

Armatures collées

Armature collate

Externally bonded reinforcement

Klebebewehrungen

166

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite		Seite
Vorwort	4	5 Werkstoffe	33
0 Geltungsbereich	5	5.1 Verstärkungssystem	33
0.1 Abgrenzung	5	5.2 Klebebewehrung	33
0.2 Verweisungen	5	5.3 Klebstoff	35
0.3 Allgemeine Bedingungen Bau	6	5.4 Hilfsmaterialien	35
0.4 Ausnahmen	6	6 Ausführung	36
1 Verständigung	7	6.1 Allgemeines	36
1.1 Allgemeine Begriffe	7	6.2 Beurteilung und Prüfung des Untergrunds	36
1.2 Spezielle Begriffe	7	6.3 Untergrundvorbereitung	36
1.3 Bezeichnungen	9	6.4 Montage	38
1.4 Bauweisen	11	7 Qualitätsmanagement	39
2 Projektierung	12	7.1 Allgemeines	39
2.1 Grundlagen	12	7.2 Qualitätsplanung	39
2.2 Gesamtkonzept	12	7.3 Dokumentation des projektbezogenen Qualitätsmanagements	39
2.3 Gefährdungsbilder	13	7.4 Qualitätslenkung auf der Baustelle	39
2.4 Tragwerksanalyse und Bemessung	14	8 Schutz und Sicherheit	41
2.5 Leistungsbeschreibung und Ausführung ..	14	8.1 Allgemeines	41
2.6 Überwachung und Unterhalt	14	8.2 Schutz vor aggressiven Medien	41
2.7 Bauwerksakten	14	8.3 Absturzsicherung	41
3 Tragwerksanalyse und Bemessung	15	8.4 Lärmschutz	41
3.1 Grenzzustände der Tragsicherheit	15	8.5 Gewässerschutz	41
3.2 Grenzzustände der Gebrauchs- tauglichkeit	29	Genehmigung und Inkrafttreten	44
3.3 Erdbeben	30		
4 Bauliche Durchbildung	31		
4.1 Allgemeine Grundsätze	31		
4.2 Abmessungen	31		
4.3 Verankerungen und Stösse	31		
4.4 Kreuzung von Lamellen	31		
4.5 Konstruktive Schutzmassnahmen	32		
4.6 Brandschutzmassnahmen	32		

VORWORT

Klebebewehrungen aus Stahl werden bereits seit über dreissig Jahren erfolgreich eingesetzt. Mit dem Einsatz von Faserverbundwerkstoffen seit Mitte der Neunzigerjahre konnte der Einsatzbereich von Klebebewehrungen nochmals erweitert werden. Angesichts des offensichtlichen Erfolgs der neuen Technologien verbreitert sich der Anwenderkreis weit über die ersten Systementwickler hinaus.

Die Wirkungsweise von Klebebewehrungen ist eng mit dem Zustand und Verhalten des bereits bestehenden Tragwerks verknüpft, dessen Eigenschaften oft nicht umfassend bekannt sind und nicht beliebig verändert werden können. Es ist in der Regel bereits belastet, zumindest mit der Eigenlast; die gesamte Belastungsgeschichte ist jedoch kaum je bekannt. Klebebewehrungen übernehmen deshalb lediglich einen Anteil der nach ihrer Applikation auftretenden Einwirkungen, wenn nicht durch besondere Massnahmen (vorgängige Entlastung, Vorspannung) eine weitergehende Mitwirkung erzwungen wird.

Die Verwendung von Baustoffen ohne Fliessvermögen (Faserverbundwerkstoffe) und die Berücksichtigung von Untergründen mit ungünstigem Nachbruchverhalten auf Zug (Beton, Mauerwerk, Holz) führen dazu, dass Sprödbrüche nicht ausgeschlossen werden können. Versagenszustände haben somit ihre Ursache oft im bestehenden Tragwerk und können ohne grosse Verformungen auftreten.

Ziel der Anwendung von Klebebewehrungen ist nicht in jedem Fall eine Verstärkung. Gleichwertige Ziele sind Duktilitätsverbesserungen durch

- Umschnürung von Druckgliedern zur Aktivierung mehraxialer Druckspannungszustände;
- Aufnahme von Querkzugspannungen und Schubkräften.

Die Arbeitsgruppe 162-8 *Klebebewehrungen* der Normenkommission 162 *Betonbauten* hat sich zum Ziel gesetzt, ein anwenderfreundliches Dokument zu verfassen, das die Möglichkeiten und Grenzen der Technologie aufzeigt und einheitliche Bemessungsverfahren vorschlägt, um vergleichbare Erfahrungen zu gewinnen, die weitere Entwicklung jedoch nicht zu behindern.

Da die Klebetechnik nicht auf Beton beschränkt ist, wurde der Geltungsbereich auf alle gängigen konstruktiven Baustoffe ausgedehnt, was auch durch die Bezeichnung Vornorm SIA 166 zum Ausdruck gebracht werden soll.

Die Vornorm SIA 166 ist bereits auf die neuen Tragwerksnormen SIA 260 bis 267 ausgerichtet, die aus dem Projekt SWISSCODES hervorgegangen sind.

Arbeitsgruppe SIA 162-8 *Klebebewehrungen*

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Klebebewehrungen im Sinne dieser Vornorm sind Bewehrungen, die nachträglich mit bereits bestehenden Tragwerksteilen verklebt werden. Sie werden in der Regel im Rahmen der Erhaltung bestehender Tragwerke verwendet.
- 0.1.2 Klebebewehrungen sind auf der Grundlage der für Neubauten geltenden Vorschriften und des SIA-Normenwerks zu projektieren, auszuführen und zu erhalten.
- 0.1.3 Klebebewehrungen werden auch temporär bei Baustelleneinrichtungen (Gerüste und Abschränkungen) oder beim Transport von Bauteilen eingesetzt.
- 0.1.4 Die vorliegende Vornorm gilt für die Projektierung, Ausführung und Erhaltung von Klebebewehrungen auf beliebigen Untergründen.
- 0.1.5 Nicht Gegenstand dieser Vornorm sind:
- die Verwendung von Stahl oder Faserverbundwerkstoffen als innere Bewehrungen oder als verlorene Schalung von Betonbauteilen;
 - die Verwendung von Stahl oder Faserverbundwerkstoffen als eingelegte oder eingefräste Bewehrung von Holzbauteilen;
 - die Verwendung von Stahlprofilen im Klebeverbund mit Betonplatten oder anderen Betonbauteilen;
 - die Verwendung der Klebetechnik zu Verbindungszwecken innerhalb der Stahl-, Holz-, Leicht- oder Massivbauweise.

0.2 Verweisungen

Der Text dieser Vornorm enthält normative Verweisungen auf folgende Publikationen:

Empfehlung SIA 162/5	Erhaltung von Betontragwerken
Empfehlung SIA 179	Befestigungen in Beton und Mauerwerk
Norm SIA 260	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
Norm SIA 261	Einwirkungen auf Tragwerke
Norm SIA 262	Betonbau
Norm SIA 262/1	Betonbau – Ergänzende Festlegungen
Norm SIA 263	Stahlbau
Norm SIA 263/1	Stahlbau – Ergänzende Festlegungen
Norm SIA 264	Stahl-Beton-Verbundbau
Norm SIA 265	Holzbau
Norm SIA 266	Mauerwerk
Norm SIA 469	Erhaltung von Bauwerken
Merkblatt SIA 2007	Qualität im Bauwesen
Norm SN EN ISO 12944	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten
Teile 1 bis 8	durch Beschichtungssysteme
DIN 1048 Teil 2	Prüfverfahren für Beton; Festbeton in Bauwerken und Bauteilen
VUV	Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten
BauAV	Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten

0.3 Allgemeine Bedingungen Bau

Spezifische Vertragsbedingungen zur vorliegenden Norm sind in den nachfolgend aufgeführten Publikationen festgehalten. Um Gültigkeit zu erlangen, bedürfen sie der Übernahme in den jeweiligen Vertrag.

SIA 118/262	Allgemeine Bedingungen für Betonbau
SIA 118/263	Allgemeine Bedingungen für Stahlbau
SIA 118/265	Allgemeine Bedingungen für Holzbau
SIA 118/266	Allgemeine Bedingungen für Mauerwerk
SIA 118/267	Allgemeine Bedingungen für geotechnische Arbeiten

0.4 Ausnahmen

0.4.1 Ausnahmen von der vorliegenden Vornorm sind zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuch ausreichend begründet werden oder wenn neue Entwicklungen und Erkenntnisse dies rechtfertigen.

0.4.2 Bei ausserordentlichen Verhältnissen, welche in dieser Vornorm nicht erfasst werden, sind die vorliegenden Bestimmungen sinngemäss anzuwenden.

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Allgemeine Begriffe

Bewehrung <i>armature</i> <i>reinforcement</i>	Gesamtheit der meist linearen Tragelemente mit hoher Steifigkeit und Festigkeit, die mit dem Tragwerk verbunden sind und dieses gezielt verstärken.
Bruchverhalten <i>comportement à la rupture</i> <i>failure behaviour</i>	Tragverhalten nach dem Erreichen der Traglast.
Duktilitätsverbesserung <i>amélioration de la ductilité</i> <i>improvement of ductility</i>	Erhöhung des plastischen Verformungsvermögens eines Bauteils.
Umschnürung <i>confinement</i> <i>confinement</i>	Verbesserung des Widerstands gegen Druckkräfte durch Ermöglichung eines dreiachsigen Spannungszustandes.
Versagensart <i>mode de ruine</i> <i>failure mode</i>	Beschreibung des Vorganges, der zur Erschöpfung des Tragwiderstands führt.
Verstärkung <i>renforcement</i> <i>strengthening</i>	Verbesserung des Tragwiderstandes und der Gebrauchstauglichkeit eines Querschnitts, Bauteils oder Tragwerks.
Versteifung <i>raidissement</i> <i>stiffening</i>	Erhöhung der Steifigkeit (in der Regel Biegesteifigkeit) eines Querschnitts oder Bauteils.

1.2 Spezielle Begriffe

Beschichtung <i>enduits</i> <i>coating</i>	Flüssig aufgetragene, haftende, ein- oder mehrlagige Schutzschicht.
Faser <i>fibre</i> <i>fibre</i>	Langgestrecktes Verstärkungspartikel z.B. aus Kohlenstoff, Graphit, Aramid oder Glas.
Faserverbundwerkstoff <i>matériau composite</i> <i>fibre-reinforced polymer</i>	Werkstoffkombination, bestehend aus Fasern, die in eine Kunststoffmatrix eingebettet sind.
Gelege <i>non-tissé</i> <i>non-woven fabric</i>	Textiles Flächengebilde aus in einer oder in verschiedenen Richtungen aufeinander gelegten Faserbündeln mit Fixierung in den Kreuzungspunkten.
Gewebe <i>tissé</i> <i>woven fabric</i>	Textiles Flächengebilde, gewoben aus in verschiedenen Richtungen angeordneten Faserbündeln.
Klebstoff <i>colle</i> <i>adhesive</i>	Flüssige oder plastische Substanz, die zwischen Füge­teilen aufgebracht wird und nach dem Erhärten die Übertragung von Kräften ermöglicht.

Lamelle (Lasche) <i>lamelle</i> <i>plate</i>	Flache Bewehrung aus Stahl oder aus Faserverbundwerkstoff mit unidirektional eingelegten Endlosfasern.
Matrix <i>matrice</i> <i>matrix</i>	Werkstoff, der die Fasern eines Faserverbundwerkstoffes bindet.
Primer <i>primer</i> <i>primer</i>	Erstbeschichtung, welche die Oberfläche schützt und/oder einen guten Verbund zu weiteren Beschichtungen oder zum Klebstoff ermöglicht.
Schichtgrenze <i>interface</i> <i>interface</i>	Grenzfläche zwischen Fügeteil und Klebstoff.
unidirektional <i>unidirectionnel</i> <i>unidirectional</i>	Alle Fasern in eine Richtung eingelegt.
Untergrund <i>support</i> <i>substrate</i>	Oberfläche des in Stand zu setzenden oder zu verändernden Tragwerksteils z.B. aus Beton, Stahl oder Holz.
Untergrundversagen <i>rupture du support</i> <i>substrate failure</i>	Versagen des Untergrunds oder der im Untergrund enthaltenen inneren Bewehrung.
Verankerungszone <i>zone d'ancrage</i> <i>anchorage zone</i>	Krafteinleitungszone im Endbereich des Verstärkungselements, in welcher kein Beitrag zur Bauteilverstärkung geleistet wird.
Verbundversagen <i>rupture d'adhérence</i> <i>bond failure</i>	Versagen des Verbunds zwischen Untergrund und Klebebewehrung.
Verkleidung <i>protection de surface</i> <i>lining, cladding</i>	In mechanischem oder chemischem Verbund aufgebraachte Deckschicht.
Verstärkungssystem <i>système de renforcement</i> <i>strengthening system</i>	System, bestehend aus Klebebewehrung, Klebstoff sowie gegebenenfalls Verankerungen und konstruktiven Schutzmassnahmen.
Verstärkungsversagen <i>rupture du renforcement</i> <i>strengthening failure</i>	Versagen der Klebebewehrung.
Wirkungszone <i>zone fonctionnelle</i> <i>functional area</i>	Bauteilbereich zwischen zwei Verankerungszonen, in welchem die Klebebewehrung verstärkend wirkt.

1.3 Bezeichnungen

1.3.1 Lateinische Grossbuchstaben

Anwendungsbereich: Grössen mit Dimensionen

<i>A</i>	Fläche, Querschnittsfläche, aussergewöhnliche Einwirkung
<i>C</i>	Gebrauchsgrenze, Flächenschwerpunkt
<i>E</i>	Auswirkung, Elastizitätsmodul
<i>F</i>	Einwirkung, Kraft (allgemein)
<i>G</i>	ständige Einwirkung, spezifische Energie
<i>M</i>	Biegemoment
<i>P</i>	Vorspannung, Vorspannkraft
<i>Q</i>	veränderliche Einwirkung (Einzellast)
<i>R</i>	Tragwiderstand (allgemein)
<i>S</i>	Beanspruchung, Schnittgrösse
<i>V</i>	Querkraft
<i>X</i>	Werkstoffeigenschaft

1.3.2 Lateinische Kleinbuchstaben

Anwendungsbereich: vorwiegend für Grössen mit Dimensionen

<i>a</i>	geometrische Grösse allgemein
<i>b</i>	Breite allgemein
<i>d</i>	differentielle Grösse
<i>f</i>	Werkstofffestigkeit
<i>l</i>	Länge allgemein, Spannweite
<i>q</i>	verteilte veränderliche Einwirkung, Verhaltensbeiwert
<i>s</i>	Bügelabstand, Schlupf
<i>t</i>	Dicke allgemein, Bauteildicke
<i>x</i>	Höhe der Druckzone, Koordinate
<i>z</i>	Hebelarm

1.3.3 Griechische Grossbuchstaben

Δ	Differenz, Abweichung
----------	-----------------------

1.3.4 Griechische Kleinbuchstaben

Anwendungsbereich: vorwiegend für dimensionslose Grössen, Beiwerte und Winkel sowie für Spannungen

α	Winkel
γ	Beiwert
ε	Dehnung
η	Umrechnungsfaktor
κ	Verbundbeiwert
ρ	geometrischer Bewehrungsgehalt
σ	Normalspannung
τ	Schubspannung
φ	Winkel
ψ	Reduktionsbeiwert

1.3.5 Indizes

Wenn mehrere Indizes gleichzeitig vorkommen, erleichtert ein trennendes Komma ihre eindeutige Erkennung (z.B. $\epsilon_{l,lim,d}$).

Bei den Indizes, deren Bezeichnung eindeutig vom Englischen herrühren, sind die Ausgangsbegriffe in Klammern angegeben.

<i>b</i>	Verbund bzw. Verankerung (engl. b ond), Mauerwerkstein (engl. b rick)
<i>c</i>	Beton (engl. c oncrete), Druck (engl. c ompression)
<i>d</i>	Bemessung (engl. d esign)
<i>F</i>	Einwirkung (engl. f orce), bruchmechanische Grösse
<i>f</i>	Faserverbundwerkstoff (engl. f ibre ...)
<i>G</i>	ständige Einwirkung
<i>H</i>	Haftzug
<i>i</i>	i-ter Wert
<i>id</i>	ideell
<i>inf</i>	unten, unterer (engl. i nferior)
<i>k</i>	charakteristisch
<i>l</i>	Lamelle bzw. Gewebe oder Gelege betrachtet in Faserrichtung
<i>lim</i>	Grenzwert (engl. l imit)
<i>M</i>	kombinierte Eigenschaft von Werkstoff und Widerstandsmodell
<i>P</i>	Vorspannung
<i>p</i>	Primer
<i>pl</i>	plastisch
<i>Q</i>	veränderliche Einzelkraft
<i>q</i>	quer
<i>R</i>	Widerstand, Widerstandsmodell (engl. r esistance)
<i>s</i>	Stahl(stab)
<i>ser</i>	Gebrauch (engl. s ervice)
<i>sup</i>	oben, oberer (engl. s uperior)
<i>t</i>	Zug (engl. t ension)
<i>u</i>	Bruch, Versagenszustand (engl. u ltimate)
<i>w</i>	Bügel/Steg (engl. w eb)
0	Index, Grundwert, selten
1	Index, häufig
2	quasi ständig
I	Zustand I (Beton ungerissen)
II	Zustand II (Beton gerissen)
III	Zustand III (Beton gerissen und Fließen der inneren Bewehrung)

1.3.6 Kopfzeiger

'	auf Druck beansprucht
"	Bewehrungsspannung und -dehnung im Riss
+	positiv
-	negativ

1.4 Bauweisen

In den durch diese Vornorm abgedeckten grundlegenden Bauweisen und in deren Kombination (Verbundbauweisen) werden unterschiedliche Begriffe für die Werkstoffklassen verwendet. Tabelle 1 enthält die bauweisenspezifischen Bezeichnungen.

Tabelle 1: Bauweisenspezifische Bezeichnung der Werkstoffklassen

Bauweise	Umschreibung	Hauptwerkstoffe	Werkstoffklassen
Betonbau <i>Structures en béton</i> <i>Concrete structures</i>	Bauten aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton	Beton Betonstahl Spannstahl	Betonklasse Stahlsorte, Produkteform Stahlsorte, Durchmesser
Holzbau <i>Structures en bois</i> <i>Timber structures</i>	Bauten aus Holz und Holzwerkstoffen; Verwendung von Stahl nur als Verbindungsmittel und für Zug-elemente, von Beton nur als Ballast	Vollholz Brettschichtholz Holzwerkstoff	Festigkeitsklasse Festigkeitsklasse Holzwerkstofftyp
Mauerwerksbau <i>Structures en maçonnerie</i> <i>Masonry structures</i>	Bauten aus Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerksart
Stahlbau <i>Construction en acier</i> <i>Steel structures</i>	Bauten aus Stahlblechen und -profilen	Baustahl Schraubenstahl	Stahlsorte, Gütegruppe Festigkeitsklasse

2 PROJEKTIERUNG

2.1 Grundlagen

- 2.1.1 Zu den Grundlagen gehören die Nutzungsvereinbarung, die Projektbasis und die Ergebnisse der Überprüfung des bestehenden Tragwerks.
- 2.1.2 Die Überprüfung erfolgt bei Betontragwerken nach Empfehlung SIA 162/5, bei anderen Bauweisen sinngemäss.
- 2.1.3 Aus der Überprüfung des bestehenden Tragwerks resultieren Informationen über
- das gesamte Bauwerk und
 - das mit einer Klebebewehrung zu verstärkende Bauteil oder Tragwerk.
- 2.1.4 Über das gesamte *Bauwerk* sind wenigstens folgende Ergebnisse der Überprüfung erforderlich:
- Zustandserfassung mit Zustandsbeurteilung (inkl. Auswertung der Bauwerksakten)
 - Beurteilung der Sicherheit (Trag- und Betriebssicherheit)
 - Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit
 - Prognose der Zustandsentwicklung
 - allfällig angeordnete Sofortmassnahmen
 - Empfehlungen für das weitere Vorgehen
 - Angaben betreffend Benutzerbedürfnisse, Erhaltungswert und gesetzliche Auflagen.
- 2.1.5 Über das mit einer Klebebewehrung zu verstärkende Bauteil oder Tragwerk sind wenigstens folgende Ergebnisse der Überprüfung erforderlich:
- Art und Ausmass von allfällig vorhandenen Mängeln und Schäden
 - die wichtigsten Abmessungen und Konstruktionsdetails
 - aktualisierte Festigkeitswerte der Werkstoffe
 - Verformungszustand des bestehenden Bauteils oder Tragwerks
 - Tragwerkssystem, Tragwiderstand und Systemreserven
 - zu erwartendes Bauteil- oder Tragwerksversagen
 - Beurteilung der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit
 - Eigenschaften des für die Verklebung vorgesehenen Untergrunds
 - bauphysikalische und klimatische Gegebenheiten.

2.2 Gesamtkonzept

- 2.2.1 Vor der Bemessung der Klebebewehrung ist ausgehend von den aktualisierten Nutzungsanforderungen das Gesamtkonzept der Verstärkung zu entwerfen.
- 2.2.2 Der Entwurf der Klebebewehrung
- hält die gewählte Anordnung der tragenden Bauteile sowie die Art ihres Zusammenwirkens fest;
 - beschreibt die wichtigsten Abmessungen, Werkstoffeigenschaften und Konstruktionsdetails;
 - berücksichtigt konstruktive Schutz- und Brandschutzmassnahmen entsprechend den Gefährdungsbildern;
 - äussert sich zum vorgesehenen Bauverfahren.
- 2.2.3 Als Entwurfsrandbedingung gilt es zu beachten, dass der Tragwiderstand der im ursprünglichen Zustand verbleibenden Tragwerksteile und Querschnitte den aktualisierten Nutzungsanforderungen unter Umständen nicht mehr genügt.

2.3 Gefährdungsbilder

2.3.1 Die Gefährdungsbilder für das bestehende Tragwerk müssen unter Berücksichtigung der Entwurfszustände überprüft und ergänzt werden. Dabei gelten die Grundsätze in den Normen SIA 260 und SIA 469.

2.3.2 Den Gefährdungsbildern für Tragwerke mit Klebebewehrungen entsprechen Grenzzustände vom Typ 2 nach Norm SIA 260 (Erschöpfung des Tragwiderstands des Tragwerks). Es können folgende zwei Arten von Gefährdungsbildern unterschieden werden:

- Gefährdungsbilder, die sich aus der vorgesehenen Nutzung ergeben;
- Ausfall der Klebebewehrung als aussergewöhnliche Bemessungssituation.

2.3.3 Für die Gefährdungsbilder aus der vorgesehenen Nutzung wird der Bemessungswert der Auswirkung E_d nach Norm SIA 260 wie folgt ermittelt:

$$E_d = E (\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d) \quad (1)$$

γ_G	Lastbeiwert für eine ständige Einwirkung
G_k	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
γ_P	Lastbeiwert für eine Einwirkung aus Vorspannung
P_k	charakteristischer Wert einer Vorspannung
γ_{Q1}	Lastbeiwerte für die (veränderliche) Leiteinwirkung
Q_{k1}	charakteristische Werte der (veränderlichen) Leiteinwirkung
$\psi_{0i} Q_{ki}$	seltener Wert der veränderlichen Begleiteinwirkung i
X_d	Bemessungswert einer Werkstoffeigenschaft
a_d	Bemessungswert einer geometrischen Grösse

2.3.4 Für Grenzzustände des Typs 4 nach Norm SIA 260 (Ermüdung) gilt die Tragsicherheit bezüglich Versagen der eingesetzten Werkstoffe als nachgewiesen, wenn folgendes Bemessungskriterium erfüllt ist:

$$E_d \leq R_d \quad (2)$$

Die Normen SIA 262 bis 265 regeln in Verbindung mit der Norm SIA 261 die Ermittlung der Ermüdungswirkung der Betriebslasten und legen zugehörige Widerstände und Beiwerte fest. Für Ermüdungsversagen des Verbundes liegt wenig Erfahrung vor. Dieses Gefährdungsbild wird deshalb durch Ziffer 2.3.6 abgedeckt.

2.3.5 Aussergewöhnliche Einwirkungen und kritische Situationen können zum Ausfall der Klebebewehrung führen. Solche Gefährdungsbilder sind z.B.:

- hohe Temperatur (z.B. durch Brand, Sonneneinstrahlung, Aufblähen von Dichtungsbahnen oder Einbau von Gussasphalt)
- Anprall
- chemische Einwirkungen
- fahrlässige oder mutwillige Beschädigungen.

2.3.6 Für das Gefährdungsbild *Ausfall der Klebebewehrung* wird der Bemessungswert der Auswirkung E_d analog zur Norm SIA 260 wie folgt ermittelt:

$$E_d = E (G_k, P_k, A_d, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d) \quad (3)$$

G_k	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
P_k	charakteristischer Wert einer Vorspannung
A_d	Bemessungswert einer aussergewöhnlichen Einwirkung, in diesem Fall $A_d = 0$
$\psi_{2i} Q_{ki}$	quasi ständiger Wert der veränderlichen Einwirkung i in Kombination mit einer aussergewöhnlichen Einwirkungen bzw. dem häufigen Wert der (veränderlichen) Leiteinwirkung
X_d	Bemessungswert einer Werkstoffeigenschaft
a_d	Bemessungswert einer geometrischen Grösse

Anstelle der aussergewöhnlichen Einwirkung A_d tritt die Reduktion um den Beitrag der Klebebewehrung auf der Widerstandsseite.

- 2.3.7 Entsprechend Norm SIA 260 kann dem aussergewöhnlichen Ausfall der Klebebewehrung durch den Nachweis eines genügenden Tragwiderstands oder auch mit anderen im Rahmen der Entwurfsarbeit geplanten Massnahmen begegnet werden.
- 2.3.8 Wenn die Klebebewehrung chemischen Angriffen ausgesetzt wird, ist deren Wirkung auf die verschiedenen Komponenten zu untersuchen.

2.4 Tragwerksanalyse und Bemessung

- 2.4.1 Mit der Tragwerksanalyse soll das Verhalten des verstärkten Tragwerks im Hinblick auf die zu betrachtenden Bemessungszustände unter Einbezug der massgebenden Einflussgrössen erfasst werden.
- 2.4.2 Die Bemessung des zu verstärkenden Bauteils erfolgt nach den Grenzzuständen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit gemäss den gültigen Tragwerksnormen.
- 2.4.3 Überwiegen die indirekten Einwirkungen, so ist sicherzustellen, dass auch die verstärkten Bereiche die aufgezwungenen Verformungen aufnehmen können.
- 2.4.4 Für auf Versuche gestützte Bemessungen gelten die entsprechenden Ausführungen nach Norm SIA 260.

2.5 Leistungsbeschreibung und Ausführung

- 2.5.1 Zur Abklärung der Tauglichkeit einer Klebebewehrung können Vorversuche erforderlich sein.
- 2.5.2 Der Leistungsbeschreibung ist beruhend auf den Anforderungen an die einzusetzenden Werkstoffe, den Untergrund und sonstige systembedingte Eigenheiten zu erstellen.
- 2.5.3 Im Leistungsbeschreibung sind die Qualitätsanforderungen, Prüfverfahren und Abnahmekriterien sowie die Massnahmen bei Nichterfüllen dieser Kriterien festzulegen.
- 2.5.4 Während der Ausführung muss die Richtigkeit der im Voraus erarbeiteten Grundlagen und der getroffenen Annahmen kontrolliert werden.

2.6 Überwachung und Unterhalt

- 2.6.1 Klebebewehrungen sind während der Bauzeit und während der ganzen Nutzungsdauer zu überwachen.
- 2.6.2 Allfällig notwendige regelmässige Unterhaltsarbeiten zur Instandhaltung der Klebebewehrung sind im Unterhaltsplan festzuhalten.
- 2.6.3 Die Instandsetzung einer Klebebewehrung kann in deren Ersatz oder Ergänzung bestehen.

2.7 Bauwerksakten

Nutzungsvereinbarung und Projektbasis sowie Nutzungsanweisungen (u.a. Kategorien der Nutzlasten oder zulässige Belastungen, Hinweis auf die Tragfunktion der Klebebewehrung), Überwachungsplan und Unterhaltsplan sind zu aktualisieren, und die Bauwerksakten sind um die aus der Projektierung und Ausführung der Klebebewehrung gewonnenen relevanten Informationen (z.B. Spezifikationen der verwendeten Werkstoffe und Systeme, Produktebezeichnungen, Prüfprotokolle) zu ergänzen.

3 TRAGWERKSANALYSE UND BEMESSUNG

3.1 Grenzzustände der Tragsicherheit

3.1.1 Konzept

Die Tragsicherheit gilt als nachgewiesen, wenn folgendes Bemessungskriterium erfüllt ist:

$$E_d \leq R_d \tag{4}$$

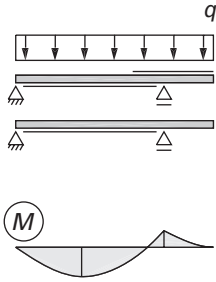
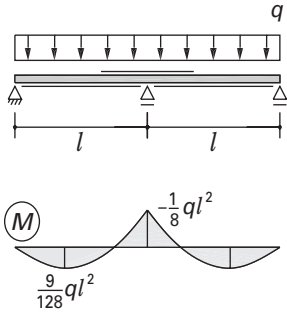
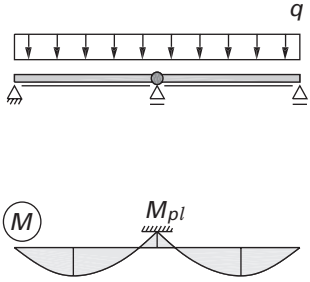
E_d Bemessungswert einer Auswirkung

R_d Bemessungswert des Tragwiderstands

3.1.2 Bestimmung der Schnittgrößen

3.1.2.1 Die Biegeverstärkung führt im Allgemeinen zu einer Reduktion des plastischen Verformungsvermögens des Tragwerks. Das Rechenverfahren für die Bestimmung der Schnittgrößen ist daher entsprechend den Tragwerks- und Verstärkungsvarianten in Tabelle 2 zu wählen.

Tabelle 2: Rechenverfahren für die Bestimmung der Schnittgrößen

Statisches System	Statisch bestimmt	Statisch unbestimmt	
Biegeverstärkung	Vollständige oder teilweise Verstärkung	Vollständige Verstärkung	Teilweise Verstärkung
Beispiel			
Schnittgrößenberechnung	Aus Gleichgewicht	In der Regel elastische Schnittgrößenberechnung am bestehenden Tragwerk. Bei Betontragwerken darf die versteifende Wirkung der Lamellen vernachlässigt werden. Wenn Stahllamellen eingesetzt werden und die Bildung von plastischen Gelenken möglich ist, dürfen Schnittgrößenumlagerungen angenommen werden.	Umlagerungen sind zulässig, wenn in den unverstärkten Bereichen plastische Gelenke auftreten können und, wenn diese auftreten, bevor in den verstärkten Bereichen der Grenzzustand der Tragsicherheit erreicht ist.
Bemerkungen		Bei der Verstärkung statisch unbestimmter Systeme sind folgende Punkte zu beachten: <ul style="list-style-type: none"> – Die Modelle sind so zu wählen, dass sie dem wirklichen Tragverhalten möglichst entsprechen. – Zwangsschnittkräfte z.B. infolge Lagerverschiebungen sind zu berücksichtigen. 	

- 3.1.2.2 Die Bemessung von Klebebewehrungen zur Biegeverstärkung bedingt die Schnittgrössenermittlung an allen von der Verstärkung beeinflussten Tragwerksteilen.
- 3.1.2.3 Der Bemessungswert der Auswirkung E_d ist unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Applikation der Klebebewehrung herrschenden Bauteilbelastung und -verformung zu bestimmen.
- 3.1.2.4 Gespannt angebrachte Klebebewehrungen führen zu Schnittgrössen, die ebenfalls zu berücksichtigen sind.

3.1.3 Tragwiderstand

- 3.1.3.1 Der Bemessungswert des Tragwiderstandes R_d ist unter Berücksichtigung der vorhandenen Kenntnisse des bestehenden Tragwerks nach den Regeln der entsprechenden Tragwerksnorm wie folgt zu bestimmen:

$$R_d = R \left\{ \frac{\eta X_k}{\gamma_M}, a_d \right\} \quad \text{bzw.} \quad R_d = R \left\{ \varepsilon_{lim,d}, a_d \right\} \quad (5, 6)$$

X_k charakteristischer Wert einer Werkstoffeigenschaft

$\varepsilon_{lim,d}$ Bemessungswert einer Grenzdehnung

a_d Bemessungswert einer geometrischen Grösse

γ_M Widerstandsbeiwert

η Umrechnungsfaktor

- 3.1.3.2 Der Tragwiderstand ist die Eigenschaft eines grösseren Tragwerksbereichs und kann im Allgemeinen nicht aufgrund der Betrachtung einzelner Querschnitte alleine beurteilt werden.
- 3.1.3.3 Die Ermittlung des in einem Querschnitt herrschenden Spannungs- und Dehnungszustands erfolgt entsprechend den Bestimmungen der Tragwerksnormen für den entsprechenden Untergrund. Die Annahmen für die Durchführung einer Querschnittsanalyse sind in Ziffer 3.1.7.1.3 aufgeführt. Der Einfluss unterschiedlicher Temperaturen wird im Allgemeinen vernachlässigt.
- 3.1.3.4 Der Spannungs- und Verformungszustand zum Zeitpunkt der Ausführung der Klebebewehrung ist zu berücksichtigen. Dazu werden zusätzlich folgende Werte verwendet:
 - Auswirkungen E_{ser} des Gebrauchszustandes aus den effektiv vorhandenen Einwirkungen;
 - charakteristische Werte der Verformungsmodule.
- 3.1.3.5 Vordehnungen aus der Belastungsgeschichte sind zu berücksichtigen. Bei vermuteten, nicht erfassbaren Zwängungen sind Extremalbetrachtungen anzustellen.
- 3.1.3.6 Klebebewehrungen werden im Allgemeinen als in ihrer Richtung wirkende Zugelemente eingesetzt.
- 3.1.3.7 Bei biegebeanspruchtem Beton ist die vereinfachte Annahme einer rechteckförmigen Druckspannungsverteilung nur dann zulässig, wenn der zugehörige Versagenszustand (Betonbruch) rechnerisch nachgewiesen werden kann.
- 3.1.3.8 An Stellen, wo der innere Kräftefluss stark gestört ist (z.B. bei Krafteinleitungen oder Endverankerungen), sind geeignete Modelle zu verwenden oder experimentelle Untersuchungen beizuziehen.
- 3.1.3.9 Für das Gefährdungsbild *Ausfall der Klebebewehrung* ist der Tragwiderstand des unverstärkten Querschnitts zu verwenden (siehe auch Ziffern 2.3.4 und 2.3.6).
- 3.1.3.10 Für die Bemessungssituation *Brand* unter Vernachlässigung der Klebebewehrung dürfen vereinfachte Verfahren (z.B. nach Norm SIA 262 Ziffer 4.3.10.5) nur verwendet werden, wenn der Ausnutzungsgrad 0,7 (nach Norm SIA 264 Ziffer 4.4.3.2) nicht überschreitet.

3.1.4 Bemessungswerte der Werkstoffe

3.1.4.1 KONZEPT

3.1.4.1.1 Für den Bemessungswert X_d der Werkstoffeigenschaft gilt:

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_M} \quad (7)$$

X_k charakteristischer Wert einer Werkstoffeigenschaft

η Umrechnungsfaktor

γ_M Widerstandsbeiwert

3.1.4.1.2 Für die spezifischen Versagensarten von Klebebewehrungen sind für Festigkeitswerte die Beiwerte gemäss Tabelle 3 einzusetzen.

Tabelle 3: Beiwerte für die Bestimmung der Bemessungswerte der Werkstoffeigenschaften

<i>Verstärkungsversagen</i>		
Stahllamelle	$\gamma_M = 1,05$	$\eta = 1,0$
Faserverbundwerkstofflamelle	$\gamma_M = 1,30$	$\eta = 0,8$
Gewebe/Gelege aus Faserverbundwerkstoff	$\gamma_M = 1,30$	$\eta = 0,8$
<i>Verbundversagen</i>		
Verbundversagen im Klebstoff	$\gamma_M = 1,50$	$\eta = 0,8$
Verbundversagen im Beton	$\gamma_M = 1,50$	η : entsprechend Norm SIA 262
Verbundversagen im Holz	γ_M, η : entsprechend Norm SIA 265	
Verbundversagen im Mauerwerk	γ_M, η : entsprechend Norm SIA 266	
<i>Versagen von Verankerungshilfsmitteln</i>		
Bei der Verwendung von Verankerungshilfsmitteln entsprechend Ziffer 3.1.5.6 sind die Beiwerte unter Berücksichtigung des Einsatzzwecks mit einer wissenschaftlichen Methode zu bestimmen.		

3.1.4.1.3 Grenz- und Bruchdehnungen werden bereits als Bemessungswerte $\epsilon_{lim,d}$ bzw. $\epsilon_{u,d}$ angegeben.

3.1.4.2 UNTERGRUND

3.1.4.2.1 Die Werkstoffe des Untergrunds sind aufgrund folgender Informationen einer Werkstoffklasse zuzuordnen:

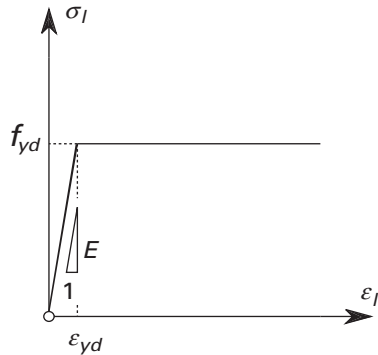
- gemessene Festigkeits- und Steifigkeitswerte;
- Identifikation anhand von Kennzeichnungen;
- Identifikation anhand der Bauwerksakten.

3.1.4.2.2 Die charakteristischen Werte X_k der Werkstoffklassen sind den entsprechenden Tragwerksnormen zu entnehmen.

3.1.4.3 STAHLLAMELLEN

- 3.1.4.3.1 Die Zugkraft in der Lamelle ist mit einem idealisierten Spannungs-Dehnungs-Diagramm gemäss Figur 1 zu bestimmen.

Figur 1: Idealisiertes Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Baustahl

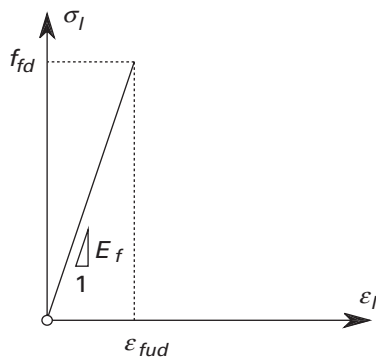


- 3.1.4.3.2 Der charakteristische Wert der Streckgrenze f_y ist gemäss Norm SIA 263 einzusetzen.

3.1.4.4 LAMELLEN AUS FASERVERBUNDWERKSTOFFEN MIT UNIDIREKTIONALER FASERANORDNUNG

- 3.1.4.4.1 Die Zugkraft in einer Lamelle mit ausschliesslich gleichartigen Fasern ist mit einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm gemäss Figur 2 zu bestimmen. Bei gemischtfasrigen Lamellen (Hybridlamellen) kann das Spannungs-Dehnungs-Diagramm erheblich von der Darstellung in Figur 2 abweichen und nichtlineare Anteile enthalten.

Figur 2: Idealisiertes Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Lamellen aus Faserverbundwerkstoffen mit gleichartigen Fasern



- 3.1.4.4.2 Die charakteristischen Werte des Elastizitätsmoduls und der Festigkeit können den Herstellerangaben entnommen werden. Dabei ist sicherzustellen, dass bei allen Werten auch die Streuung bzw. die Fraktile bekannt sind. Bei gemischtfasrigen Lamellen ist der Elastizitätsmodul abhängig von der Höhe der aufbrachten Spannung sowie von der Belastungsgeschichte.

3.1.4.5 GEWEBE UND GELEGE

Die charakteristischen Werte wie z.B. der Elastizitätsmodul und die Festigkeit pro Hauptrichtung können den Herstellerangaben entnommen werden. Dabei ist sicherzustellen, dass bei allen Werten auch die Streuung bzw. die Fraktile bekannt sind.

3.1.5 **Verankerung**

3.1.5.1 GRUNDSATZ

3.1.5.1.1 Die Tragsicherheit der Verankerung gilt als nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$F''_{b,d} \leq F_{b,Rd} \quad (8)$$

$F''_{b,d}$ Bemessungswert der auf die Verankerung wirkenden Zugkraft (Verankerungskraft)

$F_{b,Rd}$ Bemessungswert des Tragwiderstands der Verankerung (Verankerungswiderstand)

3.1.5.1.2 Für die Modellierung wird unterschieden zwischen der *Wirkungszone* und der *Verankerungszone* einer Klebebewehrung (für Betontragwerke gemäss Figur 4). In der Wirkungszone kann die Klebebewehrung Zugkräfte aufnehmen und dadurch den in diesem Bereich liegenden Bauteilabschnitt gezielt verstärken. Die auf diese Weise an den Enden der Wirkungszone entstehenden Zugkräfte müssen in der Verankerungszone verankert werden. Voraussetzung für den Nachweis nach Ziffer 3.1.5.1.1 ist, dass die Verankerung im rechnerisch ungerissenen Bereich eines Bauteils liegt.

3.1.5.1.3 Der rechnerisch ungerissene Bereich wird auf Bemessungsniveau und mit dem abgeminderten Mittelwert der Haftzugfestigkeit f_{ctH} bestimmt. In diesem Bereich gilt:

$$\sigma_{cd} (S_d) \leq \frac{f_{ctH}}{\gamma_M} \quad (9)$$

σ_{cd} Bemessungswert der Betonrandspannung

S_d Bemessungswert der Schnittgrössen

γ_M Widerstandsbeiwert entsprechend Tabelle 3

3.1.5.2 BESTIMMUNG DER SCHNITTGRÖSSEN

Die Schnittgrössen am Ende der Wirkungszone werden entsprechend den Verfahren in Tabelle 2 bestimmt. Die daraus folgende Zugkraft in der Klebebewehrung $F''_{b,d}$ ist die in der Verankerungszone aufzunehmende Verankerungskraft.

3.1.5.3 TRAGWIDERSTAND EINER KLEBEVERANKERUNG AUF BETON

3.1.5.3.1 Die Verankerungszone ist gleich der ungerissenen lamellenseitigen Bauteiloberfläche. Es können folgende charakteristische Längen unterschieden werden (Figur 4):

l_{ld} Bemessungswert der Länge des Lamellenabschnitts, der in der Verankerungszone liegt.

l_{b0d} Bemessungswert der wirksamen Verankerungslänge, deren Überschreitung keine Erhöhung des Verankerungswiderstands bewirkt.

l_{bd} Bemessungswert der rechnerischen Verankerungslänge, von der gefordert wird, dass sie nicht grösser ist als l_{b0} und in der Verankerungszone des Bauteils liegt ($l_{bd} = \min\{l_{ld}, l_{b0d}\}$).

3.1.5.3.2 Für die Berechnung des Verankerungswiderstands auf Beton wird angenommen, dass das Versagen durch Erreichen der Schubfestigkeit des Untergrunds eintritt.

3.1.5.3.3 Das Tragverhalten einer Klebeverankerung auf Beton ist mit einem wirklichkeitsnahen Modell nachzubilden. Die bei anderen Bemessungsproblemen zum Teil übliche, vereinfachte Annahme von konstanten (nominellen) Schubspannungen ist nicht zulässig. Die Anwendung des Verbundgesetzes gemäss Figur 3 führt zu den Rechenformeln in Tabelle 4.

Figur 3: Modell für die Bestimmung des Tragwiderstands von Klebeverankerungen auf Beton

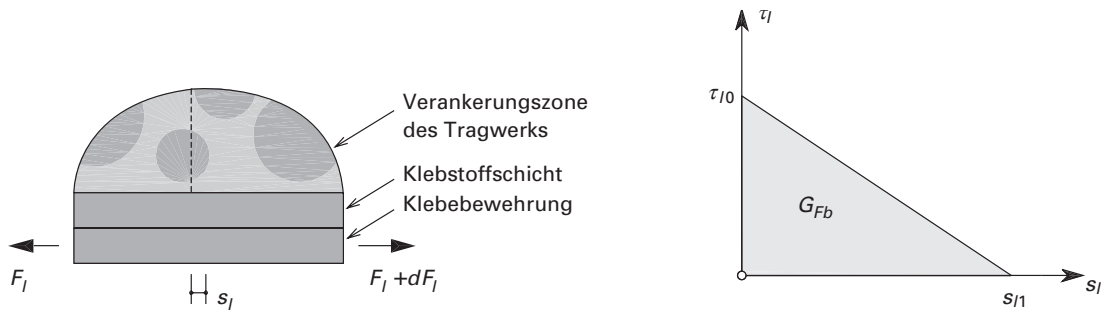


Tabelle 4: Rechenformeln für die Bestimmung des Tragwiderstands der Verankerung

Verankerungslänge	Tragwiderstand	
$l_{bd} \geq l_{b0d} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{G_{Fbd} \cdot E_l \cdot t_l}{\tau_{l0d}^2}}$	$F_{b0,Rd} = b_l \cdot \sqrt{2 \cdot G_{Fbd} \cdot E_l \cdot t_l}$	(10, 11)
<p>Beschreibung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – maximaler Tragwiderstand – Verankerungslängen $l_{bd} \geq l_{b0d}$ liefern keinen höheren Tragwiderstand. – Die Verankerungslänge l_{bd} liegt vollständig im rechnerisch ungerissenen Bereich eines Tragwerks. 		
$l_{bd} < l_{b0d}$	$F_{b,Rd} = b_l \cdot \sqrt{2 \cdot G_{Fbd} \cdot E_l \cdot t_l} \cdot \sin \sqrt{\frac{\tau_{l0d}^2 \cdot l_{bd}^2}{2 \cdot G_{Fbd} \cdot E_l \cdot t_l}}$	(12, 13)
<p>Beschreibung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tragwiderstand bei Verankerungslängen $l_{bd} < l_{b0d}$. – Die Verankerungslänge l_{b0d} liegt vollständig im rechnerisch ungerissenen Bereich eines Tragwerks. 		

l_{bd} Bemessungswert der Verankerungslänge

l_{b0d} Bemessungswert der wirksamen Verankerungslänge

$F_{b,Rd}$ Bemessungswert des Verankerungswiderstands

$F_{b0,Rd}$ Bemessungswert des maximalen Verankerungswiderstands

G_{Fbd} Bemessungswert der spezifischen Bruchenergie des Untergrunds gemäss Ziffer 3.1.5.3.4

τ_{l0d} Bemessungswert der vom Untergrund maximal aufnehmbaren Schubspannung gemäss Ziffer 3.1.5.3.5

b_l, t_l Breite und Dicke der Klebebewehrung

E_l Elastizitätsmodul der Klebebewehrung

3.1.5.3.4 Der Bemessungswert der spezifischen Bruchenergie G_{Fbd} des oberflächennahen Betons ist für Beton der Klassen C 20/25 bis C 50/60 näherungsweise proportional zur Haftzugfestigkeit:

$$G_{Fbd} = \frac{1}{8} \cdot \frac{f_{ctH}}{\gamma_M}, \quad G_{Fbd} \text{ in N/mm} \quad (14)$$

f_{ctH} Mittelwert der Haftzugfestigkeit nach DIN 1048 Teil 2

γ_M Widerstandsbeiwert entsprechend Tabelle 3

- 3.1.5.3.5 Der Bemessungswert der maximal vom oberflächennahen Beton aufnehmbaren Schubspannung τ_{l0d} ist für Beton der Klassen C 20/25 bis C 50/60 näherungsweise proportional zur Haftzugfestigkeit:

$$\tau_{l0d} = \frac{4}{3} \cdot \frac{f_{ctH}}{\gamma_M} \quad (15)$$

f_{ctH} Mittelwert der Haftzugfestigkeit nach DIN 1048 Teil 2
 γ_M Widerstandsbeiwert entsprechend Tabelle 3

3.1.5.4 KLEBEVERANKERUNG AUF MAUERWERK

Klebebewehrungen auf Mauerwerk sind wenn möglich in angrenzenden Betonbauteilen zu verankern. Falls die Verankerung auf Mauerwerk unumgänglich ist, sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Verankerung ist so auszubilden, dass die Verankerungskraft vorwiegend durch Formschluss auf Druck an das Mauerwerk abgegeben werden kann.
- Die Druckspannungen in der Schichtgrenze Klebstoff/Mauerwerk sind auf die Steindruckfestigkeit f_b bzw. die Steinquerzugfestigkeit f_{bq} nach Norm SIA 266 zu beschränken.
- Die Kraftübertragung in den angrenzenden Stoss- und Lagerfugen ist nachzuweisen.

3.1.5.5 KLEBEVERANKERUNG AUF METALL UND HOLZ

- 3.1.5.5.1 Das Tragverhalten einer Klebeverankerung auf Metall oder auf Holz ist mit einem wirklichkeitsnahen Modell zu erfassen. Liegt keine für die Behandlung des Verankerungsfalls geeignete Theorie vor, wird die Durchführung von Versuchen empfohlen.

- 3.1.5.5.2 Das Kriechen von Holztragwerken kann dazu führen, dass eine Klebebewehrung eine zeitabhängige Beanspruchungszunahme erfährt. Dies ist bei der Bemessung der Verankerung zu berücksichtigen.

3.1.5.6 VERANKERUNGSHILFSMITTEL

- 3.1.5.6.1 Mit zusätzlichen Vorrichtungen können höhere Verankerungswiderstände oder kürzere Verankerungslängen als gemäss Ziffer 3.1.5.3 erreicht werden. Zum Beispiel können Dübelverankerungen für Stahllamellen oder Anpressplatten für Lamellen und Gewebe bzw. Gelege aus Faserverbundwerkstoffen verwendet werden.

- 3.1.5.6.2 Das Verhalten solcher Verankerungssysteme, insbesondere der Verankerungswiderstand, muss aus theoretischen oder experimentellen Untersuchungen bekannt sein.

- 3.1.5.6.3 Die Widerstände unterschiedlicher Verankerungssysteme dürfen nur dann überlagert werden, wenn deren Verformungsverhalten vergleichbar und damit das Zusammenwirken sichergestellt ist.

3.1.6 Verbund

- 3.1.6.1 Bei Bauteilen, die infolge Zugbeanspruchung Risse aufweisen, wird die in der Bewehrung herrschende Dehnungskonzentration in den Rissbereichen der Wirkungszone mit Hilfe des Verbundbeiwerts κ berücksichtigt:

$$\kappa = \frac{\varepsilon}{\varepsilon''} \quad (16)$$

ε mittlere Bewehrungsdehnung
 ε'' Bewehrungsdehnung im Riss

- 3.1.6.2 Bei Bauteilen aus Beton oder Mauerwerk sind folgende Beträge für den Verbundbeiwert einzusetzen:
 Verbundbeiwert der inneren Stabbewehrung: $\kappa_s = 0,7$ (17)
 Verbundbeiwert der äusseren Klebebewehrung: $\kappa_l = 0,9$ (18)

- 3.1.6.3 Bauteile aus Metall oder Holz sind im Allgemeinen ungerissen, so dass die Untergrundoberfläche und die Klebebewehrung an jeder Stelle der Wirkungszone die gleiche Dehnung aufweisen. Bei gerissenen Bauteilen aus Metall oder Holz ist der Verbundbeiwert κ mit einem theoretischen Modell oder experimentell zu bestimmen.

3.1.7 Tragsicherheit von verstärkten Biegeträgern

3.1.7.1 ALLGEMEINES

3.1.7.1.1 Verstärkte Biegeträger versagen in der Regel entsprechend einem der folgenden Versagensmechanismen:

- Untergrundversagen im verstärkten oder im unverstärkten Bereich
- Verstärkungsversagen
- Verbundversagen.

Die Sicherheit gegenüber diesen Versagensmechanismen gilt als nachgewiesen, wenn die Bedingungen entsprechend Ziffer 3.1.7.1.4 eingehalten sind.

3.1.7.1.2 Die Tragwiderstände des verstärkten Bauteils sind unter Berücksichtigung der bekannten Tragwerkeigenschaften gemäss Ziffer 3.1.3 zu bestimmen. Insbesondere sind die Vordehnungen infolge Lastgeschichte, Belastung zum Verstärkungszeitpunkt und Vorspannung mit einzubeziehen.

3.1.7.1.3 Für die Durchführung einer detaillierten Querschnittsanalyse ist von folgenden Annahmen auszugehen:

- Die Querschnitte bleiben eben und rechtwinklig zur Stabachse.
- Die Klebebewehrung überträgt gemäss Ziffer 3.1.3.6 nur Zugkräfte in ihrer Richtung.
- Die Zugfestigkeit des Betons wird vernachlässigt.
- Das Spannungs-Dehnungs-Verhalten der beteiligten Werkstoffe wird gemäss Ziffer 3.1.4 und allenfalls Ziffer 3.1.3.7 in Rechnung gestellt.
- Bei gerissenem Untergrund wird die Dehnungskonzentration in der Bewehrung mit dem Verbundbeiwert κ berücksichtigt.

3.1.7.1.4 Bei Biegung gilt die Tragsicherheit als nachgewiesen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$M_d \leq M_{Rd} \quad (\text{Biegenachweis im unverstärkten Bereich}) \quad (19)$$

$$V_d \leq V_{Rd} \quad (\text{Querkraftnachweis im unverstärkten und im verstärkten Bereich}) \quad (20)$$

$$F''_{b,d} \leq F_{b,Rd} \quad (\text{Verankerungsnachweis am Ende der Wirkungszone}) \quad (8)$$

$$F'_{l,d} \leq F_{l,Rd} \quad (\text{Zugkraftnachweis in der Wirkungszone}) \quad (21)$$

$$\left(\frac{\Delta F_{l,d}}{\Delta x} \right) \leq \left(\frac{\Delta F_l}{\Delta x} \right)_{Rd} \quad (\text{Nachweis der Zugkraftänderung in der Wirkungszone}) \quad (22)$$

Die Auswirkungen und Widerstände können folgendermassen ermittelt werden:

M_d	entsprechend Ziffer 3.1.2
M_{Rd}	entsprechend Ziffer 3.1.7.2.5
V_d	entsprechend Ziffer 3.1.2
V_{Rd}	entsprechend Ziffer 3.1.7.2.6
$F''_{b,d}$	entsprechend Ziffer 3.1.5.2
$F_{b,Rd}$	entsprechend Tabelle 4
$F'_{l,d}$	entsprechend Ziffer 3.1.7.2.3
$F_{l,Rd}$	entsprechend Ziffer 3.1.7.2.7
$(\Delta F_{l,d}/\Delta x)$	entsprechend Ziffer 3.1.7.2.4
$(\Delta F_l/\Delta x)_{Rd}$	entsprechend Ziffer 3.1.7.2.8

Für die Ermittlung der inneren Kräfte können folgende Formeln verwendet werden:

$$F''_{sd}(M_d) = A_s \cdot E_s \cdot \frac{\varepsilon_{sd}}{\kappa_s} \leq A_s \cdot f_{sd} \quad (23)$$

$$F''_{ld}(M_d) = A_l \cdot E_l \cdot \frac{\varepsilon_{ld}}{\kappa_l} \leq A_l \cdot f_{yd} \quad (24)$$

Verstärkte Biegeträger mit Querkraftverstärkung

Wird die Biegeverstärkung von einer bügelförmigen Querkraftverstärkung umfasst, so wird die Verformung im Bruchzustand erhöht. Auf diese Weise wird die fachwerkartige Abtragung der inneren Kräfte ermöglicht, so dass sowohl das Biegemoment als auch die Querkraft Zugkräfte in Längsrichtung erzeugen (Figur 5c). Die Aufteilung auf die innere Bewehrung und die Klebebewehrung kann auf folgende Art erfolgen:

- In Bereichen, wo die innere Bewehrung aus Biegung die Fließgrenze noch nicht erreicht hat, wird ihr der Zugkraftanteil aus Querkraft zugewiesen.
- In Bereichen, wo die innere Bewehrung fließt, ist sicherzustellen, dass der Beton den Zugkraftzuwachs aus Querkraft bis auf die Lamelle übertragen kann.
- Im Verankerungsbereich der Lamelle muss die innere Bewehrung die gesamte Zugkraft aufnehmen.

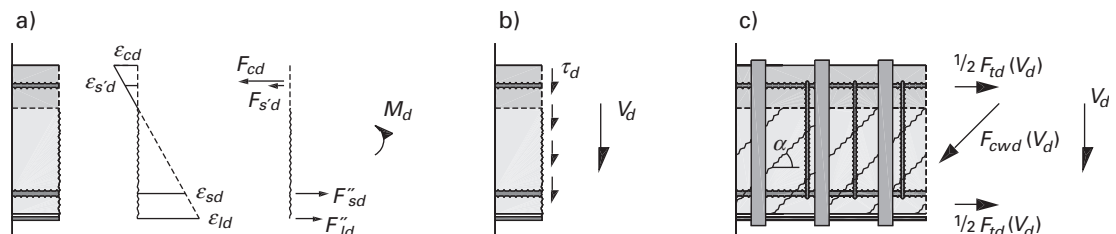
Für die Ermittlung der inneren Kräfte können unter Beachtung von Ziffer 3.1.7.3.5 folgende Formeln verwendet werden:

$$F_{td}(V_d) = V_d \cdot \cot \alpha \quad (25)$$

$$F''_{sd}(M_d, V_d) = A_s \cdot E_s \cdot \frac{\varepsilon_{sd}}{\kappa_s} + \frac{1}{2} \cdot F_{td}(V_d) \leq A_s \cdot f_{sd} \quad (26)$$

$$F''_{ld}(M_d, V_d) = A_l \cdot E_l \cdot \frac{\varepsilon_{ld}}{\kappa_l} + \frac{1}{2} \cdot F_{td}(V_d) \leq A_l \cdot f_{yd} \quad (27)$$

Figur 5: Innere Kräfte bei Trägern mit Biegeverstärkung: a) infolge Biegung; b) infolge Querkraft ohne Querkraftverstärkung; c) infolge Querkraft mit Querkraftverstärkung.



3.1.7.2.4 An zwei benachbarten Stellen x und $x + \Delta x$ herrscht im Allgemeinen eine unterschiedliche Kraft in der Klebebewehrung. Die auf die Länge bezogene Zugkraftänderung ist auf folgende Weise zu ermitteln:

$$\frac{\Delta F_{ld}}{\Delta x} = \frac{F_{ld}(x + \Delta x) - F_{ld}(x)}{\Delta x} \quad (28)$$

3.1.7.2.5 Die Ermittlung des Biege widerstands M_{Rd} erfolgt nach Norm SIA 262.

3.1.7.2.6 Die Ermittlung des Querkraftwiderstands V_{Rd} erfolgt nach Norm SIA 262, wobei Träger ohne lamellenumfassende Querkraftverstärkung wie Bauteile ohne Querkraftbewehrung behandelt werden können.

3.1.7.2.7 Mit dem Zugkraftwiderstand werden sowohl die Festigkeit der Klebebewehrung als auch die Verformungsverträglichkeit mit dem Untergrund berücksichtigt. Der Betrag ist folgendermassen zu bestimmen:

$$F_{l,Rd} = A_l \cdot E_l \cdot \varepsilon_{l,lim,d} \leq A_l \cdot E_l \cdot \varepsilon_{fud} \quad (29)$$

$$\varepsilon_{l,lim,d} = 8\text{‰} \quad (30)$$

3.1.7.2.8 Der Zugkraftänderungswiderstand beschränkt die mittleren Schubspannungen, die zwischen der Klebebewehrung und dem Untergrund übertragen werden:

$$\left(\frac{\Delta F_I}{\Delta X}\right)_{Rd} = \tau_{l,lim,d} \cdot b_I \quad (31)$$

$$\tau_{l,lim,d} = 2,5 \cdot \tau_{cd} \quad \tau_{cd} \text{ nach Norm SIA 262} \quad (32)$$

3.1.7.3 QUERKRAFT BEI STAHL- UND SPANNBETONTRÄGERN

3.1.7.3.1 Der Querkraftwiderstand von Stahl- und Spannbetonträgern kann durch das Anbringen von bügel-förmiger Klebebewehrung erhöht werden. Dem Querkraftnachweis von verstärkten Stahl- und Spannbetonträgern ist ein Spannungsfeld mit variabler Neigung der Druckfelder nach Norm SIA 262 zu Grunde zu legen.

3.1.7.3.2 Die Querkraftwiderstände des unverstärkten Bauteils und der als Bügel wirkenden Klebebewehrung dürfen superponiert werden, wenn folgende Voraussetzungen und Regeln eingehalten werden:

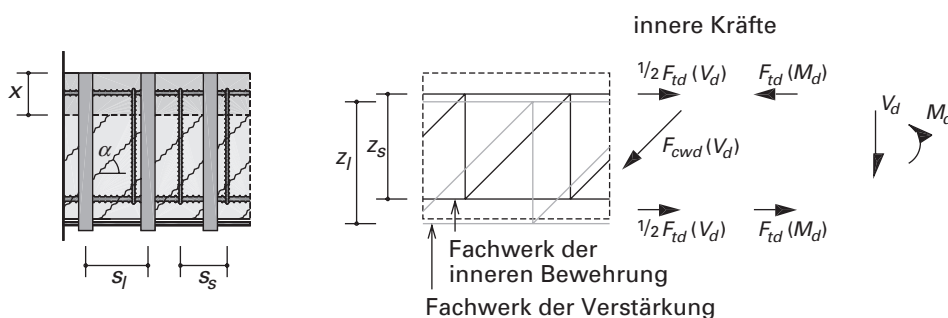
- Im unverstärkten Gebrauchszustand sind keine Schubrisse vorhanden.
- Die inneren Bügel fließen schon, bevor die geklebten Bügel ihre Zugkraft F_{Iw} entsprechend Ziffer 3.1.7.3.3 erreicht haben, d.h. $F_{Iw} / (A_I \cdot E_I) > f_y / E$.
- Für beide Anteile des Querkraftwiderstands ist dieselbe Diagonalenrichtung anzusetzen.
- Die im Allgemeinen unterschiedlichen Hebelarme z_s und z_l der fachwerkartig wirkenden Querkraftverstärkungen werden bestimmt entsprechend den Darstellungen in Figur 6 und Tabelle 5.
- Weisen die beiden Anteile unterschiedliche Bügelneigungen auf, so sind kinematische Überlegungen anzustellen.
- Das Versagen der Betondruckdiagonalen ist in dem Bereich nachzuweisen, der von beiden Arten von Bügeln umfasst wird.
- Der Längszug aus Querkraft muss von der Bewehrung bzw. von der durch Biegung überdrückten mitwirkenden Betonzone aufgenommen werden können. Die Längsbewehrung muss an den Enden ausreichend verankert sein.

Unter Einhaltung dieser Punkte beträgt der Widerstand der gesamten Bügelbewehrung:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{Rd,l} = \frac{A_{sw} \cdot f_{sd}}{s_s} \cdot z_s \cdot \cot \alpha + \frac{F_{Iwd}}{s_l} \cdot z_l \cdot \cot \alpha \quad (33)$$

$V_{Rs,d}$	Bemessungswert des Querkraftwiderstands der inneren Bügel
$V_{Rl,d}$	Bemessungswert des Querkraftwiderstands der geklebten Bügel
A_{sw}	Querschnittfläche der inneren Bügel
f_{sd}	Bemessungswert der Fließgrenze der inneren Bügel
s_s	Bügelabstand
z_s	Hebelarm der Zug- und Druckresultierenden der inneren Bewehrung
F_{Iwd}	Bemessungswert der in der Klebebewehrung wirkenden Zugkraft, ermittelt nach den Bestimmungen dieser Vornorm
s_l	Abstand der geklebten Bügel
z_l	Hebelarm der Zug- und Druckresultierenden der Klebebewehrung, ermittelt nach den Bestimmungen dieser Vornorm
α	Neigungswinkel der Betondruckdiagonalen

Figur 6: Modell für die Wirkung der Querkraftbewehrung



3.1.7.3.3 Für die Modellierung des Tragwiderstands eines geklebten Bügels ist anzunehmen, dass dieser als an den Enden verankertes Zugband wirkt. Die zugehörige Zugkraft ist beschränkt durch die in den Verankerungszonen aufnehmbare Verankerungskraft F_b bzw. durch die Bruchkraft der verwendeten Bügel: $F_{lw} = \min(F_{b,sup}, F_{b,inf}, F_{lu})$. (33a)

Die Verankerungskraft F_b und der Hebelarm der Zug- und Druckresultierenden der geklebten Bewehrung z_l kann entsprechend den Angaben in Tabelle 5 ermittelt werden.

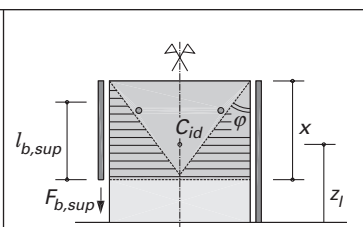
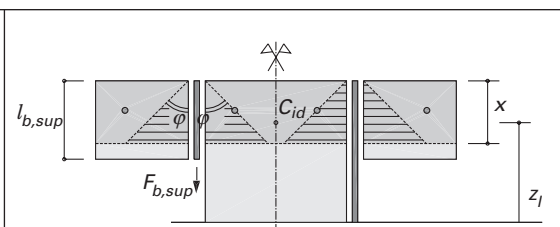
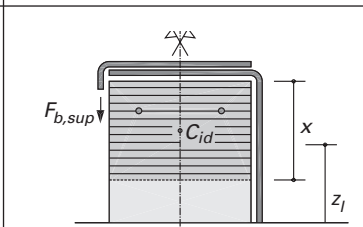
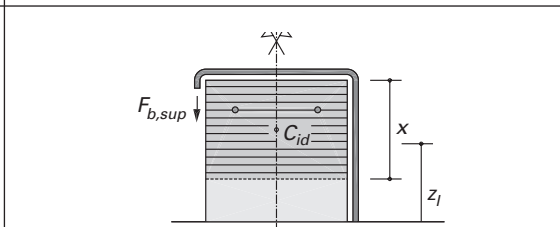
3.1.7.3.4 Soll ein Biegeträger für Querkraft verstärkt werden, der im unverstärkten Gebrauchszustand bereits Schubrisse aufweist, sind Bügel zu verwenden, die die gesamte Trägerhöhe umfassen und vorgespannt werden können. Die Klebewirkung hat damit nur konstruktiven Charakter.

3.1.7.3.5 Der Längszug infolge Querkraft wird wo möglich der inneren Bewehrung zugewiesen. In den Bereichen, wo diese fließt, kann unter Einhaltung folgender Punkte die Längszugkraft einer Klebewehrung zugeordnet werden.

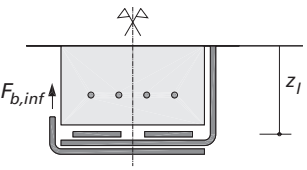
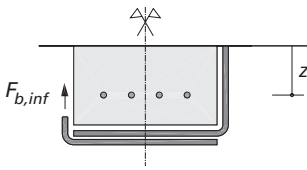
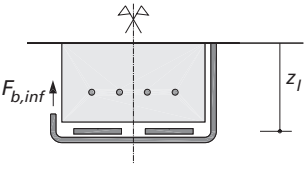
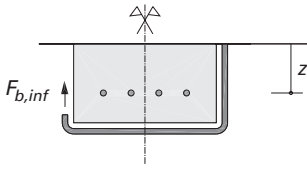
- Die bügelförmige Klebewehrung umfasst die längs laufende Klebewehrung.
- Die längs laufende Klebewehrung ist ausreichend verankert.

Tabelle 5: Bestimmung des Hebelarms der inneren Kräfte und der verankerten Bügelkraft

Biegedruckseite

<p>Beschreibung</p> <p>$F_{b,sup}$</p> <p>φ</p> <p>z_l</p>	 <p>Verankerung durch seitliches Ankleben in der Biegedruckzone</p> <p>entsprechend Ziffer 3.1.5</p> <p>37°</p> <p>ab C_{id}</p>	 <p>Verankerung durch Vermörtelung im Bohrloch</p> <p>experimentell</p> <p>45°</p> <p>ab C_{id}</p>
<p>Beschreibung</p> <p>$F_{b,sup}$</p> <p>z_l</p>	 <p>Überlappen beidseitig angebrachter Schubwinkel</p> <p>experimentell</p> <p>ab C_{id}</p>	 <p>Umwicklung des Querschnitts</p> <p>experimentell</p> <p>ab C_{id}</p>

Biegezugseite (Fortsetzung Tabelle 5)

<p>Beschreibung</p> <p>$F_{b,inf}$</p> <p>z_l</p>	 <p>Überlappen beidseitig angebrachter Schubwinkel, mit geklebter Längsbewehrung experimentell bis zur geklebten Längsbewehrung</p>	 <p>Überlappen beidseitig angebrachter Schubwinkel, ohne geklebte Längsbewehrung experimentell bis zur inneren Längsbewehrung</p>
<p>Beschreibung</p> <p>$F_{b,inf}$</p> <p>z_l</p>	 <p>Umwicklung des Querschnitts, mit geklebter Längsbewehrung experimentell bis zur geklebten Längsbewehrung</p>	 <p>Umwicklung des Querschnitts, ohne geklebte Längsbewehrung experimentell bis zur inneren Längsbewehrung</p>

C_{id}	Schwerpunkt der schraffierten Fläche = Angriffspunkt der Zugresultierenden aus Querkraft
x	Biegedruckzone
φ	Ausbreitungswinkel der Verankerungskraft der geklebten Bügel
$l_{b,sup}$	Verankerungslänge oben
$F_{b,sup}, F_{b,inf}$	Verankerungskraft oben, unten
z_l	Hebelarm der Zug- und Druckresultierenden der Klebebewehrung

3.1.8 Tragsicherheit von biegebeanspruchten Flächentragwerken

3.1.8.1 STAHLBETONPLATTEN

3.1.8.1.1 Werden Stahlbetonplatten mit Stahllamellen verstärkt, so sind diese vorwiegend in der Haupttragwirkung anzuordnen. Plattenmomente (Auswirkungen) dürfen nach dem unteren Grenzwertsatz der Plastizitätstheorie und Biege widerstände nach Norm SIA 262 ermittelt werden.

3.1.8.1.2 Werden Stahlbetonplatten mit einer Lage Lamellen aus Faserverbundwerkstoff verstärkt, so sind diese so anzuordnen, dass die Lamellen die erwarteten Biegerisse möglichst rechtwinklig, zumindest jedoch in Winkeln $\geq 60^\circ$ kreuzen. Wenn dies nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, sind die Lamellen kreuzweise anzuordnen. Die Ermittlung der Plattenmomente hat auf der Basis der Elastizitätstheorie zu geschehen.

3.1.8.1.3 Die Querkraftbemessung kann nach Norm SIA 262 erfolgen. Die je nach Querkraft notwendige volle Verankerung der maximalen Biegebewehrung bis über die Auflager hinaus ist durch konstruktive Massnahmen sicherzustellen.

3.1.8.1.4 Die Klebebewehrung darf nicht an den in den Durchstanzwiderstand eingehenden Biegebewehrungsgehalt ρ nach Norm SIA 262 angerechnet werden.

3.1.8.2 AUF BIEGUNG BEANSPRUCHTES MAUERWERK

3.1.8.2.1 Wird Mauerwerk auf Biegung beansprucht, so können der Klebebewehrung Zugkräfte zugewiesen werden, die durch Stoss- und Lagerfugen nicht übernommen werden können.

3.1.8.2.2 Die Berechnungsmethoden für Stahlbeton nach Norm SIA 262 und dieser Vornorm können unter Beachtung der Werkstoffkenngrössen des Mauerwerks gemäss Norm SIA 266 sinngemäss angewendet werden.

3.1.9 Tragsicherheit von verstärkten Scheiben

3.1.9.1 Der Tragwerksanalyse ist ein statisch zulässiger Spannungszustand (z.B. Fachwerkmodell oder Spannungsfelder) zu Grunde zu legen.

3.1.9.2 Klebebewehrung bei in ihrer Ebene beanspruchten Mauerwerkscheiben hat als primäres Ziel, deren Integrität auch bei hohen und/oder zyklischen Belastungen und grossen Verformungen zu gewährleisten.

3.1.10 Tragsicherheit von verstärkten Druckgliedern

3.1.10.1 Bei Stahlbetondruckgliedern kann die Klebebewehrung folgende Aufgaben von konventionellen Verbügelungen ganz oder teilweise übernehmen:

- Aufnahme der Spreizkräfte bei Lasteinleitungen und Bewehrungsstössen
- Aufnahme der Querkraft bei eingespannten Stützen
- Verhindern des Ausknickens der Längsbewehrung.

3.1.10.2 Soll der Normalkrafttragwiderstand von Druckgliedern nach Norm SIA 262 durch Umschnürungsbe-
wehrung vergrössert werden, so ist für die Umschnürung statt f_{sd} folgende Bemessungsspannung einzusetzen:

- | | |
|---|---|
| – Lamellen aus Stahl: | Bemessungswert der Fließgrenze des verwendeten Stahls f_{yd} |
| – Lamellen aus Faserverbundwerkstoffen: | Bemessungswert der Tangentialkomponente der Längsspannung bei $\varepsilon_{l,lim,d} = 2\text{‰}$ ¹⁾ |
| – Gewebe und Gelege: | Bemessungswert der Tangentialspannung bei $\varepsilon_{l,lim,d} = 2\text{‰}$ ¹⁾ |

¹⁾ Der Wert für $\varepsilon_{l,lim,d}$ darf anders gewählt werden, wenn gesicherte, dem Bemessungsproblem entsprechende Kenntnisse vorliegen.

3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

3.2.1 Konzept

3.2.1.1 Die Gebrauchstauglichkeit gilt als nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$E_d \leq C_d \quad (34)$$

E_d Bemessungswert der Auswirkung mit $\gamma_F = 1,0$ (Gebrauchsniveau)

C_d zugehörige Gebrauchsgrenze

3.2.2 Bestimmung der Schnittgrößen und Spannungen

3.2.2.1 Das Tragwerk verhält sich im Allgemeinen auf Gebrauchsniveau elastisch. Deshalb werden die Auswirkungen als Schnittgrößen in der Regel mit der Elastizitätstheorie bestimmt.

3.2.2.2 Der Bemessungswert der Auswirkung E_d ist getrennt für vor und nach der Applikation der Klebebewehrung auftretende Einwirkungen zu bestimmen.

3.2.2.3 Bei Spannungsnachweisen an Querschnitten aus Stahl und Holz dürfen die Spannungen superponiert werden.

3.2.2.4 Bei Spannungsnachweisen an Querschnitten, die Beton und/oder Mauerwerk enthalten, sind die Dehnungen zu superponieren.

3.2.2.5 Der Einfluss einer Vorspannung der Klebebewehrung auf den Spannungszustand, das Rissmoment und die Verformungen kann berücksichtigt werden.

3.2.2.6 Mögliche Einflüsse des Langzeitverhaltens der verwendeten Werkstoffe und Systeme auf die Gebrauchstauglichkeit sind zu beurteilen.

3.2.3 Funktionstüchtigkeit von Betontragwerken

3.2.3.1 SPANNUNGEN IM GEBRAUCHSZUSTAND

Die im Gebrauchszustand in den innen liegenden Bewehrungen des verstärkten Betontragwerks herrschenden Spannungen haben den Anforderungen entsprechend Norm SIA 262 zu genügen bzw. dürfen 90% des charakteristischen Wertes der Fließgrenze der entsprechenden Stähle nicht überschreiten.

3.2.3.2 VERFORMUNGEN

3.2.3.2.1 Durch die Klebebewehrung ist der Zuwachs der Querschnittssteifigkeit geringer als der Zuwachs des Tragwiderstands. Ein Nachweis der Verformungen ist deshalb durchzuführen, insbesondere bei der Anwendung von hochfesten Faserverbundwerkstoffen.

3.2.3.2.2 Die Berechnung der Durchbiegungen von vorwiegend auf Biegung beanspruchten Betonbauteilen stützt sich sinngemäss auf Norm SIA 262.

3.2.3.2.3 Für die Berechnung von mittleren Bewehrungsgehalten ist die gewichtete Summe der Querschnitte der verschiedenen Bewehrungen einzusetzen. Die statische Höhe entspricht dem Abstand vom Druckrand zum gewichteten Schwerpunkt der einzelnen Bewehrungen. Die Gewichtung ergibt sich aus dem Verhältnis der Elastizitätsmoduli E_I/E_s .

3.2.4 Funktionstüchtigkeit von Holztragwerken

Das primäre Ziel einer Lamellenapplikation kann eine Versteifung sein.

3.3 Erdbeben

3.3.1 Konzept

3.3.1.1 Durch eine geeignet angeordnete Klebebewehrung kann der Bruchmechanismus an eine Stelle des Tragwerks mit grösserem Verformungsvermögen verschoben werden. Dadurch können beispielsweise ein verformungsarmer Schubbruch vermieden und ein duktiler Biegebruchmechanismus ermöglicht werden.

3.3.1.2 Bauteile wie Stützen aus Stahlbeton können mit einer Klebebewehrung umwickelt werden. Dadurch wird eine Umschnürung erwirkt, mit der eine grössere Bruchverformung und Festigkeit des Stahlbetonbauteils erreicht werden kann.

3.3.2 Bemessungssituation Erdbeben

3.3.2.1 Wird Klebebewehrung verwendet, um Tragwerke für nicht duktilen Verhalten zu bemessen, so ist für den Verhaltensbeiwert $q = 1,5$ einzusetzen.

3.3.2.2 Wird Klebebewehrung verwendet, um Betontragwerke für duktilen Verhalten zu bemessen, ist für den Verhaltensbeiwert $q = 3,0$ einzusetzen. In Bereichen, wo sich plastische Gelenke ausbilden können, darf Klebebewehrung nur als Umschnürung und Verbügelung eingesetzt werden.

3.3.2.3 Für Mauerwerk gelten die Verhaltensbeiwerte von Norm SIA 266. Für die Bemessung und konstruktive Durchbildung ist nachstehende Ziffer 3.3.3.2 zu beachten. Erfüllen Mauersteine und Mauermörtel die Anforderungen von Norm SIA 266 nicht, ist die Aufnahme der auftretenden Druckkräfte explizit nachzuweisen.

3.3.2.4 Für Holztragwerke gelten die Verhaltensbeiwerte von Norm SIA 265.

3.3.3 Bauliche Durchbildung

3.3.3.1 Im Betonbau können die Bestimmungen der Norm SIA 262 für Umschnürungen sinngemäss angewendet werden unter Einhaltung folgender Regeln:

- Statt Achsabstände von Bügeln sind lichte Abstände von Lamellen vorzusehen oder flächendeckende Gelege oder Gewebe zu verwenden.
- Die Verankerung erfolgt im Allgemeinen mit der wirksamen Verankerungslänge l_{bd} .

3.3.3.2 Im Mauerwerksbau können die Bestimmungen der Norm SIA 266 für duktilen Mauerwerk sinngemäss angewandt werden, indem für den geometrischen Bewehrungsgehalt ρ das Verhältnis von Querschnittsfläche der in angrenzenden Bauteilen verankerten Bewehrung und zugehöriger Mauerwerksfläche eingesetzt wird.

4 BAULICHE DURCHBILDUNG

4.1 Allgemeine Grundsätze

- 4.1.1 Das Tragwerksmodell ist konstruktiv so umzusetzen, dass Anordnung und Verankerung der Klebbewehrungen mit dem Berechnungsmodell übereinstimmen.
- 4.1.2 Die konstruktive Ausgestaltung der Klebbewehrung hat den Randbedingungen der Montage Rechnung zu tragen.
- 4.1.3 Zugspannungen senkrecht zur Klebefuge sind grundsätzlich zu vermeiden. Bei konkav gekrümmten Flächen oder bei Vouten sind Massnahmen zu treffen (z.B. Verdübelung).
- 4.1.4 Den unbeabsichtigten Ablenkungen der Kräfte durch Unebenheiten des Untergrundes ist die entsprechende Beachtung zu schenken.

4.2 Abmessungen

- 4.2.1 Zur Sicherstellung einer modellgemässen Wirkungsweise im Grenzzustand der Tragsicherheit und einer fachgerechten Verklebung sind für unidirektionale Lamellen folgende Maximal- bzw. Minimalabmessungen einzuhalten:

	Stahllamellen	Lamellen aus Faserverbundwerkstoffen
minimale Dicke	5 mm	1 mm
maximale Dicke	15 mm	5 mm
maximale Breite	200 mm	200 mm

- 4.2.2 Der minimale Abstand benachbarter Lamellen ist so zu wählen, dass bei der Montage der Klebstoff seitlich ausgepresst werden kann.

4.3 Verankerungen und Stösse

- 4.3.1 Schubbewehrungen sind so auszubilden, dass sie die Zugbewehrung umschliessen. Die Übertragung der Bügelkraft in die Biegedruckzone ist sicherzustellen.
- 4.3.2 Allenfalls notwendige Stösse sind in Zonen mit kleiner Beanspruchung zu legen.

4.4 Kreuzung von Lamellen

- 4.4.1 Bei Kreuzung von Lamellen können folgende Massnahmen angewendet werden:
- Ausfräsen des Untergrundes für die erste Lamellenlage.
 - Aufdoppeln des Untergrundes für die zweite Lamellenlage (Reprofilierung oder Mehrauftrag von Klebstoff).
 - Bei Stahllamellen Ausfräsen der ersten oder zweiten Lamellenlage. Zu beachten sind Ablenkkkräfte und Kerbwirkungen.
- 4.4.2 Weitere Massnahmen sind
- die Kombination einer ersten Lamellenlage aus Faserverbundwerkstoffen mit einer zweiten Lage aus Stahllamellen;
 - der Einsatz von flächigen Blechen mit lochartigen Aussparungen;
 - der Einsatz von Geweben und Gelegen.

4.5 Konstruktive Schutzmassnahmen

Folgende konstruktive Massnahmen dienen dem Schutz der Lamellen:

- Bearbeitung des Untergrunds: Flüssigkeitsbarrieren wie Tropfnasen, Frässchnitte und ähnliche Vorkehrungen können an Untersichten Wasser von Klebebewehrungen fernhalten.
- Bearbeitung der Lamellen: Bei Stahllamellen auf vertikalen Flächen kann stehendes Wasser durch Abschrägen der horizontalen Flächen verhindert werden.
- Verkleidungen: Verkleidungen schützen vor direkter Sonnenbestrahlung und mutwilliger Beschädigung, aber nur beschränkt gegen Brandeinwirkungen.
- Beschichtungen: Stahllamellen sind gemäss SN EN ISO 12944 entsprechend Einsatzbereich und Nutzungsdauer vor Korrosion zu schützen. Auf der Klebefläche muss der Primer allein diese Funktion gewährleisten.
- Anstriche: Helle Anstriche können die Erwärmung der Klebebewehrung bei direkter Sonnenbestrahlung beschränken.
- Beschriftungen: Beschriftungen können das fahrlässige und unwissentliche Beschädigen beschränken, aber das mutwillige Beschädigen fördern.

4.6 Brandschutzmassnahmen

- 4.6.1 Unabhängig vom Bemessungskonzept sind Stahllamellen konstruktiv so zu sichern, dass ein Herabfallen nach hitzebedingtem Versagen des Klebstoffes verhindert wird (z.B. durch Befestigung mittels Dübel an jedem Lamellenende).
- 4.6.2 Die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen, die mit geklebter Bewehrung verstärkt sind, kann mittels Brandschutzmassnahmen erhöht werden.
- 4.6.3 Isolierende Brandschutzmassnahmen sind auf die maximale Gebrauchstemperatur des Klebstoffes und die im Brandfall auftretenden Verformungen auszulegen.
- 4.6.4 Die in Stahllamellen vorhandenen Kräfte bei Brandeinwirkung können mittels mechanischer Verankerung ins Bauteil übertragen werden. Dabei sind die Brandschutzmassnahmen gemäss Norm SIA 263 und Empfehlung SIA 179 auf den Stahl und die mechanischen Verankerungen auszulegen.

5 WERKSTOFFE

5.1 Verstärkungssystem

5.1.1 Anforderungen

5.1.1.1 Die einzusetzenden Werkstoffe haben den festgelegten Anforderungen als Produkt für sich und als Teil im Gesamtsystem zu genügen.

5.1.1.2 Die verschiedenen Werkstoffe sind auf den Untergrund sowie aufeinander abzustimmen und müssen untereinander verträglich sein. Die wichtigsten dabei zu beurteilenden Parameter unter Kurz- und Langzeitbeanspruchungen sowie allenfalls bei schwingenden Bauwerksteilen sind:

- die mechanischen, chemischen und elektrochemischen Eigenschaften
- die Wärmedehnung
- das Verhalten bei erhöhter Temperatur und/oder Feuchtigkeit.

5.1.1.3 Spannsysteme dürfen nur verwendet werden, wenn ihre Eignung durch ein technisches Zulassungsverfahren und eine Konformitätsbewertung nach Norm SIA 262 und SIA 262/1 nachgewiesen ist. Fehlt eine spezifische Zulassungsrichtlinie, so sind die Bestimmungen der vorgenannten Normen sinngemäss anzuwenden.

5.1.2 Prüfung

5.1.2.1 Folgende Prüfungsarten werden unterschieden:

- Erstmalige Prüfungen dienen der Charakterisierung der Eigenschaften eines Werkstoffs bzw. des gesamten Verstärkungssystems sowie dem Nachweis der grundsätzlichen Eignung für die vorgesehenen Anwendungen (z.B. Laborprüfung).
- Eignungsprüfungen dienen dem Nachweis der Eignung eines Werkstoffs bzw. des gesamten Verstärkungssystems unter spezifischen Anwendungsbedingungen und im Rahmen der gewählten Arbeitsabläufe (z.B. am Objekt).
- Qualitätsprüfungen dienen dem Nachweis der geforderten Qualität während und nach der Ausführung.

5.1.2.2 Grundsätzlich sind nur Werkstoffe einzusetzen, für welche Atteste erstmaliger Prüfungen oder Resultate aus Eignungsprüfungen vorliegen.

5.1.2.3 Um die Eignung eines Werkstoffs für eine spezifische Anwendung zu prüfen, ist gegebenenfalls eine Eignungsprüfung an wirklichkeitsnahen Bauteilen nötig.

5.1.2.4 Die durchzuführenden Qualitätsprüfungen sind vorgängig im Kontrollplan festzulegen. Der Umfang der Prüfungen richtet sich nach der Bedeutung der Verstärkungsmassnahme sowie des gewählten Verstärkungssystems.

5.1.2.5 Für Eignungs- und Qualitätsprüfungen sind gegebenenfalls separate Prüfkörper herzustellen, damit die Prüfung mit den gleichen Methoden wie bei der erstmaligen Prüfung durchgeführt werden kann.

5.2 Klebebewehrung

5.2.1 Klebebewehrung aus Stahl

5.2.1.1 KLASSIFIKATION, BEZEICHNUNG UND PRÜFUNG

5.2.1.1.1 Klassifikation, Bezeichnung sowie Prüfungen und Kontrollen sind in den Normen SIA 263 und SIA 263/1 festgelegt.

5.2.1.1.2 Für Klebebewehrungen sind übliche Baustähle der Stahlsorte S 235 einzusetzen. Der Einsatz von Stählen höherer Festigkeiten und legierten Stählen setzt entsprechende Eignungsprüfungen voraus.

5.2.1.2 ANFORDERUNGEN

5.2.1.2.1 Die Anforderungen sind in den Normen SIA 263 und SIA 263/1 festgelegt. Darüber hinaus sind die Anforderungen gemäss den Ziffern 5.2.1.2.2 und 5.2.1.2.3 zu beachten.

5.2.1.2.2 Verstärkungselemente aus mehreren Stahlteilen dürfen mittels Schweißen zusammengesetzt werden. Für Schweißungen ist mindestens eine Herstellerqualifikation H4 erforderlich. Die Schweißnähte sind der Bewertungsgruppe C zuzuordnen und gemäss Norm SIA 263/1 zu prüfen.

5.2.1.2.3 Schweissarbeiten an verklebten Stahlteilen sind nicht zulässig.

5.2.1.2.4 Die zu verklebende Stahloberfläche ist zu reinigen, wobei ein Reinheitsgrad Sa 2½ zu erzielen ist. Unmittelbar danach ist die Oberfläche mit einem Primer zu schützen, der auf den Klebstoff abgestimmt ist und die erforderliche Übertragung der Kräfte vom Klebstoff zum Stahl ermöglicht. Durchführung und Prüfung haben gemäss Norm SN EN ISO 12944 zu erfolgen.

5.2.2 **Klebebewehrung aus Fasern oder Faserverbundwerkstoffen**

5.2.2.1 ARTEN UND BEZEICHNUNGEN

Folgende Arten von Klebebewehrungen aus Fasern oder Faserverbundwerkstoffen werden unterschieden:

- gerade und gebogene Lamellen mit unidirektional eingelegten Endlosfasern
- Gelege mit nicht oder teilimprägnierten Fasern
- Gewebe mit nicht oder teilimprägnierten Fasern.

5.2.2.2 ANFORDERUNGEN, PRÜFUNG UND KONTROLLE

5.2.2.2.1 Die Tauglichkeit der Klebebewehrung ist nachzuweisen. Zu deklarieren sind:

- Produktebezeichnung
- Lagerungsart, maximale Lagerdauer
- klimatische Grenzen für den Einsatz als Verstärkungsmittel
- Sicherheitsvorschriften
- eingesetzte Fasern inklusive Volumengehalt und Mischverhältnisse
- mechanische Eigenschaften der Fasern in Längsrichtung wie Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul und Bruchdehnung
- mechanische Eigenschaften des Verstärkungselementes wie Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul, Bruchdehnung in allen vorgesehenen Tragrichtungen. Werden in der gleichen Tragrichtung verschiedene Fasern gemischt, ist zudem das Spannungs-Dehnungs-Diagramm des Verstärkungselements anzugeben.
- minimale Biegeradien für Lagerung, Transport und Verklebung.

5.2.2.2.2 Die Prüfwerte der Zugfestigkeit entsprechen der 5%-Fraktile der Gauss'schen Normalverteilung, die übrigen mechanischen Werte den jeweiligen Mittelwerten, bezogen auf die Gesamtproduktion.

5.3 Klebstoff

5.3.1 Arten und Bezeichnungen

Als Klebstoffe werden in der Regel ungefüllte oder mit Quarzanteilen gefüllte Epoxidharze verwendet.

5.3.2 Anforderungen, Prüfung und Kontrolle

5.3.2.1 Die Tauglichkeit des Klebstoffes ist nachzuweisen. Zu deklarieren sind:

- Produktebezeichnung
- minimale und maximale Verarbeitungstemperatur (Untergrund und Umgebung)
- Dichte
- Mischungsverhältnis inklusive erforderlicher Genauigkeit (in Gewichtsteilen)
- Topfzeit, Offenzeit (für die maximal zulässige Arbeitstemperatur)
- Druck-, Zug- und Scherzugfestigkeit
- E-Modul, Querdehnungszahl
- Voraussetzungen an die Oberfläche der zu verklebenden Fügeiteile
- maximale Gebrauchstemperatur
- Chargennummer
- Lagerungsart, maximale Lagerdauer
- Sicherheitsvorschriften.

5.3.2.2 Die Prüfwerte der Druck-, Zug- und Scherzugfestigkeit entsprechen der 5%-Fraktile der Gauss'schen Normalverteilung, die übrigen mechanischen Werte den jeweiligen Mittelwerten, bezogen auf die Gesamtproduktion.

5.4 Hilfsmaterialien

5.4.1 Instandsetzungsmörtel

5.4.1.1 Instandsetzungsmörtel können zur Reprofilierung von Ausbruchstellen verwendet werden.

5.4.1.2 Für Beton sind Klassifikation, Anforderungen und Prüfung in der Empfehlung SIA 162/5 festgelegt. Zu verwenden sind Instandsetzungsmörtel der Klasse M3.

5.4.2 Reinigungsmittel

Reinigungsmittel sind auf die verwendeten Werkstoffe abzustimmen.

5.4.3 Verankerungen aus Stahl

Klassifikation, Anforderungen und Prüfungen sind in den Normen SIA 263 und SIA 263/1 festgelegt.

5.4.4 Beschichtung und Verkleidungen

Die langfristige Verträglichkeit von aus bauphysikalischen, brandschutztechnischen oder architektonischen Gründen eingesetzten Werkstoffen ist sicherzustellen.

6 AUSFÜHRUNG

6.1 Allgemeines

- 6.1.1 Die Klebebewehrung, die zu verklebende Fläche sowie die Tragrichtungen sind so zu kennzeichnen, dass ein Fehler bei der Ausführung ausgeschlossen werden kann.
- 6.1.2 Transport und Lagerung von Klebebewehrungen haben so zu erfolgen, dass infolge Witterung, Verschmutzung oder mechanischer Einflüsse keine Schäden entstehen.

6.2 Beurteilung und Prüfung des Untergrunds

- 6.2.1 Zu Beginn der Ausführung ist unter Umständen eine ergänzende Zustandserfassung und eine Beurteilung der Zustandsentwicklung notwendig. Diese erfolgt bei Betontragwerken nach Empfehlung SIA 162/5, bei anderen Bauweisen sinngemäss.
- 6.2.2 Die Gültigkeit der gemäss Ziffer 2.1 getroffenen Annahmen ist zu überprüfen.

6.3 Untergrundvorbereitung

6.3.1 Oberflächenbeschaffenheit

- 6.3.1.1 Die Oberfläche des Untergrundes soll einen einwandfreien Formschluss oder Haftschluss des Klebstoffs ermöglichen.
- 6.3.1.2 Fett- und Öl- und Schmutzrückstände auf dem Untergrund sind zu entfernen.
- 6.3.1.3 Zur Entfernung nicht tragfähiger, mineralischer Schichten stehen die Verfahren gemäss Tabelle 6 zur Verfügung. Welches Verfahren zum Einsatz kommt, hängt u.a. von Form und Grösse des Objektes und den Umgebungsbedingungen ab.
- 6.3.1.4 Der Reststaub bzw. die Restpartikel und Schlämme sind aus den Poren und Vertiefungen des Untergrundes zu entfernen (z.B. mittels Industriestaubsauger).
- 6.3.1.5 Der maximale Feuchtigkeitsgehalt in den obersten 10 mm des Untergrundes soll unter 4% (Masse) betragen, ausser der verwendete Klebstoff lässt höhere Werte zu.
- 6.3.1.6 Direkt auf innere Bewehrungen darf nicht geklebt werden.

6.3.2 Ebenheit

- 6.3.2.1 Bei steifen Stahllamellen können Unebenheiten des Untergrundes zu Klebefehlern führen. Infolge ihrer kleinen Eigensteifigkeit folgen Lamellen, Gewebe und Gelege aus Faserverbundwerkstoffen auch gekrümmten Oberflächen und üben bei Zugbeanspruchung Ablenkkkräfte aus.

Folgende Abweichungen von der Ebenheit des Untergrunds dürfen nicht überschritten werden (Abstiche unter einer Messlatte der entsprechenden Länge):

- 5 mm auf einer Länge von 2000 mm,
- 1 mm auf einer Länge von 300 mm.

- 6.3.2.2 Wenn die erforderliche Ebenheit des Untergrundes nicht durch Abtrag erreicht werden kann, sind verträgliche, kraftschlüssige Ausgleichsschichten vorzusehen.

6.3.2.3 Scharfe Kanten, die überklebt werden sollen, sind so zu bearbeiten, dass die produkteabhängigen Mindeststradien der Klebebewehrungen eingehalten werden können.

6.3.3 **Reprofilierungen, Egalisierungen, Haftbrücken auf mineralischen Untergründen**

6.3.3.1 Instandsetzungsmörtel oder mit Quarzsand angereicherte Klebemörtel können zum Reprofilieren von Ausbruchstellen, Lunkern und kleinen Vertiefungen eingesetzt werden.

6.3.3.2 Die Oberflächenrauigkeit des Reprofiliermörtels soll den Formschluss des Klebstoffs mit dem Untergrund ermöglichen.

6.3.3.3 Die Vorbehandlung des Untergrundes und die Nachbehandlung des Reprofiliermörtels sind systemgerecht zu planen und auszuführen.

6.3.3.4 Restschlämme und andere Verunreinigungen auf den Reprofilierungsflächen sind zu entfernen.

6.3.3.5 Haftbrücken sind nach Angabe des Systemlieferanten auszuführen.

6.3.3.6 Die systembedingten Wartezeiten vor der Ausführung weiterer Arbeitsschritte sind einzuhalten.

Tabelle 6: Übersicht über die gebräuchlichsten Verfahren zur Vorbereitung mineralischer Untergründe

Verfahren	Effekt	Zusatzmassnahmen
Sandstrahlen (Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln)	Erstellen einer aufgerauten Oberfläche der Bindemittelmatrix und der oberflächennahen Zuschlagstoffe.	
Kugelstrahlen (Schleuderstrahlen)	Erstellen einer feinen Oberfläche auf horizontalen und leicht schrägen Flächen.	
Wassersandstrahlen	Erstellen einer aufgerauten Oberfläche der Bindemittelmatrix und der oberflächennahen Zuschlagstoffe.	Die Trocknungszeit bis zum Auftragen des Klebstoffs ist zu beachten.
Mikrostrahlen (mit niedrigem Druck und minimaler Wasserzugabe)	Weitgehend staubfreies Erstellen einer leicht aufgerauten Oberfläche der Bindemittelmatrix und der oberflächennahen Zuschlagstoffe mit weitgehender Schonung des Untergrundes.	Die Trocknungszeit bis zum Auftragen des Klebstoffs ist zu beachten.
Höchstdruckwasserstrahlen	Erstellen eines korngerundeten Untergrundes.	Die Trocknungszeit bis zum Auftragen des Klebstoffs ist zu beachten.
Nadelpistole und Stocken	Erstellen eines korngebrochenen Untergrundes. Besonders an schlecht zugänglichen Stellen und für Kleinflächen sinnvoll.	Der Untergrund ist auf Gefügelockerungen zu prüfen.
Schleifen	Schonendes Entfernen der Zementhaut zur Freilegung der Betonmatrix.	

6.4 Montage

6.4.1 Personal

6.4.1.1 Der Verarbeitungsbetrieb muss über eine qualifizierte Führungskraft verfügen. Diese hat während allen Arbeiten, die einen Einfluss auf die Endqualität haben, anwesend zu sein.

6.4.1.2 Das Fach- und Hilfspersonal hat über ausreichende Ausbildung und Erfahrung in der Verarbeitung von Klebebewehrungen zu verfügen.

6.4.2 Sicherung der Arbeitsstelle

6.4.2.1 Die Arbeitsstelle ist vor dem Einfluss von qualitätsbeeinträchtigenden Fremdeinwirkungen wie Nässe, Staub, Hitze, Kälte, Zugluft, Erschütterungen usw. zu schützen.

6.4.2.2 Die Belastung der verstärkten Zone darf erst nach Erreichen der Nennfestigkeit des Klebstoffs, sicher jedoch nach 48 Stunden erfolgen.

6.4.3 Klimatische Bedingungen

6.4.3.1 Durch geeignete Massnahmen ist sicherzustellen, dass in der Klebebewehrung, im Klebstoff und im angrenzenden Untergrund die minimale und die maximale Verarbeitungstemperatur des Klebstoffs während der ganzen Abbindezeit eingehalten werden.

6.4.3.2 Die Temperatur der Lamellenoberfläche hat mindestens 3 °C über dem Taupunkt zu liegen.

6.4.4 Vorbereitung der Klebebewehrung

6.4.4.1 Die Klebefläche der Lamellen ist vor der Verklebung zu reinigen. Sie muss fett-, öl- und schmutzfrei sein.

6.4.4.2 Das Anbringen des Primers bei Stahllamellen gemäss Ziffer 5.2.1.2.4 sowie das Anschleifen der Matrix bei Laminaten erfolgen in der Regel werkseitig.

6.4.5 Montage der Klebebewehrung

6.4.5.1 Um eine vollständig verfüllte Klebefläche zu erreichen, ist der Klebstoff so aufzubringen, dass keine Luftblasen eingeschlossen werden können.

6.4.5.2 Beim Anbringen der Klebebewehrung ist ein Anpressdruck erforderlich. Im Fall von Stahllamellen ist dieser aufrechtzuerhalten, bis der Klebstoff ausgehärtet ist. Bei Lamellen aus Faserverbundwerkstoffen reicht im Allgemeinen ein einmaliges Anpressen mit einem Hartgummiroller.

6.4.5.3 Die gleichmässige Dicke der Klebstoffschicht wird dadurch erreicht, dass beim Anpressvorgang beidseits der Lamelle Klebstoff ausgepresst wird (Ziffer 4.2.2).

7 QUALITÄTSMANAGEMENT

7.1 Allgemeines

Die Grundlagen des Qualitätsmanagements bildet das Merkblatt SIA 2007.

7.2 Qualitätsplanung

7.2.1 In der Qualitätsmanagement-Vereinbarung sind folgende Punkte zu regeln:

- Umfang, Häufigkeit und Ort der geforderten Prüfungen
- Vorgaben für deren Protokollierung
- Anforderungen an den Untergrund
- Schritte, die bei Nichterreichen der geforderten Eigenschaften einzuleiten sind
- Zuteilung der Verantwortlichkeiten.

7.2.2 Die in der Bemessung getroffenen Annahmen und die in der Qualitätsmanagement-Vereinbarung genannten Anforderungen sind in Übereinstimmung zu bringen.

7.2.3 Im Projekt wird festgelegt, welche Qualifikation die Unternehmungen aufzuweisen haben, um mit den vorgesehenen Arbeiten betraut zu werden. Die Unternehmungen haben ein Qualitätssicherungssystem zu unterhalten, welches insbesondere Aufbau und Erhalt des Fachwissens und die Sicherstellung der geforderten Prüfungen regelt.

7.2.4 Ausschreibung und Vergabe sollen zeitlich derart erfolgen, dass eine einwandfreie Offertbearbeitung möglich ist und dass die zur Anwendung gelangenden Verfahren im Rahmen von technischen Verhandlungen vor der Vergabe festgelegt werden können.

7.3 Dokumentation des projektbezogenen Qualitätsmanagements

7.3.1 Vor Inangriffnahme der Arbeiten sind die folgenden Angaben einzureichen:

- Material- und Produktwahl
- Sollwerte der zu erreichenden mechanischen Eigenschaften für Klebstoff und Lamellen.

7.3.2 Die Resultate der in Kapitel 5 (Werkstoffe) vorgesehenen Prüfungen sind objektweise zusammenzutragen. Insbesondere sind dies:

- der Nachweis der Rückverfolgbarkeit der eingesetzten Produkte
- die Protokolle der im Prüf- und Kontrollplan vorgeschriebenen Messungen.

7.3.3 Alle Beteiligten haben über die notwendige Ausbildung und das erforderliche Fachwissen zu verfügen, um fachgerechte und qualitativ einwandfreie Arbeit zu leisten. Die Qualifikation der eingesetzten Mitarbeiter und deren Aufgaben sind zu dokumentieren.

7.4 Qualitätslenkung auf der Baustelle

7.4.1 Untergrund

7.4.1.1 Der Umfang der Prüfungen und Kontrollen ist so zu wählen, dass ein ausreichender Aufschluss über die Qualität des Untergrundes ermöglicht wird.

7.4.1.2 Kritische Stellen wie die Verankerungsbereiche sind mit besonderer Sorgfalt zu untersuchen.

- 7.4.1.3 Die Güte der Untergrundvorbereitung ist durch Haftzugversuche nach DIN 1048 Teil 2 zu belegen. Es wird empfohlen, für Ort und Anzahl der Haftzugversuche folgende Vorgaben zu berücksichtigen:
- unterschiedliche Bauteile
 - zeitlicher Ablauf der Arbeiten
 - mindestens eine Prüfung pro 20 m Lamellenlänge.

7.4.1.4 Die Haftzugfestigkeit ist bei Betontragwerken nach Empfehlung SIA 162/5, bei anderen Bauweisen sinngemäss zu prüfen und auszuwerten. Vor dem Aufkleben des Prüfstempels mit $\varnothing = 50$ mm ist die Prüffläche durch eine Ringnut, die mind. 5 mm in den Untergrund eingreift, zu begrenzen.

7.4.1.5 Die Messwerte der Haftzugversuche haben die im Prüf- und Kontrollplan aufgeführten Werte zu erreichen, mindestens jedoch $1,5 \text{ N/mm}^2$. Die gemessenen Werte sind zu protokollieren.

7.4.2 **Klimaverhältnisse**

7.4.2.1 Die klimatischen Verhältnisse sind während der Dauer der Arbeitsausführung und der Aushärtungszeit zu messen und zu protokollieren.

7.4.2.2 Bei ungeeigneten Verhältnissen während der Arbeiten und wenn nicht sichergestellt ist, dass während der Aushärtungszeit geeignete Verhältnisse herrschen werden, dürfen keine Klebearbeiten ausgeführt werden.

7.4.2.3 Folgende Werte sind vor und während der Verarbeitung und der Aushärtungszeit mindestens zweimal täglich zu messen und zu protokollieren:

- Temperatur des Untergrunds
- Lufttemperatur im Arbeitsbereich
- relative Luftfeuchtigkeit.

7.4.3 **Mischen des Klebstoffs**

Werden nur Teile von Gebinden gemischt, sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- Abwägen der effektiv zur Mischung gelangenden Komponenten mit einer geeichten Waage mit Berücksichtigung der Verluste beim Umfüllen;
- Einhalten des Mischungsverhältnisses mit einer Toleranz gemäss der Produktedeklaration;
- Protokollierung der durchgeführten Wägungen;
- Bestimmung der Biegezug- und der Würfeldruckfestigkeit;
- Protokollierung der Einsatzstelle der jeweiligen Mischung.

7.4.4 **Klebstoffprüfung**

Falls die Klebstoffkomponenten auf der Baustelle abgewogen werden, sind im Prüf- und Kontrollplan die in 7.4.3 erwähnten Qualitätsprüfungen vorzuschreiben. Für alle andern Fälle wird empfohlen, bei grösseren Arbeiten stichprobenweise Prüfungen anzuordnen.

7.4.5 **Verfüllen der Klebefläche**

7.4.5.1 Die vollständige Verfüllung der Klebefläche kann durch Kontrolle des seitlich austretenden Klebstoffes kontrolliert werden.

7.4.5.2 Nach dem Aushärten des Klebstoffs ist durch Abklopfen zu kontrollieren, dass keine Hohlräume vorhanden sind.

7.4.6 **Prüfung der Eigenschaften des Primers**

Es wird empfohlen, bei Stahllamellen im Prüf- und Kontrollplan folgende Prüfungen vorzusehen:

- Haftzugversuch
- Zugscherversuch.

8 SCHUTZ UND SICHERHEIT

8.1 Allgemeines

Die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) ist zu beachten. Die nachfolgenden Kapitel ergänzen oder präzisieren diese Bestimmungen.

8.2 Schutz vor aggressiven Medien

8.2.1 Zur Verstärkung von Tragwerken mit geklebten Elementen werden Kunstharzprodukte und Lösungsmittel verwendet, welche vor und während der Arbeiten schädliche Wirkungen auf Mensch und Umwelt haben können. Alle an der Verarbeitung dieser Stoffe beteiligten Personen haben die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter zu kennen und zu beachten. Die Gebinde der Produkte tragen Instruktionen für Lagerung, Transport und Anwendung des Inhalts. Diese Vorschriften und die zu Grunde liegenden Gesetze und Verordnungen sind zu befolgen.

8.2.2 Beim Umgang mit Kunstharzen und Lösungsmitteln ist der Hautkontakt mit flüssigen Stoffen, mit Gasen und Dämpfen sowie mit festen Stoffen (Staub) zu vermeiden. Zu diesem Zweck sind dichte Schutzhandschuhe sowie regelmässig gereinigte Überkleider zu tragen. Bei der Verrichtung von Überkopfarbeiten ist eine Kopfbedeckung aufzusetzen. Frei verbleibende Körperstellen können mit Hautschutzcrème behandelt werden, die vor Beginn der Arbeit und nach jedem Waschen aufgetragen wird.

8.2.3 Beim Arbeiten mit Kunstharzen und Lösungsmitteln ist jeglicher Kontakt dieser Stoffe mit den Augen zu vermeiden. Es sind stets Schutzbrillen zu tragen, auch bei der Werkzeugreinigung.

8.2.4 Das Einatmen von Dämpfen und Staub ist zu vermeiden. Absaugglocken sind möglichst direkt am Ort der Entstehung von Dämpfen oder Staub zu installieren. Ist dies nicht möglich, sind Atemschutzgeräte zu tragen. Die Harz-, Härter-, Reinigungsmittel- und Lösungsmittelbehälter sind nach der Entnahme der entsprechenden Materialien sofort wieder zu verschliessen.

8.2.5 Eine Aufnahme von Kunstharzen durch den Mund ist zu vermeiden. In Räumen, in denen mit diesen Produkten gearbeitet wird (Arbeitsräume, Abfüllräume), ist das Rauchen sowie das Essen und Trinken zu unterlassen. Vor jedem Essen sind die Hände gründlich zu reinigen.

8.3 Absturzsicherung

Die Bestimmungen der Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (BauAV) sind zu befolgen.

8.4 Lärmschutz

Kann bei den auszuführenden Arbeiten die Lärmbelastung durch technische oder organisatorische Massnahmen nicht unter den Grenzwert gemäss den Richtlinien über Grenzwerte für physikalische Einwirkungen der VUV gesenkt werden, so sind geeignete Gehörschutzmittel zu tragen.

8.5 Gewässerschutz

Die einschlägigen Gesetze und Verordnungen des Bundes, der Kantone und der Gemeinden sind zu befolgen.

Abkürzungen der in der Arbeitsgruppe 162-8 vertretenen Organisationen

ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EPFL	École Polytechnique Fédérale de Lausanne
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

Arbeitsgruppe SIA 162-8 Klebebewehrungen

Vorsitz	Prof. Thomas Vogel, dipl. Bauing. ETH, Zürich	ETHZ
Mitglieder	Robert Bossart, dipl. Bauing. ETH, Zürich	Unternehmung
	Prof. Dr. Eugen Brühwiler, dipl. Bauing. ETH, Lausanne	EPFL
	Dr. Martin Deuring, dipl. Bauing. ETH, Winterthur	Projektierung
	Prof. Dr. Marc Ladner, dipl. Bauing. ETH, Uster	Beratung
	Hans Ulrich Reber, dipl. Bauing. HTL, Zürich	Unternehmung
	Prof. Dr. René Suter, dipl. Bauing. ETH, Fribourg	Fachhochschule
	Dr. Tomaz Ulaga, dipl. Bauing. ETH, Zürich	EMPA/ETHZ

Genehmigung und Inkrafttreten

Die Zentralkommission für Normen und Ordnungen des SIA hat die vorliegende Vornorm SIA 166 am 2. September 2003 genehmigt.

Sie tritt am 1. Januar 2004 in Kraft.

Copyright © 2004 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.