teile des Fensters instandgesetzt werden, um ihre Funktionsfähigkeit und Haltbarkeit zu gewährleisten. Die Instandsetzung und Reparatur umfasst das Ausbessern kleinerer Fehlstellen und das Ersetzen größerer schadhafter Stellen im Holz, sowie den Austausch oder die Reparatur beschädigter Gläser, die Erneuerung des Schutzanstrichs und gegebenenfalls das Erneuern von spröde und rissig gewordenen Kittfasen, sowie das Gangbarmachen und Justieren der Beschläge. Diese Sanierungsmaßnahme beschränkt sich auf Maßnahmen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit und greift nicht in die Fensterkonstruktion ein. Die bauphysikalischen bzw. thermischen Eigenschaften werden dadurch nicht verbessert.



**Einfügen eines Dichtungsbandes**

Undichtigkeiten an Fenstern können sowohl innerhalb der Fensterkonstruktion als auch am Fenster-/Wandanschluss bestehen. Der ordnungsgemäße Wandanschluss ist immer zuerst sicherzustellen. Bei der Abdichtung von Fenstern wird zwischen Einkleben und Einfräsen der Dichtung unterschieden. Beim Einfräsen werden ein oder mehrere Schlitz in den Fensterrahmen zwischen Stock- und Flügelrahmen eingefräst und Dichtungsbänder eingesetzt. Um eine funktionierende Dichtung zu gewährleisten, empfiehlt sich der Einsatz einer hochwertigen Dichtung, insbesondere wenn der Rahmen leicht verzogen ist. Diese Maßnahme verbessert zwar nicht den U-Wert der Konstruktion, reduziert aber Wärmeverluste durch Konvektion und unterdrückt Zuglufterscheinungen, was sich positiv auf die Behaglichkeit im Raum auswirkt. In vielen Fällen lässt sich diese Lösung gut in die historische Fensterkonstruktion integrieren, greift nur minimal in die Substanz ein und verändert das Erscheinungsbild kaum. Diese Maßnahme kann bei allen vier genannten Fenstertypologien angewendet werden.



**Aufbringen von Folien auf das Glas**

Folien werden eingesetzt, um historische Verglasungen hinsichtlich der Anforderungen an die Bruchsicherheit aufzuwerten. Durch den Einsatz von Isolier- oder Wärmeschutzfolien können gleichzeitig die thermischen Eigenschaften verbessert werden. Je nach Folie kann jedoch das Erscheinungsbild des Fensters in Bezug auf Farbgebung oder Transparenz verändert werden.

## 2.1.2 AUSWIRKUNG AUF DAS INNERE HISTORISCHE ERSCHEINUNGSBILD

### Austausch der inneren Verglasung (durch Vakuum-/Isolierverglasung)

Diese Methode ist bei Konstruktionen mit mehreren Fensterebenen, wie Verbund- oder Kastenfenstern, anwendbar. Dabei bleibt die historische Fensterkonstruktion und die Verglasung der äußeren Fensterflügel erhalten und wird restauriert, während die innere Verglasung durch Isolier-, Wärmeschutz- oder Vakuumverglasung ersetzt wird. Bei Bedarf ermöglicht dies, defektes historisches Glas auf der Außenseite mit Glas von der Innenseite zu ersetzen. Aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht ist es vorteilhaft, bei der inneren Verglasung auf Sprossen zu verzichten, jedoch nur wenn denkmalpflegerische Interessen nicht dagegensprechen. Da Isolierverglasungen einen größeren Querschnitt als Einfachverglasungen besitzen, muss in der Regel der Falz vergrößert und der innere Rahmen an der Außenseite durch eine zusätzliche Holzleiste aufgedoppelt werden. Gleichzeitig wird an der inneren Fensterebene ein Dichtungsband eingefügt. Mit dieser Lösung kann der Wärmedurchgangskoeffizient des Glases (Ug-Wert) deutlich verbessert werden, während das äußere historische Erscheinungsbild erhalten bleibt. Es muss sichergestellt sein, dass die vorhandenen Beschläge das zusätzliche Gewicht der neuen Verglasung tragen können.

### Hinzufügen einer zusätzlichen Glasebene auf der Innenseite der Außenwand

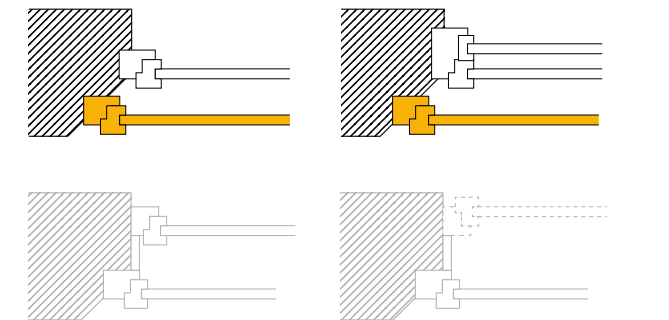
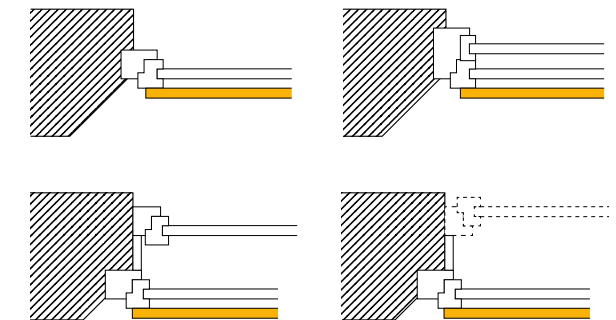
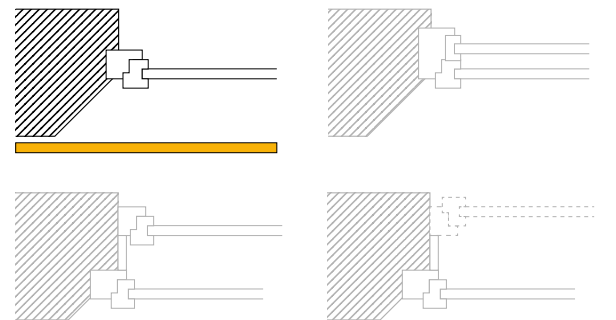
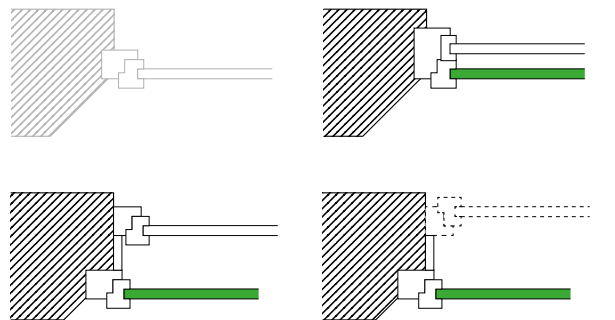
Diese Lösung ist für Einfachfenster geeignet. Auf der Innenseite der Außenwände wird eine neue raumhohe Glasebene angebracht, die sowohl die Wände als auch die Fenster bedeckt und von außen kaum sichtbar ist. Die Lösung hat einen erheblichen Einfluss auf den U-Wert der Fenster und auf die Behaglichkeit. Eine Variante dieser Lösung ist es, unbeheizte oder weniger beheizte Räume mit historischen Fenstern (wie etwa ein Treppenhaus) mit einer zusätzlichen Glasebene abzutrennen.

### Hinzufügen einer Vorverglasung auf der Innenseite

Bei dieser Lösung wird die vorhandene Verglasung nicht ersetzt, sondern eine weitere Ebene mit Isolier-, Wärmeschutz- oder Vakuumverglasung auf der Innenseite des bestehenden Fensterflügels angebracht. Die wärmetechnischen Eigenschaften werden so durch die zusätzliche Verglasung und geringfügig durch die zwischen den beiden Glasscheiben entstehende Luftschicht verbessert, die äußere historische Verglasung bleibt erhalten. Durch das Hinzufügen von Scheiben entsteht zusätzliches Gewicht, so dass zunächst die Tragfähigkeit der vorhandenen Beschläge geprüft werden muss. Optisch und konstruktiv ist die Verwendung von möglichst dünnem und damit leichtem Glas auf der Innenseite des bestehenden Rahmens der historischen Fensterkonstruktion zu bevorzugen. Um die Innenseite der Außenscheibe reinigen zu können, muss die zusätzliche Fensterkonstruktion geöffnet werden können. Mit dieser Lösung wird aus einem bestehenden Einfachfenster also eine Art Verbundfenster. Für diese zusätzlichen Glasschichten gibt es industriell vorgefertigte Lösungen.

### Hinzufügen einer weiteren Fensterebene auf der Innenseite

Diese Lösung ist lediglich bei Konstruktionen mit einer Fensterebene, wie Einfach- oder Verbundfenster, anwendbar. Hinter der historischen Fensterkonstruktion wird eine weitere Fensterebene eingebaut, bestehend aus einer energieeffizienten Doppel- oder Dreifachverglasung. Das Einfachfenster wird so zu einer Art Kastenfenster erweitert, wobei die Fensterebenen nicht zwangsläufig miteinander verbunden sein müssen. Für die Anwendung dieser Sanierungsmethode sprechen insbesondere die gut herzustellende Luftdichtheit, die Vermeidung feuchteschutztechnischer Komplikationen bei fachgerechter Montage sowie die Möglichkeit die Wärmebrücke am Fenster-Wand-Anschluss zu verbessern. Die äußere, historische Fensterebene bleibt unterdessen nahezu unberührt und kann so erhalten werden.



### Austausch der inneren Fensterflügel oder der inneren Fensterebene

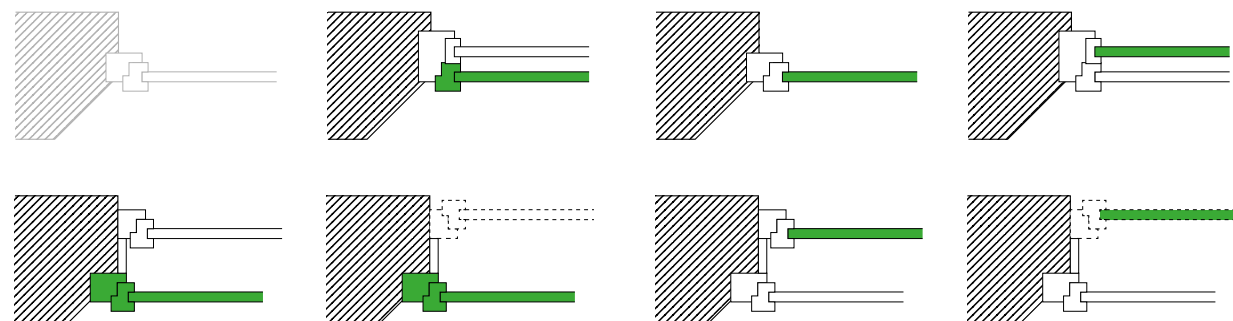
Diese Methode wird hauptsächlich bei Kastenfenstern, in seltenen Fällen auch bei Verbundfenstern angewendet. Die historische innere Fensterebene wird vollständig durch eine neue energieeffiziente Fensterkonstruktion ersetzt. Im Falle des Kastenfensters kann mit dieser Lösung die Wärmebrücke des Fenster-Wand-Anschlusses durch eine zusätzliche Dämmschicht in der Fensterlaibung verbessert werden.



### 2.1.3 AUSWIRKUNG AUF DAS ÄUSSERE HISTORISCHE ERSCHEINUNGSBILD

#### Austausch der äußeren Verglasung (durch Vakuum-/Isolierverglasung)

Der Austausch der äußeren Verglasung wird in der Regel nur in seltenen Fällen in Betracht gezogen, wenn z. B. die historische Verglasung beschädigt ist oder beispielsweise bestehende Normen den Einsatz von Sicherheitsglas vorschreiben. Auch bei Einfachfenstern ist der Austausch der Verglasung ein möglicher Eingriff, um die Energieeffizienz erheblich zu verbessern. Nach Entfernen des Fensterkitts/Glasleiste wird eine neue Isolier- oder Vakuumverglasung eingesetzt. Bei der Auswahl des neuen Glases muss darauf geachtet werden, dass es sowohl den optischen als auch den konstruktiven Ansprüchen entspricht. Bestehende Rahmen, Sprossen, Kämpfer und Oberlichter sollten erhalten bleiben und instandgesetzt werden. Im Fall des Verbundfensters ist auch der Einbau einer Dreifachverglasung anstelle der beiden Einzelverglasungen möglich, die beiden Fensterflügel werden in diesem Fall dauerhaft miteinander verbunden.

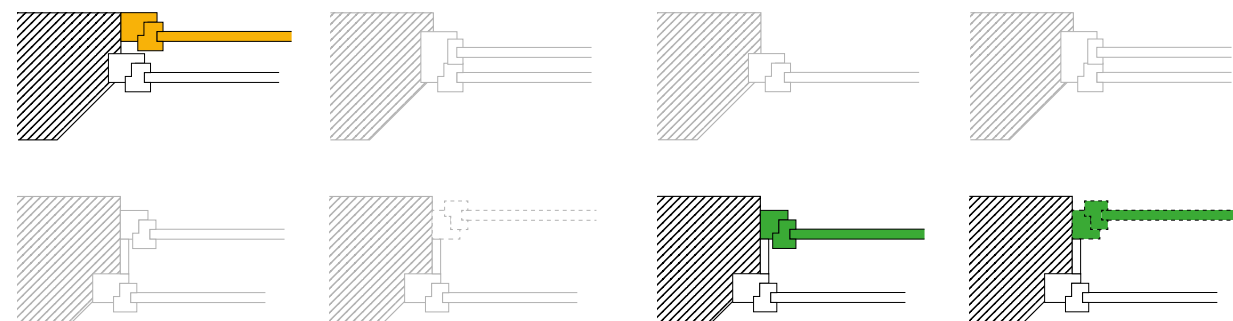


#### Ergänzen einer neuen Fensterebene auf der Außenseite

Das Hinzufügen einer neuen Fensterebene auf der Außenseite stellt eher eine Ausnahme dar und wird vor allem dann angewandt, wenn die Erhaltung des inneren Erscheinungsbildes wichtiger ist als das der äußeren Fassade. Besonderes Augenmerk muss hier auf die Berücksichtigung der bauphysikalischen Anforderungen gelegt werden.

#### Austausch der äußeren Fensterflügel oder der äußeren Fensterebene

Der Ersatz der äußeren, historischen Fensterebene durch eine neue Konstruktion ist nur in Einzelfällen zu empfehlen. Abgesehen davon, dass dies einen erheblichen Eingriff in die Substanz darstellt, kann bei sensibler Planung die Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes minimiert werden.



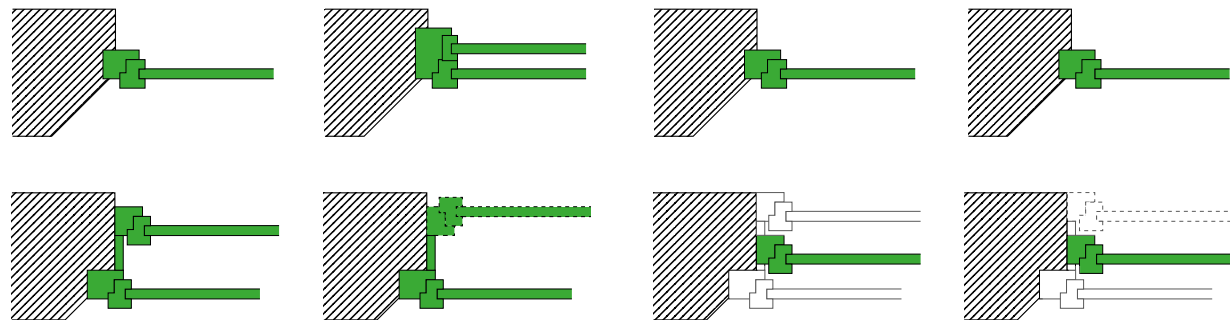
#### 2.1.4 AUSWIRKUNG AUF DAS GESAMTE FENSTER

##### Austausch der Fensterkonstruktion mit Orientierung am historischen Bestand

Ist die Instandsetzung der historischen Fensterkonstruktion aufgrund größerer Schäden nicht möglich, nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand realisierbar oder bestehen von denkmalpflegerischer Seite keine Anforderungen an deren Erhalt, kann auch der Austausch der gesamten Fensterkonstruktion in Betracht gezogen werden. Das neue Fenster sollte sich dabei am historischen Vorbild orientieren und diesem in seiner materiellen, konstruktiven und ästhetischen Qualität möglichst entsprechen. Die Proportionen, Ansichtsbreiten von Rahmen und Flügeln, die Anzahl und Form der Oberlichter, Sprossen und Kämpfer sowie das Material, die Oberflächenbehandlung und andere gestalterische Eigenschaften müssen bei der Gestaltung des neuen Fensters berücksichtigt werden. Durch den Einsatz energieeffizienter Verglasungen und ggf. einer energieeffizienteren Bauweise des Rahmens können die Wärmeverluste deutlich reduziert werden, so dass das neue Fenster dem heutigen Standard entspricht.

##### Austausch der Fensterkonstruktion

Vorhandene Fenster können durch neue, meist industriell gefertigte Fenster ersetzt werden. Dies sollte aber nur dann der Fall sein, wenn die bestehende Fensterkonstruktion keinen Erhaltungswert besitzt und nicht mehr repariert werden kann. Die neuen Fenster können in ihrer Gestaltung erheblich von historischen Vorbildern abweichen, sollten sich aber trotzdem durch einen hohen Gestaltungsanspruch auszeichnen. Die neuen Fenster sind in der Regel deutlich energieeffizienter und haben typischerweise einen um 70–80% verbesserten U-Wert, was den Austausch auch unter dem Gesichtspunkt der Ressourceneffizienz mitunter rechtfertigt.



### 3 PLANUNGSHINWEISE

#### 3.1 BAUPHYSIKALISCHE ASPEKTE DER FENSTERSANIERUNG - PLANUNGSHINWEISE

Alle Maßnahmen am Fenster müssen darauf abzielen, die bauphysikalischen Eigenschaften zu verbessern, d.h. einerseits die wärmetechnischen Eigenschaften und die Luftdichtheit zu verbessern, andererseits aber auch die Gefahr von Tauwasserbildung und Schimmelpilzbildung am Fenster selbst und an der angrenzenden Wandkonstruktion zu minimieren.

Wie bereits erwähnt, stellt das Fenster in historischen Gebäuden in der Regel eine thermische Schwachstelle dar, die im Winter - je nach Außentemperatur und Feuchteaufkommen im Innenraum - regelmäßig zu Tauwasserbildung an der Innenseite der Fensterscheibe führt. Daher verfügen historische Fenster oft sogar über Vorrichtungen zum Auffangen und Ableiten von Kondenswasser, wie z. B. Rinnen oder Schubladen unterhalb der Fensterkonstruktion.

#### 3.2 LUFTDICHTHEIT UND KONDENSATRISIKO

Werden bei einer Fenstersanierung besser isolierende Glasscheiben eingesetzt, sinken nicht nur die Wärmeverluste, sondern fällt auch - durch die höheren Oberflächentemperaturen am Glas - kein oder deutlich weniger Kondensat aus. Zusätzlich erhöhen die wärmeren Oberflächen die Behaglichkeit in den Räumen, indem sie Zugscheinungen (die kalte Luft „fällt“ nicht am Fenster herab) verhindern. Ebenso wirkt sich die Verbesserung der Luftdichtheit durch den Einbau von Dichtungen am Fenster selbst und im Anschluss an die Wand positiv auf die Verringerung der Lüftungswärmeverluste und damit auf die Energiebilanz aus, verhindert Schäden an der Konstruktion und verbessert den Raumkomfort durch die Vermeidung von unerwünschten Infiltrationen.

In einem modernen Haushalt fällt jedoch in der Regel viel mehr Feuchtigkeit an, als dies bei traditioneller Nutzung der Fall war (vermehrtes Duschen, mehr Wäschetrocknung etc.). In Anbetracht des beschriebenen reduzierten Luftaustauschs durch dichtere Fenster ist es daher wichtig, im Zusammenhang mit der Fenstersanierung auf Wärmebrücken im Bereich des Fensteranschlusses zu achten.

Der Anschluss des Fensters an die Wand muss ebenfalls fachgerecht luftdicht ausgeführt werden, was oft unter-

schätzt wird. Ansonsten kann es durch das Einströmen von Raumluft durch die Fuge in die Konstruktion zur Tauwasserbildung im Bauteil kommen.

Im speziellen Fall der mehrschichtigen Fenster, wie Verbund-, Kasten- oder Winterfenster, und bei allen Lösungen mit einer zusätzlichen neuen energieeffizienten Fensterebene auf der Innenseite, muss das Feuchteverhalten im Scheibenzwischenraum beachtet werden. Hier ist es wichtig, die luftdichte Ebene (umlaufende Dichtung) an der inneren Fensterebene anzuordnen, um zu vermeiden, dass warme Raumluft in den Zwischenraum strömt und an den kälteren Außenscheiben kondensiert.

#### 3.3 WÄRMEBRÜCKEN IM BEREICH DES FENSTERS

Eine Wärmebrücke ist ein Bereich, der im Vergleich zur umgebenden Fläche einen deutlich höheren Wärmestrom aufweist und somit höhere Wärmeverluste verursachen kann. In der Regel tritt eine Wärmebrücke entweder an Ecken und Kanten von homogenen Bauteilen (geometrisch) oder am Übergang von unterschiedlichen Bauteilen auf. Wärmebrücken am Fenster sind daher unvermeidbar, sowohl am Fenster selbst, z. B. im Bereich des Glas-Rahmen-Anschlusses als auch im Bereich des Fenster-Wand-Anschlusses. Mit dem Einbau von wärmetechnisch besseren Fenstern verschärft sich das Wärmebrückenproblem in der Regel, weil sich die Schwachstellen in der Praxis vom Fenster weg verlagern, das bisher der Bereich mit der geringsten Dämmwirkung war. Im Winter führen niedrige Temperaturen auf der Innenseite der Fensterscheibe zu sichtbarer Kondensation, vor allem im Randbereich - der Nutzer wusste, dass er lüften musste. Diese Indikatorfunktion des Fensters entfällt bei heutigen Konstruktionen, da die schwächsten Stellen in Bezug auf die Wärmedämmung nicht mehr das Fenster sind, sondern meist Wärmebrücken an schwerer einsehbaren Stellen (z.B. Raumecken, Fensterlaibungen, Fensterbänke, Flächen hinter Möbeln).

Beim nachträglichen Einbau eines Fensters muss besonders auf die Wärmebrücke des Fenster-Wand-Anschlusses geachtet werden. Dies gilt für die Anschlussstellen in der Laibung oder im Bereich der Brüstung, insbesondere wenn die Fenstersanierung nicht mit einer Dämmung der Außenwand einhergeht. Um Schimmelbildung an den Anschlussstellen zwischen der ungedämmten Wand und dem sanierten Fenster zu vermeiden, ist es sinnvoll, im Vorfeld Berechnungen zur möglichen Tauwasserbildung durchzu-

führen. Bei den meisten denkmalwürdigen Gebäuden darf keine Außendämmung angebracht werden. Um die Oberflächentemperatur an kritischen Flächen zu erhöhen, kann eine Lösung eine partielle Innendämmung im Laibungs-/Brüstungsbereich sein, z. B. mit einer dünnen Schicht Dämmputz (siehe Abbildung). Es kann auch notwendig sein, weitere Bauteile zu verbessern oder (natürliche) Lüftungsstrategien anzupassen.

- Verbesserte Luftdichtheit von Fenstern und höhere innere Luftfeuchtigkeit in modernen Haushalten führen zu einem höheren Tauwasserrisiko an kalten Oberflächen
- Besser isolierte Fenster könnten das Wärmebrückenproblem in dem Sinne verschärfen, dass Kondensat an weniger sichtbaren Teilen der Konstruktion auftritt
- Wärmebrücken sind nicht nur ein Risiko für Tauwasser, sondern können auch hohe Energieverluste verursachen und damit die energetische Verbesserung des Fensters relativieren

**Es wird daher empfohlen, die Konstruktionsdetails genau zu planen und auf deren exakte Ausführung zu achten: luftdichter Fenster-Wand-Anschluss sowie Vermeidung kritischer Oberflächentemperaturen mithilfe von Wärmebrückenberechnungen entsprechend den geltenden Normen.**

### 3.4 ENERGIEBILANZ DES GEBÄUDES

Fenster sind nur EIN Teil des Gebäudes und aus energetischer Sicht ist die Fläche der Fenster in historischen Gebäuden im Verhältnis zur gesamten wärmeübertragenden Hülle meist gering. Daher muss immer das gesamte energetische Sanierungskonzept der Gebäudehülle betrachtet werden, um effiziente thermische Maßnahmen zu erreichen. Der Fenstertausch allein reduziert die Verluste über die Fensterflächen und unangenehme Zugscheinungen durch Beseitigung von Undichtigkeiten. Erst die zusätzliche Dämmung der Gebäudehülle bringt eine weitere deutliche Energieeinsparung und Steigerung des Wohnkomforts. Daher sollten bestenfalls nicht nur Einzelmaßnahmen am Fenster geplant werden, sondern ein nachhaltiges Energiekonzept für das gesamte Gebäude entwickelt werden. Generell sind bei der Sanierungsplanung zwei Aspekte zu berücksichtigen:

1. Wie groß ist der Einfluss der Fenster auf die Gesamtenergiebilanz?
2. Wie kann eine angepasste Nutzung minimale Eingriffe vertretbar machen?

Erhalt und energetische Ertüchtigung bestehender Fenster sind eine sinnvolle Alternative zum Ersatz durch neue Fenster. Zwischen Instandhaltung und Austausch des Fensters gibt es eine ganze Reihe von Lösungen, die zeigen, dass gute Funktionswerte auch durch die Renovierung von Fenstern erreicht werden können.



# CHECKLISTE – SANIERUNG HISTORISCHER FENSTER

## BESTANDSANALYSE:

- Zustand der bestehenden Fenster
- Feuchteschutz (Kontrolle von Wasserspuren auf Oberflächen, Zustand der Beschichtung, der Holzbauteile, Schimmelbefall in Laibungen etc.)
- Wärmeschutz (Fenster- und Verglasungstypologie)
- Luftdichtheit (Kontrolle von Infiltrationen, nicht gut schließender Fensterflügel, nicht vorhandener Abdichtung usw.)

### Checkpoint 1 – Bestandsanalyse:

Eine genaue Untersuchung der bestehenden Situation ist die Grundlage für jede Planung und eine Voraussetzung für die Abschätzung der zu erwartenden Kosten!

## ASPEKTE DES DENKMALSCHUTZES:

- Welchen Denkmalschutzstatus besitzt das Gebäude?
- Aus welcher Bauphase stammen die Fenster?
- Welche denkmalpflegerischen Werte sind mit den Fenstern verbunden?
- Ist die Verglasung historisch?
- Besondere Handwerkskunst / Verarbeitung?
- Typische Fenster der Zeit und/oder des Gebiets?

### Checkpoint 2 – Analyse des Denkmalschutzes:

Studium des Gebäudes und seiner Geschichte (Fotos, Gemälde, Berichte usw.) und Bestimmung der erhaltenswerten Elemente (ziehen Sie ggf. einen Denkmalpfleger zu Rate).

## ZIELE - DEFINITION VON SANIERUNGSZIELEN:

- Qualität des Wohnkomforts
- Senkung des Energieverbrauchs - Verbesserung der Energieeffizienz
- Zukünftige Nutzung des Gebäudes?
- Ganzheitliches Sanierungskonzept für das gesamte Gebäude?
- Anforderungen an das Design
- Finanzielle Aspekte

### Checkpoint 3 – die Ziele:

Die Sanierungsziele müssen klar definiert sein. Das spart Zeit, Geld und Missverständnisse.

## PLANUNG – WER SOLL AN DER PLANUNG BETEILIGT WERDEN:

- Denkmalamt / Bauhistoriker zur Abklärung denkmalrechtlicher Belange
- Baubehörden (Gestaltungssatzungen etc.)
- Architekt zur Erstellung eines architektonischen Konzeptes
- Energieberater/Bauphysiker
- Handwerksfirmen mit entsprechender Erfahrung
- Experten für Fördermöglichkeiten hinzuziehen

## DIE WAHL DER RICHTIGEN MASSNAHMEN UND DEREN UMSETZUNG:

- Reparatur und Instandhaltung der bestehenden Teile des Fensters
- Lösen von Feuchteproblemen
  - Schlagregenschutz (an der Oberfläche, konstruktiver Schutz)
  - Interne Feuchtequellen minimieren (Lüftung)
- Berücksichtigen Sie eine ganzheitliche nachhaltige Sanierungsplanung für das gesamte Gebäude
- Mögliche Maßnahmen aufstellen unter Berücksichtigung der technischen Funktion und des Erhalts der historischen Werte des Fensters (Einfluss auf das äußere/innere Erscheinungsbild, Denkmalwert).
- Ein für das lokale Klima und die Fenstertypologie passendes System auswählen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Lösung auf die Energiebilanz des gesamten Gebäudes, sowie auf die Wärmebrücken im Bereich des Fensters

### Checkpoint 4 – integrale Planung:

Alle Beteiligten müssen zusammenarbeiten. Das Gesamtkonzept muss von Anfang an berücksichtigt werden. Informieren Sie sich über bereits realisierte Beispiele, holen Sie sich Informationen aus der Praxis. Finden Sie geeignete Firmen und Handwerker, die sich im Umgang mit historischen Fenstern auskennen.

### Checkpoint 5 – Energetische Verbesserung:

- Ein nachhaltiges Energiekonzept sollte möglichst nicht nur für die Fenster, sondern für das gesamte Gebäude entwickelt werden
- Die Ertüchtigung bestehender Fenster sollte nicht nur aus Gründen des Denkmalschutzes, sondern auch unter dem Gesichtspunkt der Ressourceneffizienz in Betracht gezogen werden
- Bei der Verbesserung der Energieeffizienz eines Fensters sind im Wesentlichen drei Aspekte zu berücksichtigen: (i) Minimierung der Lüftungswärmeverluste/Leckagen, (ii) Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten, (iii) Erhaltung der solaren Gewinne (im Winter)
- Ein besserer Dämmwert des Fensters verbessert nicht die Luftdichtheit und umgekehrt
- Feuchtequellen minimieren und Restfeuchte durch regelmäßiges Lüften oder idealerweise durch kontrollierte mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung abführen
- Wärmebrücken rund um das Fenster beseitigen
- Die energetische Aufwertung von Fenstern hilft, Energiekosten zu senken und einen besseren ökologischen Fußabdruck zu hinterlassen, trägt aber auch wesentlich zu einem höheren Wohnkomfort bei.

## DIE UMSETZUNG:

- Suche nach erfahrenen Planern, Firmen und Handwerkern
- Beratungsangebote in Anspruch nehmen
- Zeitplanung und Abstimmung mit anderen Gewerken
- Angebote für Kostenklarheit einholen
- Prüfung einer fachgerechten Ausführung speziell für potenzielle Risikopunkte

### Checkpoint 6 – Kontrolle der Ausführung:

Eine sorgfältige Kontrolle der Bauausführung ist notwendig, um die geplanten Ziele zu erreichen und eine ausreichende Qualität der Ausführung zu gewährleisten. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger, mit Firmen zusammenzuarbeiten, die bereits über Erfahrung mit historischen Bauten verfügen. Das billigste Angebot ist in diesem Zusammenhang meist nicht das beste und kann zu versteckten Kosten oder unerwünschten Folgen während der Ausführung führen.

HERAUSGEBER: Posoški razvojni center

AUTOREN: Dagmar Exner, Franziska Haas

FOTO: Darius Richter, EURAC Research, Historic Environment  
Scotland, Michael Tribus, Stefan Hitthaler, Trimmel Wall  
Architekten ZTGmbH

Juli 2021

eurac  
research

SITES &  
-CITES  
REMARQUABLES  
FRANCE



universität  
innsbruck



Scuola universitaria professionale  
della Svizzera italiana  
SUPSI

teamlau®