


Machbarkeitsstudie

Möglichkeiten der Begrünung von Lärmschutzwänden und Fassaden beim DHL-Paketzentrum in Weichering

AUFTRAGGEBER

Deutsche Post DHL
Real Estate Deutschland GmbH
Fritz-Erler-Str. 5
53113 Bonn

VERFASSER

 Stefan Brandhorst, Gianna Tatzel
Vertiko GmbH
Gewerbestraße 3
79256 Buchenbach-Himmelreich
www.vertiko.de

Stand: 02. Mai 2023



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Einleitung | 4 |
| 2. Allgemeine Hinweise zu Bauwerksbegrünungen | 5 |
| Funktionen und Ziele von Bauwerksbegrünungen | 5 |
| Richtlinien für Bauwerksbegrünungen | 6 |
| Rechtliche Grundlagen für Bauwerksbegrünungen | 6 |
| Anforderungen an Brand- und Blitzschutz | 7 |
| 3. Fassadenbegrünungstypen | 8 |
| Boden- oder troggebundene Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen | 8 |
| Wandgebundene Fassadenbegrünung..... | 9 |
| Vergleich Boden-/troggebundene und wandgebundene Fassadenbegrünung | 10 |
| 4. Empfohlene Vertikalbegrünungen – Konzept | 11 |
| Übersicht der zu begrünenden Bauwerke | 11 |
| Begrünungsempfehlung 1: West- und Nordfassaden des Parkhauses..... | 11 |
| Begrünungsempfehlung 2: Ost- und Südfassaden des Parkhauses..... | 12 |
| Begrünungsempfehlung 3: Lärmschutzwände | 12 |
| Zusammenfassung der Anforderungen an die empfohlenen Vertikalbegrünungen..... | 13 |
| 5. Wirkungen einer Bauwerksbegrünung | 14 |
| Kühlungsleistung einer Bauwerksbegrünung | 14 |
| Gebäudeoptimierung durch Bauwerksbegrünung | 15 |
| Umfeldverbesserung und ökologische Aspekte | 15 |
| Akustik/Schallschutz | 16 |
| Vertikalbegrünungen und Klimaschutz | 16 |
| 6. Konstruktion und Statik von Kletterhilfen | 17 |
| Konstruktion der Kletterhilfen..... | 17 |
| Halter und Wandabstand | 18 |
| Verankerungen | 19 |
| Statische Aspekte | 20 |
| 7. Standortfaktoren | 21 |
| Bodenverhältnisse und Pflanzquartiere | 21 |
| Wasserversorgung..... | 22 |
| Standortfaktor Bauwerk | 22 |
| 8. Auswahl der Kletterpflanzen | 24 |
| Pflanzenauswahl für vertikale Bauwerksbegrünungen | 24 |



| | |
|--|-----------|
| Unterpflanzung..... | 29 |
| 10. Brandschutztechnische Aspekte einer Fassadenbegrünung | 30 |
| Begrünung mit Kletterpflanzen | 30 |
| 11. Bewässerung, Technik und Versorgung..... | 31 |
| Zentrale Bewässerungstechnik..... | 31 |
| Bewässerungskonzept | 31 |
| Bewässerungswasser..... | 32 |
| Bewässerung | 32 |
| Wasserbedarfsberechnung | 33 |
| Frost und Winterbetrieb..... | 34 |
| 12. Pflege und Wartung | 35 |
| Pflegemöglichkeiten | 35 |
| Erforderliche Pflegemaßnahmen bei Kletterpflanzen | 35 |
| Pflegezeitpunkt Kletterpflanzen und Hinweis zum Vogelschutz | 36 |
| Erreichbarkeit der vertikalen Bauwerksbegrünungen..... | 37 |
| Wartung der Bewässerungstechnik..... | 37 |
| 13. Herstellungskosten der vertikalen Bauwerksbegrünungen | 38 |
| Vorläufige Kostenschätzung | 38 |
| 14. Betriebskosten der vertikalen Bauwerksbegrünungen..... | 39 |
| Vorläufige Kostenschätzung Jahresbetriebskosten (gesamt)..... | 39 |
| 16. Darstellung vergleichbarer Bauwerksbegrünungen | 40 |
| 17. Anlagenverzeichnis | 43 |
| 18. Quellenverzeichnis..... | 43 |



1. Einleitung

Mit jedem Bauwerk und jeder Ausdehnung unseres urbanen Lebensumfelds drängen wir nicht nur natürliche Lebensräume zurück, sondern erzeugen durch die versiegelten Flächen am Boden und die steinernen Vertikalen enorme Potentiale unseren Lebensraum aufzuheizen. Hier bietet die Begrünung der Dächer und Fassaden – neben einem positiven Einfluss auf bekannte Stressfaktoren in unseren Städten wie Lärm oder Luftverschmutzung – eine Möglichkeit diesen Entwicklungen entgegenzuwirken. Durch Dach- und Fassadenbegrünung werden Flächen als Lebensraum für Flora und Fauna (re)aktiviert, welche der Mensch der Natur entzogen hat.

Bei dem in der vorliegenden Machbarkeitsstudie untersuchten Bauvorhaben handelt es sich um den Neubau eines Paketentrums. Die Deutsche Post beabsichtigt zwischen Weichering und dem Ortsteil Maxweiler der Großen Kreisstadt Neuburg a. d. Donau ein Paketzentrum errichten. In der vorliegenden Machbarkeitsstudie wird erläutert und aufgezeigt, wie die vorgesehenen Lärmschutzwände und die Fassaden des Parkhauses begrünt werden können und welche Aspekte bei der Planung und Ausführung dieser vertikalen Bauwerksbegrünungen zu berücksichtigen sind. Zur Begrünung der Bauwerke wird eine bodengebundene Vertikalbegrünung mit Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern empfohlen, die automatisiert bewässert wird.



2. Allgemeine Hinweise zu Bauwerksbegrünungen

Die Begrünung von Bauwerken als eine Möglichkeit zur ökologischen, funktionalen und gestalterischen Verbesserung des Wohn- und Arbeitsumfeldes hat in den letzten Jahren immer stärker an Bedeutung gewonnen und eine intensive Weiterentwicklung erfahren. Die Pflanzen stellen bei einer Bauwerksbegrünung die zentrale Rolle dar. Die Fassadenbegrünung wird in die zwei Hauptbereiche „bodengebundene Begrünung“ und „wandgebundene Begrünung“ untergliedert. Die bodengebundene Begrünung gewährleistet die Verbindung der Pflanze mit dem Erdreich und somit zu wasserführenden Schichten. Wandgebundene Begrünungen hingegen basieren auf für die Durchwurzelung geeigneter Stoffe, die an der Fassade befestigt werden. Eine Verbindung zu wasserführenden Bodenschichten besteht nicht, wodurch eine künstlich hergestellte Versorgung mit Wasser und Nährstoffen unabdinglich ist. Dachbegrünungen werden je nach Aufbau und Substrathöhe als extensive oder intensive Dachbegrünung bezeichnet und können in Verbindung mit anderen Nutzungen auch multifunktional umgesetzt werden (z. B. als Retentions-Gründach oder als Solar-Gründach).

Funktionen und Ziele von Bauwerksbegrünungen

Die Funktionen und Ziele von Begrünungsmaßnahmen sind u.a.:

- **Städtebauliche, freiraumbezogene und ästhetische Funktionen**
 - ästhetische Aufwertung der Fassaden, Gebäude und damit des Stadt- und Landschaftsbildes
 - Verbesserung des Wohn- und Arbeitsumfeldes
 - Bereicherung des naturhaften Erlebens von Pflanzen und Tieren
 - Berücksichtigung von Belangen der Grünplanung, der Landschaftspflege und des Naturschutzes
 - Schaffung von Identifikationsmöglichkeiten für Nutzer in der sonst oft monotonen Bebauung
 - Schaffung von Grünvolumen als Kompensationsmaßnahmen
- **Bauphysikalische, schützende Funktionen**
 - Minderung der Temperaturamplituden am Baukörper
 - Schutz vor Witterungseinflüssen und UV-Strahlen
 - Verbesserung des Wärme- und Kälteschutzes
 - Verbesserung des Schallschutzes
- **Bioklimatische Funktionen**
 - Verbesserung des Kleinklimas
 - Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und damit kühlende Effekte auf Gebäude und Umfeld
 - Verminderung der Rückstrahlungsintensität
 - luftreinigende Eigenschaften
- **Ökologische Funktionen**
 - Förderung der Biodiversität
 - Schaffung von Lebensraum für Flora und Fauna in stark überbauten Siedlungsbereichen
 - Verknüpfung von Grünflächen im Sinne des Biotopverbunds
- **Ökonomische Funktionen**
 - Einsparung von Energie durch sommerliche Verschattung und Verdunstungseffekte
 - Bautenschutz durch Abhalten von Witterungseinflüssen
 - Reduktion von Vandalismus (Graffitienschutz)
 - Verminderung von Grünflächenverlusten (Eingriffs-Ausgleichsregelung)
 - Optimierung der Flächennutzung durch Schaffung zusätzlicher Grünflächen



Richtlinien für Bauwerksbegrünungen

Die *Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen* der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) und die *Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen* der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) sind zu beachten.

Rechtliche Grundlagen für Bauwerksbegrünungen

Im Rahmen der Bauleitplanung besteht die Möglichkeit, Bauwerksbegrünungsmaßnahmen im Bebauungsplan wie auch im Grünordnungsplan festzusetzen. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob, bzw. welche Voraussetzungen vorliegen.

Folgende Gesetze, Verordnungen und Richtlinien sind u.U. zu berücksichtigen:

- Baugesetzbuch (BauGB)
- Bürgerliches Gesetzbuch (BGB)
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) bzgl. Schnitt-/Pflegezeiträumen

- Landesbauordnung (LBO)
- Hochhausrichtlinien
- Landschafts-/Naturschutzgesetze der Länder
- Nachbarschaftsrecht
- Denkmalschutzgesetze

- Bebauungs- und Grünordnungspläne
- Städtebauliche Verträge
- Vorhaben- und Erschließungspläne
- Klimaschutzkonzepte
- Satzungen der Städte und Gemeinden

Bodengebundene Fassadenbegrünungen sind in der Regel nicht genehmigungspflichtig. Allgemein sind folgende Aspekte zu beachten:

- Kletterhilfen müssen dem Bauordnungsrecht genügen
- Kletterhilfen sollen in Form, Farbe und Struktur auf das jeweilige Gebäude und Umfeld abgestimmt sein

Wandgebundene Fassadenbegrünungen können unter Umständen baurechtlich genehmigungspflichtig werden. Bestandsbauten unterliegen dem Urheberrecht, so dass bei Veränderungen der Fassade unter Umständen die Genehmigung des Urhebers erforderlich ist.

Anforderungen an Brand- und Blitzschutz

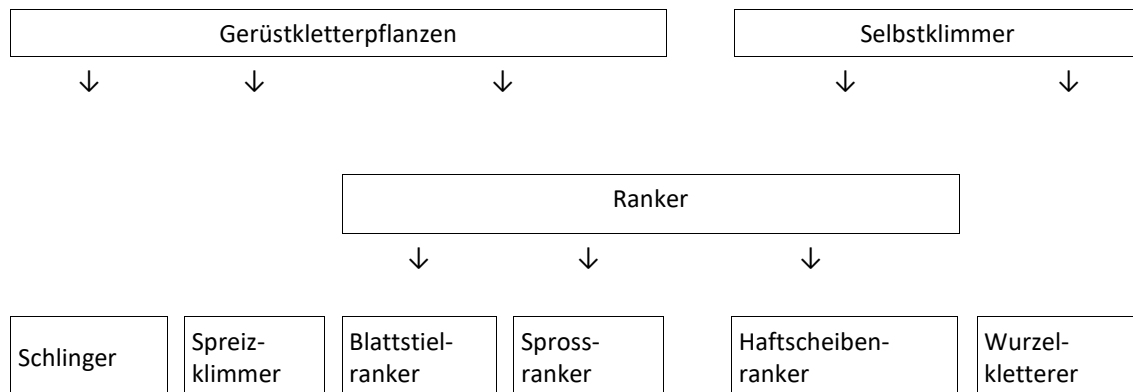
| Anwendungsfall | Grundlage | Anforderungen an das Brandverhalten |
|--|---|---|
| GK 1 bis 3 Gebäude geringer Höhe (< 7m) | Landesbauordnung | normalentflammbar (DIN 4102-B2; Klasse E – DUB EN 13501-1) |
| GK 4 und 5 Gebäudehöhe 7 bis 22m | | schwerentflammbar (DIN 4102-B1; Klasse B – DIN EN 13501-1) |
| Hochhäuser Gebäudehöhe ab 22m | | nichtbrennbar (DIN 4102-A; Klasse A1 – DIN EN 13501-1) |
| Besondere Einbausituationen: z.B. Brandwände, Gebäudeabschlusswände, Laubengänge, Fluchtbalkone, Feuerwehrdurchfahrten, etc. | Landesbauverordnungen | nichtbrennbar |
| Sonderbauten: z.B. Garagen, Krankenhäuser, Versammlungsstätten, Altenpflegeheime, Schulen, Verkaufsstätten, etc. | Sonderbaurichtlinien bzw. Verordnungen | zusätzliche, in der Regel verschärfende Anforderungen |

Beim Einsatz elektrisch leitender Baustoffe sind diese, unter Beachtung der DIN EN 62305, Teile 1 bis 4, an den Gebäudeblitzschutz anzuschließen. Art und Umfang der Maßnahmen sind durch einen Fachplaner festzulegen.

3. Fassadenbegrünungstypen

Boden- oder trogebundene Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen

Begrünungen mit Kletterpflanzen nutzen deren Kletterstrategien zur Begrünung von Fassaden. Die Pflanzen wurzeln dabei im Boden oder im Trog. Bewässerung und Düngung erfolgen im Pflanzquartier bzw. im Trog. Kletterpflanzen werden nach ihren Kletterstrategien eingeteilt:



Beim Direktbewuchs der Fassade wachsen sogenannte „Selbstklimmer“, die sich mit Haftscheiben oder Wurzeln an einer vertikalen Oberfläche festhalten können, die Fassade ohne Kletterhilfe empor. Bekannte Vertreter der Selbstklimmer sind Efeu (*Hedera helix*) und Wilder Wein (*Parthenocissus*). Eine solche Begrünung ist nur auf massiven und fugenfreien Wandaufbauten zu empfehlen, da ansonsten Gebäudeschäden entstehen können. Denn sowohl Selbstklimmer als auch Starkschlinger bilden lichtfliehende Triebe aus, die aktiv ins Dunkle wachsen, weil sie dort nach Halt suchen.

Kletterpflanzen, die eine Kletterhilfe benötigen, werden als „Gerüstkletterpflanzen“ bezeichnet. Sie werden in Schlinger, Spreizklimmer, Blattstielranker und Sprossranker unterteilt. Als leitbarer Bewuchs verbleiben sie an den für ihre jeweilige Kletterstrategie angepassten Kletterhilfen. Jedoch können auch Starkschlinger lichtfliehende Triebe ausbilden oder besonderer Pflegemaßnahmen bedürfen. Deshalb unterscheiden wir diese von den sogenannten „verträglichen Gerüstkletterpflanzen“.

Eine Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen erreicht das Begrünungsziel je nach eingesetzter Pflanze, Pflanzqualität und geplanter Höhe innerhalb von 3-12 Jahren.

Schlinger winden sich um Stützen, die eine möglichst runde Form haben sollten. Viereckige Profile führen zu Schäden an der Pflanze. Der Stützendurchmesser darf auch bei stark wachsenden Pflanzen nicht allzu dick sein. Das Umschlingen und spätere Abwürgen von Regenfallrohren hingegen erfolgt nach Übersprung von der Kletterhilfe durch Peitschenbildung der Langtriebe und ist nicht der primär windenden Bewegung der Pflanze zuzuschreiben. Wuchsstarke Schlinger entwickeln eine enorme Zugkraft auf die (oberen) Verankerungspunkte. Zu Bauschäden kann es außerdem durch das Dickenwachstum und durch lichtfliehende Triebe kommen. Bei Zwängungen weisen die Triebe (zunächst) abgeplattete Formen auf. Das Dickenwachstum erhöht jedoch den Druck von Jahr zu Jahr, wodurch letztendlich das umgebende Material weicht: Es platzt ab, verformt sich oder wird ausgehebelt. Bei *Wisteria sinensis* (Blauregen) ist das Wurzelwachstum so stark, dass es nach Jahrzehnten zu einer Bodenhebung kommen kann. Hier muss daher ggf. eine Wurzelsperre im Boden eingebaut werden.

Ranker bilden Halteorgane aus, die auf Berührungsreize reagieren. Es können dies Metamorphosen (Umwandlungen) von Blättern, Blattstielen oder Sprossen sein. Sie umranken Kletterhilfen von geringem Durchmesser. Eine besondere Form sind die **Haftscheibenranker**. Die Spitzen der Sprossmetamorphosen scheiden bei Berührung ein Haftsekret aus und verformen sich zu Haftscheiben, die sich mit Ausstülpungen der Epidermis in den

kleinen Unebenheiten des Untergrundes festkrallen. Dieser Vorgang ist vor allem bei jungen Trieben festzustellen. Ältere, einmal von der Wand gelöste Triebe finden kaum noch Halt, ebenso dicke, übereinander lagernde Triebe. Deshalb muss für einen guten Halt ein großer Pflanzabstand eingehalten werden. Die nach Entfernen der Pflanze verbleibenden Haftscheiben sind kaum entfernbar. Ernster zu nehmen sind Schäden durch Dickenwachstum und lichtfliehende Triebe.

Spreizklammer klettern durch Einhängen von Stacheln, Dornen, Seitentrieben oder Borstenhaaren. Sie sollten in der Regel in die Kletterhilfe aufgebunden oder eingeflochten werden. Die steifen Triebe der Spreizklammer benötigen große Maschenweiten. Auch der Wandabstand sollte für eine leichtere Pflege groß genug sein.

Wurzelkletterer bilden auf der lichtabgewandten Seite der Triebe sprossbürtige Haftwurzeln aus, die sich mit feinen Wurzelhaaren an den Untergründen festhalten. Auf geeigneten Untergründen können die meisten ohne Kletterhilfe hochwachsen. Eine Ausnahme bildet die Trompetenblume (*Campsis*). Sie bildet Haftwurzeln nur an den Nodien aus. Wegen ihres starken Wachstums und hohen Eigengewichtes kommt es unter Belastung entweder an der Pflanze oder an der Fassade zu Schäden. Auch bei der Kletterhortensie empfiehlt sich eine Kletterhilfe. Bauschäden durch **Haftwurzelkletterer** können durch lichtfliehende Triebe und Dickenwachstum entstehen. Bei mangelhaftem Putz oder Mörtel können Schäden auch durch die Haftwurzeln entstehen. Bei Efeu ist dieser Umstand besonders nach Durchtrennen der Triebe an der Basis festzustellen; der Selbsterhaltungstrieb der Pflanze bewirkt dann eine verstärkte Haftwurzelbildung. Die feine Struktur sprossbürtiger Wurzeln stellt darüber hinaus eine besondere Brandlast dar.

Wandgebundene Fassadenbegrünung

Bei der wandgebundenen Fassadenbegrünung befinden sich die Wurzeln der Pflanzen in einem Träger direkt an der Wand. Da diese Pflanzen von Natur aus nicht in der Vertikalen wachsen, handelt es sich für sie um einen *Extremstandort*. Die Pflanzen sind an der Wand technisch mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen. Hier werden zumeist Stauden, Gräser und Farne verwendet. Je nach Bauweise können aber auch Kleingehölze, Kletterpflanzen und Moose eingesetzt werden.

Die verschiedenen Bauweisen der wandgebundenen Systeme unterscheiden sich statisch (Lastabtragung, Flächengewicht), bauphysikalisch (Anbringungsart, Hinterlüftung, Abdichtung), in der Wahl der Vegetationsträger (hydroponisch/Erdsysteme), horizontale Vegetationsflächen (z.B. Rinnensysteme oder Konsolen mit Gefäßen), modulare Systeme (Kisten, Kästen, vorgefertigte Elemente) und flächige Systeme.

Grundsätzlich kann wandgebundene Fassadenbegrünung in drei gängige Bauweisen unterschieden werden: „lineare Bauweise“ mit horizontal angeordneten Pflanzbehältern an einer Tragkonstruktion, die „modulare“ Bauweise“ mit vorgefertigten und vorkultivierten Modulen, die an der Fassade auf einer Unterkonstruktion aneinander gesetzt werden, und die „flächige Bauweise“, bei der eine Trägerplatte auf einer Unterkonstruktion vollflächig bepflanzt wird. Die Pflanzen werden dabei in Taschen mit Substratfüllung auf der Trägerplatte gepflanzt. Auf eine Feuchteabdichtung kann dann verzichtet werden, wenn die Bauweise als vorgehängte hinterlüftete Fassade gemäß DIN 18516-1 konstruiert wird. Das ist bauphysikalisch sinnvoll, denn die Fassade erhält eine dichte Wetterschale, ohne die Diffusion zu verhindern. Die trockene Luftschicht des Hinterlüftungsraums unterstützt die Wirkung einer Dämmung.

Flächige wandgebundene Begrünungen erreichen das Begrünungsziel innerhalb weniger Monate. Vorkultivierte Module können direkt nach dem Einbau das Begrünungsziel erfüllen.



Vergleich Boden-/troggebundene und wandgebundene Fassadenbegrünung

Beide Begrünungstypen bringen verschiedene ökologische, bauphysikalische und ökonomische Aspekte mit sich und werden hier verglichen:

| Kriterium | Boden-/troggebundene Fassadenbegrünung | wandgebundene Fassadenbegrünung |
|---|--|---------------------------------|
| | in Relation: ● gering ●● mittel ●●● hoch | |
| Ökologie | | |
| Biodiversität | ● | ●●● |
| Luftkühlung, Evapotranspiration | ●●● | ●●● |
| Feinstaubbindung | ●● | ●● |
| Blattflächenindex | ●●● | ●●● |
| CO ₂ -Bindung | ●● | ●●● |
| | | |
| Nachhaltigkeit | | |
| Recyclingfähigkeit | ●●● | ● |
| Schutz der Gebäudehülle | ●● | ●●● |
| Lebensdauer bei entsprechender Pflege | ●●● | ●●● |
| graue Energie | ● | ●●● |
| energetische Einsparung für das Gebäude | ●● | ●●● |
| Dämmwirkung | ● | ●●● |
| Schallschutz | ● | ●●● |
| | | |
| Kosten | | |
| Herstellkosten | ● | ●●● |
| Unterhaltungskosten | ● | ●●● |
| | | |
| Gestalterische Aspekte | | |
| gestalterische Möglichkeiten | ●● | ●●● |
| Ganzjahresaspekt | ● | ●●● |
| | | |

4. Empfohlene Vertikalbegrünungen – Konzept

Übersicht der zu begrünenden Bauwerke

| Bauwerk | Höhe [m] | Länge [m] | Begrünungstyp | Exposition | Begrünte Fläche [m ²] |
|---|----------|----------------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Lärmschutzwand 1 | 9 | 65 m, davon 35 begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | S, SO | 315,00 |
| Lärmschutzwand 2 | 9 | 176,29 m, davon 91,29 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | W, N | 821,61 |
| Lärmschutzwand 3 (abgesetzt von Westfassade Parkhaus) | 10,60 | 81,84 m, davon 41,84 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | W | 443,50 |
| Nordfassade Parkhaus (Lärmschutzwand 4) | 10,60 | 34,85 m, davon 17,43 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | N | 184,76 |
| Ostfassade Parkhaus | 10,60 | 81,52 m, davon 20,38 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | O | 216,03 |
| Südfassade Parkhaus | 10,60 | 33,75 m, davon 8,44 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | S | 89,46 |
| Lärmschutzwand 5 | 8 | 51 m, davon 29 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | W | 232,00 |
| Lärmschutzwand 6 | 10 | 366,61 m, davon 178,61 m begrünt | Kletterpflanzen an Rankgittern | S, O, N | 1.786,10 |
| GESAMT | | | | | 4.088,46 m² |

Begrünungsempfehlung 1: West- und Nordseiten des Parkhauses

Westseite des Parkhauses (Lärmschutzwand 3) und Nordfassade des Parkhauses (Lärmschutzwand 4) Bodengebundene Begrünung mit Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern

| | |
|-------------------------------|---|
| Exposition: | Westen und Norden |
| Begrünte Fläche: | 443,50 m ² + 184,76 m ² = 628,26 m ² |
| Höhe (Begrünungsziel): | 10,60 m |
| Länge Begrünung: | 41,84 m + 17,43 m = 59,27 m |
| Länge Pflanzquartiere: | 41,84 m + 17,43 m = 59,27 m |

Wir empfehlen, die Lärmschutzwand 3 auf der Westseite des Parkhauses und die Nordfassade des Parkhauses mit bodengebundenen Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern zu begrünen. Das bedeutet, dass die Kletterpflanzen vor der Lärmschutzwand bzw. dem Gebäude in einem Pflanzquartier mit Bodenanschluss wachsen und im Lauf der Zeit die gesamte Höhe des Parkhauses erreichen. Rankgitter als Kletterhilfe bieten die Vorteile, dass sie zum einen die größtmögliche Pflanzenauswahl erlauben, da sie sowohl für Schlinger und Ranker geeignet sind, und zum anderen, dass die Lasten gleichmäßig auf Halter und Anker verteilt werden.

Für die ausgewählten Kletterpflanzen empfehlen wir (mit Ausnahme von *Wisteria floribunda*) einen Wandabstand von 10 cm. Sollte *Wisteria floribunda* eingesetzt werden, empfehlen wir einen Wandabstand von 15 cm. Um sowohl den schlingenden als auch den rankenden Kletterpflanzen gerecht zu werden, empfehlen wir Maschenweiten von 25-30 cm.

Die Nordfassade des Parkhauses dient auch als Lärmschutzwand. Die Rankgitter müssen daher vor den Lärmschutzaufbau gesetzt werden. Voraussichtlich werden zum Aufbau der Lärmschutzwände bzw. der Fassade Lärmschutzkassetten aus Aluminium eingesetzt. Hier gibt es Hersteller, die solche Systeme mit Rankgittern als



Kletterhilfe für Kletterpflanzen ausstatten. Auch eine Kletterhilfe mit bis zu 10 m Höhe ist umsetzbar. Die Ausführungen der Kletterhilfen sind variabel und können an die Anforderungen der Kletterpflanzen angepasst werden (S. Kap. „Konstruktion von Kletterhilfen“). Dies betrifft insbesondere den Wandabstand zwischen Kasette und Rankgitter und die Maschenweiten der Rankgitter.

Begrünungsempfehlung 2: Ost- und Südfassaden des Parkhauses

Ostfassade Parkhaus und Südfassade Parkhaus

Bodengebundene Begrünung mit Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern

| | |
|-------------------------------|---|
| Exposition: | Osten und Süden |
| Begrünte Fläche: | $216,03 \text{ m}^2 + 89,46 \text{ m}^2 = 305,49 \text{ m}^2$ |
| Höhe (Begrünungsziel): | 10,60 m |
| Länge Begrünung: | $20,38 \text{ m} + 8,44 \text{ m} = 28,82 \text{ m}$ |
| Länge Pflanzquartiere: | $20,38 \text{ m} + 8,44 \text{ m} = 28,82 \text{ m}$ |

Wir empfehlen auch hier, die Fassaden mit bodengebundenen Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern zu begrünen. Im Gegensatz zu den West- und Ostfassaden sind die Ost- und Südfassaden jedoch offen. Die Kletterhilfen müssen daher bis zu 5 m Öffnungshöhe überspannen. Dies ist bei der Planung der Tragkonstruktion zu berücksichtigen.

Nach unserer Erfahrung kann eine mit Kletterpflanzen begrünte Fläche nur zu 40 % als Öffnungsfläche für Durchströmung angerechnet werden. Die Einschränkung der Durchströmung durch die Begrünung ist ggf. baurechtlich zu berücksichtigen.

Begrünungsempfehlung 3: Lärmschutzwände

Lärmschutzwände 1, 2, 5 und 6

Bodengebundene Begrünung mit Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern

| | |
|-------------------------------|--|
| Exposition: | Westen, Süden, Osten und Norden |
| Begrünte Fläche: | $315,00 \text{ m}^2 + 821,61 \text{ m}^2 + 232,00 \text{ m}^2 + 1.786,10 \text{ m}^2 = 3.154,71 \text{ m}^2$ |
| Höhe (Begrünungsziel): | 8 bzw. 9 bzw. 10 m |
| Länge Begrünung: | $35,00 \text{ m} + 91,29 \text{ m} + 29,00 \text{ m} + 178,61 \text{ m} = 333,90 \text{ m}$ |
| Länge Pflanzquartiere: | 333,90 m, davon 55,00 m als überbautes Pflanzquartier |

Wir empfehlen auch hier eine Vertikalbegrünung mit bodengebundenen Kletterpflanzen an orthogonalen Rankgittern. Die Begrünung der freistehenden Lärmschutzwände in der Höhe von 8 bzw. 9 bzw. 10 m erfolgt in Abschnitten. In einem Raster von 5 m wechseln sich begrünte Abschnitte mit unbegrünten Abschnitten ab. Insgesamt werden so 50 % der Fläche der Lärmschutzwände mit für die Pflanzenauswahl geeigneten Kletterhilfen ausgestattet. Als Kletterhilfen empfehlen wir orthogonale Gitter, die auf die vorgesehene Konstruktion aus Lärmschutzelementen montiert werden.

Voraussichtlich werden zum Aufbau der Lärmschutzwände Lärmschutzkassetten aus Aluminium eingesetzt. Hier gibt es Hersteller, die solche Systeme mit Rankgittern als Kletterhilfe für Kletterpflanzen ausstatten. Auch eine Kletterhilfe mit bis zu 10 m Höhe ist umsetzbar. Die Ausführungen der Kletterhilfen sind variabel und können an die Anforderungen der Kletterpflanzen angepasst werden (S. Kap. „Konstruktion von Kletterhilfen“). Dies betrifft insbesondere den Wandabstand zwischen Kasette und Rankgitter und die Maschenweiten der Rankgitter.

Die Pflanzquartiere befinden sich auf einer Gesamtlänge von ca. 55 m sehr nahe an Verkehrsflächen. Hier kann überbaubares Pflanzsubstrat zum Einsatz kommen, sodass das Pflanzquartier zum Teil überbaut werden kann. Dennoch ist ein Grünstreifen zwischen dem zu begrünenden Bauwerk und den angrenzenden Verkehrsflächen zu empfehlen.



Zusammenfassung der Anforderungen an die empfohlenen Vertikalbegrünungen

Auswahl der Kletterpflanzen: Um das Begrünungsziel sicherzustellen, müssen Pflanzenauswahl und Kletterhilfe aufeinander abgestimmt werden. Die zu erreichende Wuchshöhe und die Standortbedingungen sind zu berücksichtigen (s. Kap. „Pflanzenauswahl“). Für die ausgewählten schlingenden und rankenden Kletterpflanzen eignen sich idealerweise orthogonale Rankgitter. Die Zuordnung der ausgewählten Kletterpflanzen in Anlage 3 berücksichtigt zudem die zu erreichende Wuchshöhe (Begrünungsziel) und die jeweilige Exposition am Bauwerk.

Kletterhilfen und Wandabstand: Für die empfohlenen Begrünungen empfehlen wir orthogonale Rankgitter als Kletterhilfe. Für die ausgewählten Kletterpflanzen empfehlen wir (mit Ausnahme von *Wisteria floribunda*) einen Wandabstand von 10 cm. Sollte *Wisteria floribunda* eingesetzt werden, empfehlen wir einen Wandabstand von 15 cm. Um sowohl den schlingenden als auch den rankenden Kletterpflanzen gerecht zu werden, empfehlen wir Maschenweiten von 25-30 cm (s. Kap. „Konstruktion der Kletterhilfen“). Die zusätzlichen Lasten durch Kletterhilfe, Pflanzen (Holz und Laub in feuchtem Zustand, ggf. Eisgewicht) und Windlasten sind statisch zu berücksichtigen (s. Kap. „Statische Aspekte“).

Pflanzung: Um extremen Startbedingungen für die Kletterpflanzen vorzubeugen, empfehlen wir eine Pflanzung im Herbst (s. Kap. „Standortfaktor Bauwerk“).

Bewässerung: Um das gewünschte Begrünungsziel zu erreichen, ist eine automatisierte Bewässerung der Bepflanzung während der Vegetationsperiode zwingend erforderlich (siehe Kap. „Bewässerung, Technik und Versorgung“). Wir empfehlen, die Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung. Hierzu ist eine Bevorratung des gesammelten Regenwassers erforderlich (Zisterne).

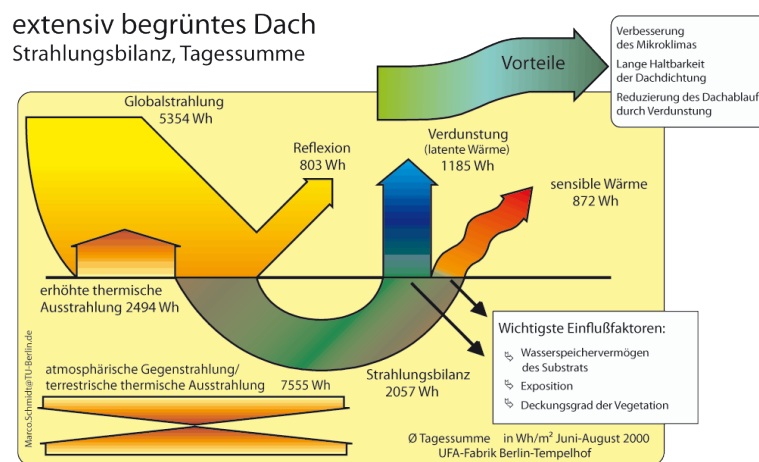
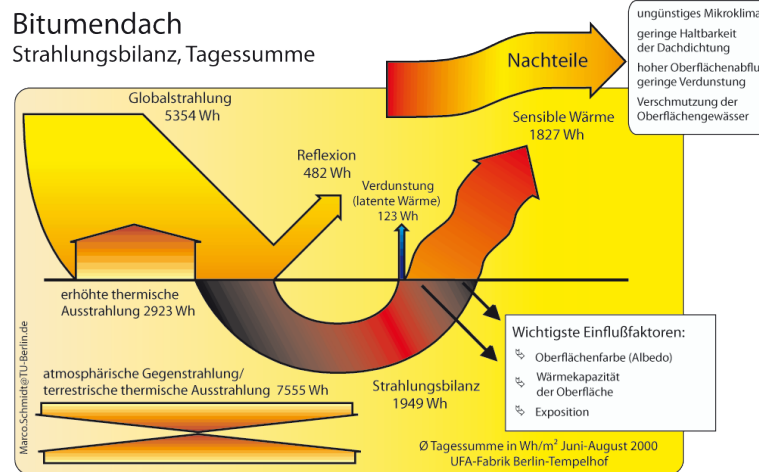
Pflege der Kletterpflanzen: Die ausgewählten Kletterpflanzen müssen einmal im Jahr gepflegt werden – idealerweise im Februar. Die zu begrünenden Fassadenflächen sind maximal bis ca. 10,6 m hoch. Die Pflege kann per Scherengarbeitsbühne bzw. Hubarbeitsbühne durchgeführt werden. Die Aufstellflächen für Hubarbeitsbühnen sind an den jeweiligen Bauwerksabschnitten einzuplanen und bereitzustellen. Je nach Bodenverhältnissen kann der Einsatz von geländegängigen Arbeitsbühnen mit geringer Bodenbelastung sinnvoll oder notwendig sein. Dies trifft insbesondere auf die Pflege der Lärmschutzwand 6 zu, die in großen Abschnitten nur von unbefestigtem Gelände aus gepflegt werden kann. Bei Baumpflanzungen ist die Erreichbarkeit der zu pflegenden Wände zu berücksichtigen. Die begrüneten Abschnitte und Baumpflanzungen sollten entsprechend versetzt angeordnet werden.



5. Wirkungen einer Bauwerksbegrünung

Kühlungsleistung einer Bauwerksbegrünung

Versiegelte Flächen wie Dächer und Straßen beeinflussen das Mikroklima durch eine Änderung der Strahlungsbilanz. Folge ist die Erhöhung der Temperaturen im engeren Umfeld und ein unbehagliches Raumklima in Gebäuden bzw. die Erhöhung des Energieverbrauchs bei der Gebäudeklimatisierung.

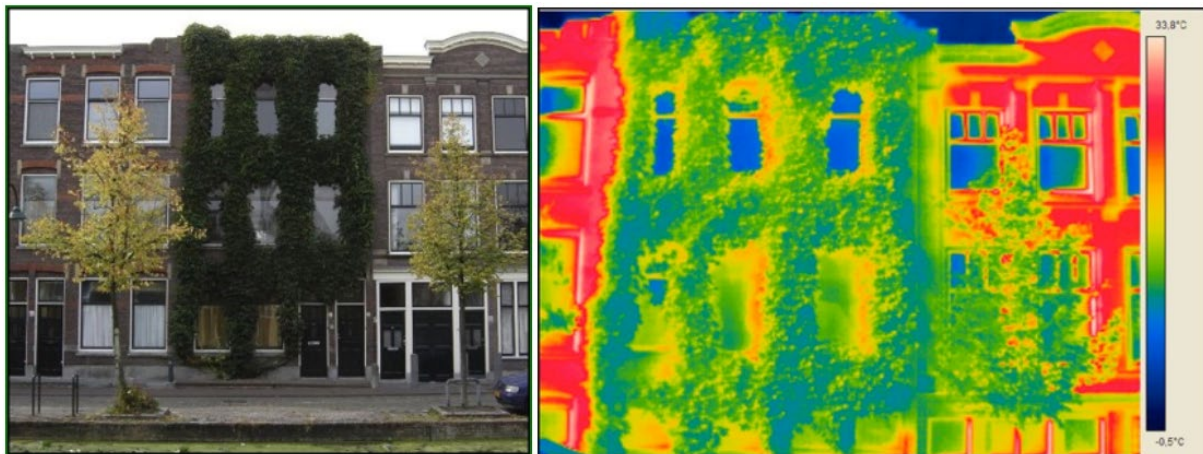


Die beiden Grafiken zeigen die Energiebilanz je eines Quadratmeters Bitumendach im Vergleich mit einem Gründach. Dargestellt ist das gemessene Tagesmittel der Sommermonate von Juni bis August 2000. (Quelle: *gebaeudekuehlung.de*, Dipl.-Ing. Marco Schmidt, Technische Universität Berlin)

Eine Lösung besteht in der Bauwerksbegrünung durch die Erzeugung von Verdunstungskälte. Durch die Erzeugung von Verdunstungskälte wird das Mikroklima im unmittelbaren Gebäudeumfeld verbessert. Die Verdunstung von Wasser zur Gebäudeklimatisierung ist eine kostengünstige und effektive Methode. Die Verdunstung von 1 m³ (= 1000 Liter) Wasser erzeugt (bei 30°) eine Verdunstungskälte von 680 kWh (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2010). Durch eine künstliche Bewässerung wird der Effekt der Verdunstungskühlung noch verstärkt. Entsprechend nimmt dann auch die Kühlungsleistung zu. Bei einer zusätzlichen Regenwassernutzung aus einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung können noch weitere Synergien erzielt werden. Hinzu kommt außerdem die Verdunstungskühlung der extensiven Dachbegrünung. Gründächer verdunsten je nach Wasserverfügbarkeit jährlich über 400 l/m² (Cirkel et al. 2018). Bewässerte Gründächer verdunsten mehr Wasser als unbewässerte Dachbegrünungen.

Gebäudeoptimierung durch Bauwerksbegrünung

Eine Fassadenbegrünung steht im unmittelbaren Zusammenhang mit der energetischen Optimierung eines Gebäudes. Ein wichtiger Effekt ist dabei – neben der Absorption der Sonneneinstrahlung durch die Blattflächen – die Verdunstungskühlung durch die Transpiration der Pflanzen und die Verdunstung von Oberflächenwasser. Diese natürlichen Kühlungseffekte verbessern das Mikroklima innerhalb des Gebäudes und im unmittelbaren Gebäudeumfeld. Fassadenbegrünungen sind – gegenüber Klimaanlage – deutlich effizienter. Klimaanlage verbrauchen immense Mengen an Energie und schädigen die Umwelt zusätzlich durch die Freisetzung von großen Mengen Abwärme. Eine Beschattung mit Pflanzen wirkt zudem – im Gegensatz zu einer technischen Beschattung – ansprechender und angenehmer auf die Nutzer. Eine Fassadenbegrünung kühlt jedoch nicht nur, sondern vermindert sowohl die Aufheizung als auch die Abkühlung der Gebäudeoberfläche, sodass die Gebäudehülle geringeren Temperatur-Amplituden ausgesetzt und der Wärmedurchgang reduziert ist. Sie bietet daher winterlichen und sommerlichen Kälte- und Wärmeschutz und vermindert somit Heiz- und Klimatisierungskosten. Neben den energetischen Wirkungen und der Verschattung bietet eine Fassadenbegrünung zudem einen Schutz der Gebäudehülle vor Witterungseinflüssen (Wind- und Feuchtebelastung) und Vandalismus (Graffiti).



Thermographische Aufnahme zur Verdeutlichung der Kühleffekte (©Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e. V.)

Umfeldverbesserung und ökologische Aspekte

Die oben beschriebenen Kühleffekte haben nicht nur Auswirkungen auf das Gebäude selbst, sondern auch auf das unmittelbare Gebäudeumfeld. Eine begrünte Fassade kühlt, erhöht die Verdunstungsrate und Luftfeuchtigkeit und verbessert so das Kleinklima. Im Gebäudeumfeld tragen Fassadenbegrünungen so zur Minderung städtischer Aufheizung bei. Die Begrünung von Dächern und Fassaden wird daher angesichts zunehmender Hitzebelastung in Städten weiter an Bedeutung gewinnen.

Darüber hinaus binden Pflanzen Feinstaub und produzieren Sauerstoff, sodass begrünte Fassaden zur Verbesserung der Luftqualität und zur Reduktion der städtischen Schadstoffbelastung beitragen. Zudem erweitern sie das Lebensraum- und Nahrungsangebot für die städtische Tierwelt.

Akustik/Schallschutz

Durch Streuung und Dämpfung von Schall tragen Fassadenbegrünungen zur Minderung der Lärmbelastung im städtischen Raum bei. Der Schallminderungseffekt durch Fassadenbegrünungen ist dabei abhängig von den Pflanzen (Blattdichte, Blattfläche und -dicke, Oberflächenbeschaffenheit der Blätter, vorherrschende Blattstellung) und ggf. dem Substrat (Volumen, Gewicht), sodass zur effizienten Lärminderung insbesondere flächige wandgebundene Begrünungen vorteilhaft sind (Pfoser 2018).

Vertikalbegrünungen und Klimaschutz

Der Abbau organischer Stoffe – die Mineralisation – setzt immer klimawirksame Treibhausgase – insbesondere Kohlenstoffdioxid (CO₂) – frei und entlässt diese in die Atmosphäre, wo sie Energie aus der Sonneneinstrahlung absorbieren und so die Atmosphäre erwärmen. Durch die andauernde Verbrennung fossiler Energieträger – also fossiler organischer Stoffe – durch den Menschen nimmt der Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre immer weiter zu und führt so zu einer globalen Erwärmung der Atmosphäre. Bei der Photosynthese der Pflanzen werden aus dem Treibhausgas CO₂ und Wasser energiereiche organische Verbindungen aufgebaut, die als Biomasse Bestandteil aller Lebewesen sind. Bei diesem Prozess wird zum einen CO₂ aus der Atmosphäre entnommen und in Biomasse fixiert und zum anderen Sauerstoff in die Atmosphäre freigesetzt. Zwei Beispiele zeigen auf, wieviel CO₂ durch Pflanzenbewuchs gebunden werden kann (Pfoser 2018): an einer Fassadenbegrünung aus *Hedera Helix*, 'Wörneri' (Efeu) wurde eine CO₂-Bindung von ca. 2,3 kg/m² Pro Jahr errechnet. Grünland zeigte im Vergleich eine CO₂-Bindung von ca. 2,2 kg/m² pro Jahr. Pflanzen können jedoch nur dann als Kohlenstoff-Senke für die Atmosphäre wirken, wenn der durch die Photosynthese fixierte Kohlenstoff langfristig gebunden wird und nicht mehr als Treibhausgas in der Atmosphäre wirken kann. Um die Biomasse von Fassadenbegrünungen langfristig zu erhalten und so eine positive Klimawirkung zu erzielen, kann das Schnittgut mittels thermischer Karbonisierung (Pyrolyse) zu Pflanzenkohle verarbeitet werden. So lässt sich aus zwei Tonnen Grünschnitt etwa eine Tonne CO₂ langfristig der Atmosphäre entziehen (Ithaka Institut). In dem im Oktober 2018 veröffentlichten Sonderbericht 1,5 °C globale Erwärmung wurde Pflanzenkohle erstmals vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) als eine vielversprechende Negative Emissionstechnologie (NET) erwähnt. Pflanzenkohle weist eine poröse Struktur und eine sehr große innere Oberfläche auf, sodass sie Wasser und Nährstoffe speichern und Schadstoffe binden kann. Anwendungsmöglichkeiten der Pflanzenkohle finden sich beispielsweise in der Landwirtschaft zur Verbesserung von Böden oder als Filtermaterial in der Wasseraufbereitung. Entsprechende Anlagen zur Verwertung von Grünschnitt können über den Fachverband Pflanzenkohle erfragt werden.



6. Konstruktion und Statik von Kletterhilfen

Konstruktion der Kletterhilfen

An Kletterhilfen sollen die Kletterpflanzen möglichst natürlich, ihrem jeweiligen Wesen entsprechend emporenwachsen können. Sie sollen dauerhaft, stabil und sicher sein. Kletterhilfen an Fassaden bestehen in der Regel aus Verankerung, Halter und Stützkonstruktion wie Stäbe, Gitter, Seile und Netze. Die Stützkonstruktion ist die eigentliche Kletterhilfe. Diese muss zur Kletterstrategie der gewählten Pflanze(n) passen. Anforderungen an die Konstruktionsformen sind – je nach Kletterstrategie der Pflanze – folgende:

| Schlinger | Ranker | Spreizklimmer |
|---|---|--|
| Konstruktionen mit vorwiegend <u>senkrechter</u> Ausrichtung. | <u>Gitter-</u> oder <u>netzförmige</u> Konstruktionen | Konstruktionen mit vorwiegend <u>waagrechter</u> Ausrichtung oder gitterförmige Konstruktionen |
| Abstand zueinander: 25-50 cm | mit Maschenweiten von 5-30 cm | mit großen Maschenweiten von 30-50 cm |
| Stützen-Ø : 4-30 mm | Stützen-Ø : 4-30 mm | Stützen-Ø : 4-60 mm |
| Abrutschsicherungen oder Querstreben im Abstand von 50 – 200 cm | | |

Bei der Wahl der Materialien ist auf Pflanzenverträglichkeit, pflanzengerechte Form und Dauerhaftigkeit des Materials zu achten. Natürlich spielen auch gestalterische Aspekte sowie Wirtschaftlichkeit in Anschaffung und Unterhaltung eine wichtige Rolle.

Gitter oder Netze sind besonders für Ranker, jedoch auch für viele Schlinger geeignet, besonders, wenn flächig begrünt werden soll, optimal. Senkrecht nebeneinander beabstandete Seile oder gar Einzelseile sind für Schlinger geeignet, für Ranker jedoch sehr schlecht und für Spreizklimmer gar nicht zu erobern. Gitter mit großen Maschenweiten sind auch für Spreizklimmer geeignet. Netze sind für Spreizklimmer nur dann geeignet, wenn sie große Maschenweiten aufweisen. Es dürfen bei Kletterhilfen grundsätzlich keine spitzen Winkel < 60° ausgebildet werden, weil es dabei zum Abwürgen von Pflanzentrieben oder Sprengung des Knotenpunktes kommen kann. Orthogonale Gitter bieten somit dem Landschaftsarchitekten die größtmögliche Pflanzenauswahl. Stabile Gitter haben zudem den Vorteil, dass die Lasten gleichmäßig auf Halter und Anker verteilt werden. Allerdings haben sie auch einen Nachteil: Sie können beklettert werden. Bei Ausbildungen von Maschen (überkreuzende Seile, Gitter und Netze) ermöglichen große Maschenweiten eine gute Pflege und die Selbstreinigung der Pflanze; bei zu engen Maschenweiten kann das Laub verhocken und zu Nässe und Schimmelbildung führen.

Rankgitter: Rankgitter können grundsätzlich wandhängend oder als „angelehnt stehende Konstruktion“ gebaut werden. Wandhängend werden die Lasten in die tragende Wand abgeleitet. Bei der „angelehnt stehenden Konstruktion“ werden die Vertikallasten über Tragrohre in den Boden abgeleitet. Die Halter müssen dann nur die Horizontallasten bzw. Windsoglasten aufnehmen. So werden nur wenige Anker und Halter benötigt, um die Tragrohre an der Wand zu befestigen. Rankgitter werden in der Regel aus punktgeschweißten Edelstahlgittern oder aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellt. Edelstahlgitter sind wirtschaftlich, wenn sie in gleicher Bauart in großer Serie produziert werden können. GFK-Gitter werden individuell in Manufakturen gefertigt und sind besonders dann wirtschaftlich, wenn besondere oder verschiedene Formen und Größen benötigt werden.



Ranknetze: Ranknetze werden an einer umlaufenden Tragkonstruktion aus Tragseilen oder -rohren befestigt. Je nach Größe muss ein Ranknetz durch weitere Befestigungen innerhalb des Ranknetzes „segmentiert“ werden. Hierzu können beispielsweise auf der Höhe von Geschossdecken zusätzliche horizontale Tragkonstruktionen vorgesehen werden. Die Ausführung der Tragkonstruktion (z. B. Durchmesser der Tragseile) ist auf die Abstände der Verankerungspunkte abzustimmen. Grundsätzlich sollten die rautenförmigen Maschen eines Ranknetzes stehend ausgebildet werden, sodass die schlingenden Pflanzen möglichst steil nach oben wachsen können.

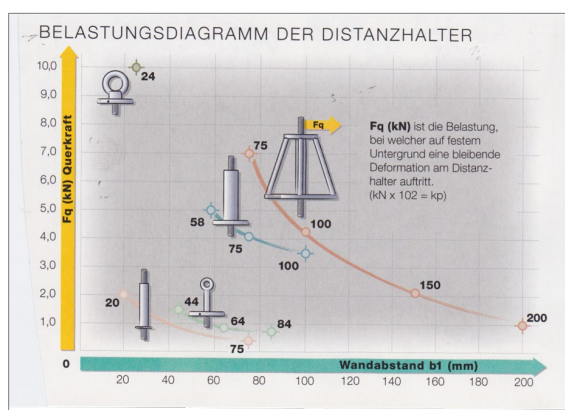
Rankseile: Bei der Verwendung von Rankseilen darf der vertikale Abstand zwischen den einzelnen Ankerpunkten nicht zu groß gewählt werden. Die Seile sind an allen Ankerpunkten mit einer Seilhalterung zu befestigen. Wird ein langes vertikales Seil an den mittleren Ankerpunkten – ohne Seilhalterung – nur durch Ösen gezogen, hat der oberste Ankerpunkt die gesamte Last zu tragen. Bei Seilkonstruktionen wirken sich Querkräfte auf die Halter und Verankerungen durch die Zugwirkungen der Seile aus. Die Zugwirkungen entstehen durch die Vorspannung und zusätzlich durch das Umwinden der Pflanzentriebe sowie Wind- und Schocklasten. Es ist zu bedenken, dass Schlinger ein Seil stets verkürzen. Ein Seil sollte daher an allen oberen Verankerungspunkten nachführbar sein. Überlastsicherungen, die ein Nachrutschen des Seils bei einer definierten Last ermöglichen, haben sich in der Praxis bewährt. Das spart zum einen Wartungskosten und verhindert zum anderen Schäden. Eine Durchrutschsicherung aus einer Hülse am Seilende verhindert ein vollständiges Durchrutschen des Seils.

Halter und Wandabstand

Die Halter sind das Bindeglied zwischen den Anker und der Stützkonstruktion. Sie stellen den Wandabstand her. Sie übertragen die Lasten, die auf die Stützkonstruktion wirken, auf die Anker. Je nach Bauform werden diese Lasten auf einen, zwei oder mehrere Anker pro Halter abgeleitet. Die Halter stellen einen vorwiegend auf Biegung beanspruchten Kragarm dar. Er ist ausreichend dimensioniert, wenn er sich unter Höchstlast nur elastisch und nicht bleibend verformt. Halter dürfen nur aus korrosionssicherem Material hergestellt werden, in der Regel werden sie aus nicht rostendem Stahl gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung gefertigt. Bei Alternativen muss eine entsprechende Korrosionsbeständigkeit nachgewiesen werden.

Der Wandabstand soll so groß sein, dass die Kletterpflanzen artgerecht winden oder ranken können und Zwängungen durch sekundären Dickenwuchs und mechanisch verursachte Schäden an den Kletterpflanzen vermieden werden. Zudem ermöglicht ein ausreichender Wandabstand eine fachgerechte Pflege mit Schnittmaßnahmen, Triebleitung und Entfernung von Totholz und Laub. In der Praxis haben sich – je nach Dickenwuchs der ausgewählten Kletterpflanzen – Wandabstände zwischen 8 und 20 cm bewährt. Für die ausgewählten Kletterpflanzen empfehlen wir (mit Ausnahme von *Wisteria floribunda*) einen Wandabstand von 10 cm. Sollte *Wisteria floribunda* eingesetzt werden, empfehlen wir einen Wandabstand von 15 cm.

Je größer der Wandabstand ist, desto länger der Kragarm. Je länger der Kragarm, desto weniger darf er belastet werden, bevor eine bleibende Deformation auftritt. Diese Kragarmproblematik spielt gerade bei gedämmten Wänden eine große Rolle, da die Dämmdicke der Kragarmlänge hinzuzurechnen ist. Die mechanischen Kräfte auf einen Kragarm wirken ähnlich wie bei einem Hebel, jedoch nicht um einen Drehpunkt.



©Jakob Inox Line



Verankerungen

Die Verankerungen sind dafür verantwortlich, dass die auftretenden Lasten sicher in die tragende Wand eingeleitet werden können und es auf Jahre hinaus zu keiner Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung, insbesondere des Lebens, der Gesundheit und der natürlichen Lebensgrundlagen kommt.

Verankerungsprodukte werden grundsätzlich unterschieden in

- Kunststoffdübel (Rahmen- oder Fensterdübel)
- Stahldübel (Bolzen-, Hochleistungs-, Einschlag-, Spezialanker) und
- Verbunddübelsysteme (Verbundanker, Injektionssysteme).

Die Wahl des richtigen Verankerungsproduktes richtet sich nach der Beschaffenheit der tragenden Wand und dem Wandaufbau.

Thermisch trennende Verankerungen: Mit den entsprechenden Verankerungen lassen sich Kletterhilfen auch auf Fassaden mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) oder an Sandwich-Fassaden montieren. Verankert wird generell nur in der tragenden Konstruktion. Die nicht tragenden Wandteile einer Sandwich-Fassade müssen also „überbrückt“ werden. Zur Vermeidung von Wärmebrücken entwickelte beispielsweise Polygrün den ThoBraTherm-Anker, der eine thermisch getrennte Verankerung von Kletterhilfen mit Durchdringung von Wärmedämmungen ermöglicht. Der ThoBraTherm-Anker besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und weist daher eine äußerst geringe Wärmeleitfähigkeit auf. Ein Gewindestift bietet eine Aufnahme für einen Halter zur Befestigung der Kletterhilfe. Durch eine zusätzliche Umwicklung des Gewindestifts mit GFK kann der ThoBraTherm-Anker vergleichsweise hohe Querlasten aufnehmen. Durch verdickte Schäfte des Ankers kann bei Montage auf einem WDVS oder auf einer Sandwichfassade auf Stützhülsen verzichtet und so Montagezeit eingespart werden.



Statische Aspekte

Die Vertikallasten der Kletterpflanzen pro qm errechnen sich aus dem Holzgewicht, dem Laubgewicht im feuchten Zustand und ggf. Eisgewicht. Letzteres ist bei sommergrünen Pflanzen nicht zu hoch zu bewerten, da es bei diesen im Winter wenig Ansatzpunkte für Eis gibt.

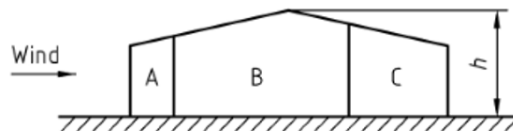
Übliches Gesamtgewicht der schwersten Kletterpflanze der Lastklasse 3 bei fachgerechtem Schnitt:

| | |
|--------------------|----------------------|
| bei 2 m Breite | 15 kg/m ² |
| bei 1 m Breite | 19 kg/m ² |
| bei < 0,7 m Breite | 18 kg/m ² |

Die meisten der ausgewählten Kletterpflanzen sind den Lastklassen 1-3 zugeordnet und damit entsprechend leichter (s. Anlage 3).

Lasten der Kletterhilfen: Die Konstruktion einer Kletterhilfe als Rankgitter (mit Verankerung und Rankgitter) erreicht – je nach Ausführung der Konstruktion – ca. 4 kg/m². Als „angelehnt stehende“ Konstruktion mit Tragrohren werden diese Vertikallasten sowie die Pflanzengewichte in den Boden abgetragen.

Windlasten: Bei der Berechnung der Windlasten spielt der Staudruck (q_p), die Höhe des Gebäudes und Flächengröße (A) sowie der aerodynamische Beiwert eine Rolle ($W=q_p * C_{aerodm} * A$). Zusatzlasten entstehen im Gebäudebereich A, also besonders an den Ecken.



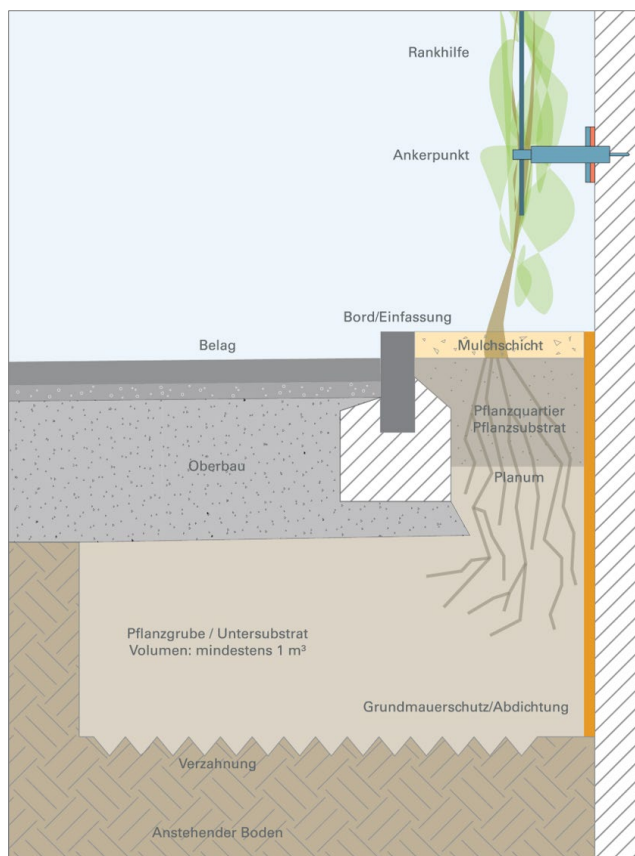
Aufgrund der guten Durchströmbarkeit von Kletterpflanzen darf eine Abminderung von 0,6 (Kletterpflanzen der Lastklasse 3) angesetzt werden.

7. Standortfaktoren

Bodenverhältnisse und Pflanzquartiere

Bodengebundene Pflanzquartiere: Um den natürlichen Standorten der meisten Kletterpflanzen im Wald bzw. am Waldrand gerecht zu werden, muss der Oberboden bzw. das Pflanzsubstrat dauerhaft strukturstabil und humusreich sein sowie einen optimalen Wasser- und Lufthaushalt aufweisen. Beim Erstellen von Pflanzstellen für Fassadenbegrünungen im Verkehrsraum (Gehweg, Straße) und damit in der Regel beengten Verhältnissen sollte der Einbau nach FLL-Richtlinien¹ erfolgen, wobei die Dimensionierung auf die geplanten Kletterpflanzen abgestimmt werde. Der durchwurzelbare Raum sollte jedoch mindestens 1 m³ pro Laufmeter Pflanzquartier betragen. Die Vegetationsfläche sollte für einen guten Wasserhaushalt gemulcht oder in geeigneter Weise bepflanzt werden. Der im Bereich von Außenwänden i.d.R. angeschüttete Unterboden ist auf Eignung und gute Durchwurzelbarkeit zu prüfen. Staunässe und kapillarbrechende Schichten sind dauerhaft zu vermeiden. Wenn anders keine nachhaltige Bodenverbesserung erzielt werden kann, ist ein Bodenaustausch in angemessenem Volumen (mindestens 1 m³ pro Laufmeter Pflanzquartier) vorzunehmen.

Pflanzstelle in engen Verhältnissen: In engen Verhältnissen kann eine überbaute Pflanzgrube mit überbaubarem Substrat als Pflanzsubstrat und durchwurzelbarer Unterbau unter einer Verkehrsstragschicht gebaut werden. Eine geeignete Einfassung, sowie ggf. ein Blindenleitsystem, Hundeschutz oder Stammschutz ist im Bedarfsfall einzuplanen.



FLL-Richtlinie „Empfehlung für Baumpflanzungen, Teil 2 „Pflanzgrubenbauweise 2 – überbaute Pflanzgrube“ (© Vertiko GmbH)

¹

FLL-Richtlinie „Empfehlung für Baumpflanzungen, Teil 2 „Pflanzgrubenbauweise 2 – überbaute Pflanzgrube“

Wasserversorgung

Die meisten Kletterpflanzen benötigen frische bis feuchte Böden und eine ausreichende Wasserversorgung. Kann diese nicht über eine Dauerpflege gewährleistet werden, wird – insbesondere beim Einsatz von Pflanztrögen – eine (automatische) Bewässerungsanlage empfohlen. Unter Dachvorsprüngen ist besonders in der Jugend der Pflanzen eine regelmäßige Bewässerung notwendig, in Regenschattenlagen auch darüber hinaus. In Regenschattenlagen besteht die Gefahr, dass Wurzelkletterern wegen mangelhafter Ausbildung von Wurzelhaaren das Festhalten an Untergründen erschwert wird. In Südlagen kann der Wasserhaushalt durch Bodenbedeckung oder durch eine Staudenbepflanzung verbessert werden.

Standortfaktor Bauwerk

Exposition, Licht und Wärme: Je nach Exposition der zu begrünenden Fläche sind die entsprechenden Standortfaktoren bei der Planung und insbesondere der Pflanzenauswahl zu berücksichtigen (s. Kap. „Pflanzenauswahl“). An einer südexponierten Fläche kann eine starke Sonneneinstrahlung gegeben sein, sodass hier ausschließlich Pflanzen eingesetzt werden können, die einen sonnigen Standort bevorzugen. Dass die meisten Kletterpflanzen natürlicherweise im Wald bzw. am Waldrand wachsen, ist bei der Begrünung von Bauwerken mit Kletterpflanzen zu berücksichtigen. In voller Sonne und südexponierter Lage ist daher der Fuß der Kletterpflanzen zu beschatten, idealerweise durch eine Bepflanzung. Zudem ist das Gedeihen vieler Kletterpflanzen in Voll-Schattenlagen reduziert. In solchen Lagen ist auch mit vollschattenverträglichen Kletterpflanzen ein längerer Zeitraum zum Erreichen des Begrünungszieles einzurechnen.

Bauliche Umgebung: Die bauliche Umgebung kann zu einer Umkehrwirkung der Standortbedingungen führen. Beispielsweise kann eine durch Bebauung verschattete Südfassade eine Pflanzenauswahl für absonnige Standorte erforderlich machen oder die Reflexion an einer Südfassade kann eine Nordfassade in einen sonnigeren Standort umkehren (Nicole Pfoser 2018). Sehr helle reflektierende oder spiegelnde Flächen sowie sehr dunkle sich aufheizende Flächen können für Kletterpflanzen problematisch werden. Bei reflektierenden Flächen kann es zu Verbrennungen durch Rückstrahlung kommen, bei dunklen Flächen kann es zu Verbrennungen aufgrund von Aufheizung und Wärmeabstrahlung kommen. Dieser Effekt wirkt sich insbesondere bei Selbstklimmern aus, da diese ohne Kletterhilfe unmittelbar auf der Fläche der Primärkonstruktion wachsen. Mit zunehmendem Abstand einer Kletterhilfe zur Primärkonstruktion nehmen die negativen Effekte der Rückstrahlung auf die gerüstkletternden Kletterpflanzen ab. Bei Einhaltung der Abstände von Kletterhilfe zu Primärkonstruktion nach FLL-Richtlinien ergeben sich erfahrungsgemäß keine negativen Auswirkungen auf die Pflanzenvitalität.

Reduzierte Wärmerückstrahlung durch Kühlungseffekte: Thermografischen Messungen an bewachsenen und unbewachsenen Fassaden verdeutlichen die Kühlungseffekte von Bauwerksbegrünungen und damit auch die reduzierte Wärmerückstrahlung (s. Kap. „Kühlungsleistung einer Bauwerksbegrünung“ und „Gebäudeoptimierung durch Bauwerksbegrünung“).

Pflanzung: Bei bzw. nach der Pflanzung kann es in baulichen Extremsituationen oder bei extremen Witterungsbedingungen temporär zu einem Verbrennen von Jungtrieben kommen, was jedoch nicht zwangsläufig ein dauerhaftes Problem für die Pflanzen bedeutet, da sie außerhalb dieser temporären Extremsituationen wachsen und langfristig die Fläche schließen und eigenständig abschatten können. Um extremen Startbedingungen für die Kletterpflanzen vorzubeugen, empfehlen wir eine Pflanzung im Herbst. Eine automatische Bewässerung kann zudem erhöhte Transpiration durch wärmeres Mikroklima vor einem Bauwerk kompensieren.

Pflanzenverträglichkeit von Bauwerken und Kletterhilfen: Kletterhilfen dürfen weder physikalisch noch chemisch noch thermisch pflanzenschädigend wirken. Bei der Wahl der Materialien ist auf Pflanzenverträglichkeit, pflanzengerechte Form und Dauerhaftigkeit des Materials zu achten (siehe Kap. „Konstruktion und Statik“). Zu einer physikalischen Schädigung gehört auch das Verbrennen aufgrund solarer Aufheizung der begrünenden vertikalen Fläche. Dem kann durch einen ausreichenden Abstand zwischen Wand und Kletterhilfe entgegengewirkt werden. Idealerweise sollte ein Grünstreifen zwischen versiegelten Flächen und den zu begrünenden Lärmschutzwänden vorgesehen werden, um die solare Aufheizung der Lärmschutzwände zu



minimieren. Mit zunehmender Wuchshöhe und Zunahme der begrünten Fläche nehmen auch die Kühlungseffekte (durch Verschattung und Verdunstungsleistung) durch die Kletterpflanzen zu (siehe Kap. „Wirkungen einer Bauwerksbegrünung“), sodass die vertikale Begrünung zunehmend auch die Aufheizung der Lärmschutzwände reduziert.

Windexponierte Lagen: Der Wind hat nicht nur Einfluss auf die Statik (siehe oben), sondern wirkt sich auch auf das Gedeihen der Pflanzen aus. Für die Pflanzen bedeuten zu windexponierte Standorte Stress, was zu Austrocknung, Frostschäden und Windwurf führen kann. Die Windexposition einer Vertikalbegrünung an einem Bauwerk hängt von der Exposition, der Höhe des Bauwerks und der Position am Bauwerk ab. Mit wachsender Begrünungshöhe nehmen auch die Windlasten erheblich zu. So sind beispielsweise hohe Fassadenbegrünungen an Gebäudeecken sehr viel windexponierter als niedrige Fassadenbegrünungen in der Mitte einer Gebäudekante (siehe auch Kap. „Statische Aspekte“). An Gebäudeecken ist daher ggf. die Windfestigkeit der eingesetzten Pflanzen bei der Pflanzenauswahl zu berücksichtigen.



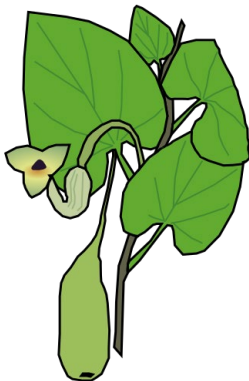
8. Auswahl der Kletterpflanzen

Die Einteilung der Kletterpflanzen erfolgt anhand ihrer Strategie zu klettern. Man unterscheidet hier zwischen Schlinger, Spreizklimmer, Blattstielranker, Sprossranker, Haftscheibenranker und Wurzelkletterer. Mit der individuellen Pflanzplanung kann auf die jeweilige Situation vor Ort reagiert – und die Standortverhältnisse: Exposition, Besonnung/Verschattung, Windlast – können berücksichtigt werden.

Für das vorliegende Projekt werden (überwiegend sommergrüne) Schlinger und Ranker vorgeschlagen, die alle für die jeweilige Kletterhilfe (orthogonale Rankgitter) und die zu erreichende Wuchshöhe (Begrünungsziel) geeignet sind. Dabei muss zwischen den Standorten mit verschiedenen Lichtverhältnissen unterschieden werden. Eine Übersicht der Pflanzenauswahl mit Zuordnung zu Bauwerk und geeigneter Exposition am Bauwerk ist Anlage 3 zu entnehmen.

Pflanzenauswahl für vertikale Bauwerksbegrünungen

***Aristolochia macrophylla* – Amerikanische Pfeifenwinde:** Die Amerikanische Pfeifenwinde (*Aristolochia macrophylla*) ist ein breitwüchsiger Schlinger, der sich für sonnige bis schattige Bereiche eignet und eine sehr schöne flächige Abdeckung mit dichtem Blattwerk ausbildet. Diese Kletterpflanze ist pflegeleicht und erfordert lediglich einen gelegentlichen Auslichtungsschnitt. Ihre Blüten sind unscheinbar und grünbraun, die Herbstfärbung der Blätter ist fahlgelb. Sie erreicht eine Höhe von bis zu 10 m.



Aristolochia macrophylla
Großblättrige Pfeifenwinde

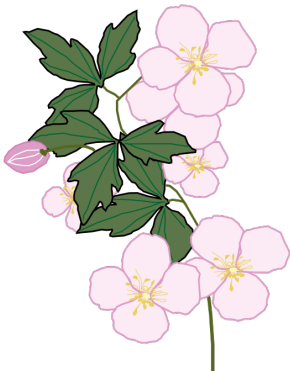


***Clematis maximowicziana* – Oktober-Waldrebe:** Die Oktober-Waldrebe ist ein Ranker für sonnige, warme Standorte. Sie hat weiße Blüten und blüht erst im Herbst.



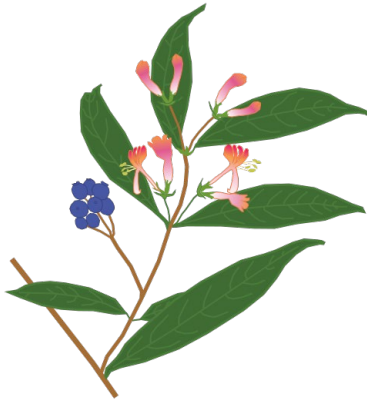
Clematis maximowicziana
Oktoberwaldrebe

***Clematis montana* – Berg-Waldrebe:** Die Berg-Waldrebe ist sehr starkwüchsig, sehr blühstark und geeignet für sonnige Standorte bis hin zu lichtem Schatten. Sie blüht im Mai und Juni, je nach Sorte: weiß, hellrosa, oder lilarosa. Sie muss gelegentlich ausgelichtet werden, sonst wächst sie kopflastig. Sie erreicht eine Höhe von bis zu 10 m.



Clematis montana
Berg-Waldrebe

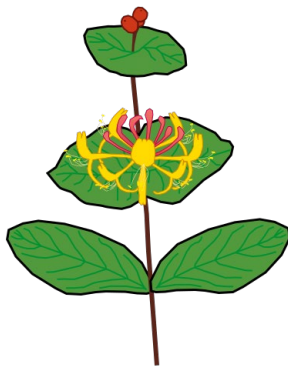
***Lonicera henryi* – Immergrünes Geißblatt:** Für sonnige, besser halbschattige, bedingt auch schattige Bereiche eignet sich auch das Immergrüne Geißblatt (*Lonicera henryi*). Diese schlingende Kletterpflanze bildet ein dichtes Blattwerk mit lanzettlich ganzrandigen Blättern aus. Die Blüten sind trompetenförmig und gelb bis rot. Blütezeit ist in den Monaten Juni und Juli. Das Immergrüne Geißblatt ist kaum anfällig gegen Schädlinge und pflegeleicht. Ein gelegentlicher Auslichtungsschnitt bei Verkahlen reicht aus. Sie erreicht eine Höhe von bis zu 8 m.



Lonicera henryi
Immergrünes Geißblatt



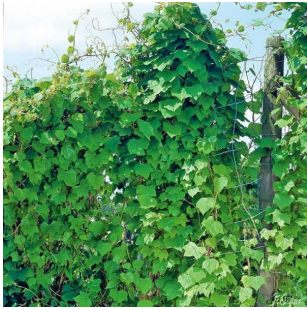
***Lonicera x tellmaniana* – Gold-Geißblatt:** Das Gold-Geißblatt ist eine schlingende Kletterpflanze, die für sonnige bis halbschattige, frische Standorte geeignet ist. Sie blüht reich im Juni und Oktober. Ihre Blüten sind orange.



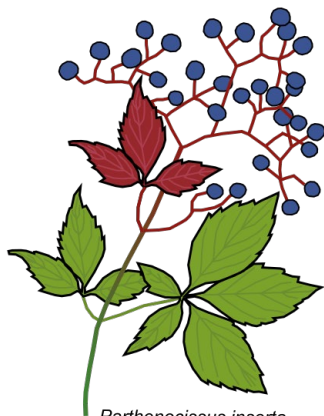
Lonicera x tellmaniana
Gold-Geißblatt



***Menispermum canadense* – Mondsame:** Der Mondsame (*Menispermum canadense*) ist eine Kletterpflanze, die sich für geschützte, sonnige bis halbschattige Standorte eignet. Sie bedeckt breitwüchsig Flächen, ist pflegeleicht und muss gelegentlich ausgelichtet werden.



***Parthenocissus inserta* – Wilder Wein:** Parthenocissus inserta ist eine Gerüstkletterpflanze, die sich für sonnige bis halbschattige, frische Standorte eignet und etwa 8 m Höhe erreicht. Parthenocissus inserta blüht unscheinbar, bildet aber eine attraktive Herbstfärbung in prächtigem scharlachrot aus.



Parthenocissus inserta
Gewöhnliche Jungfernebe



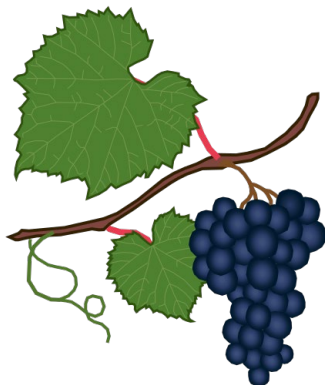
Periploca graeca - Orientalische Baumschlinge: Die Orientalische Baumschlinge ist eine Schlingpflanze für sonnige und trockene Standorte, die flächig und von unten her breit aufwächst. Sie ist blühstark und blüht von Juni bis August. Ihre Blüten sind purpur-lila.



Periploca graeca
Griechische Baumschlinge



Vitis riparia – Duftrebe: Die Duftrebe ist eine flächig wachsende Rankpflanze, die unscheinbare bräunliche Blüten ausbildet. Im Herbst verfärbt sich ihr Laub gelb und sie bildet kleine blaue Trauben aus. Sie erreicht eine Höhe von bis zu 12 m.



Vitis riparia
Ufer-Rebe



***Wisteria floribunda* – Japanischer Blauregen:** Der Japanische Blauregen ist ein Schlinger für sonnige, warme Standorte mit guter Nährstoffversorgung. Er erreicht eine Höhe von 8-10 m und ist eher pflegeintensiv, da die Aufleitung begleitet werden muss (Triebe abwickeln und parallel anbinden). Er wächst wuchtig und weit auskragend und bildet im Mai-Juni große, hängende traubige Blütenstände mit violettblauen Blüten. Im Herbst verfärbt sich das Laub fahlgelb.



Wisteria brachybotrys
Seidige Glyzine



Unterpflanzung

Eine Unterpflanzung reguliert den Feuchtehaushalt, beschattet den Fuß der Kletterpflanzen und minimiert den Pflegeaufwand. Möglich sind beispielsweise Staudenpflanzungen für den jeweiligen Lebensbereich oder eine naturnahe Kraut- und Strauchschicht.

10. Brandschutztechnische Aspekte einer Fassadenbegrünung

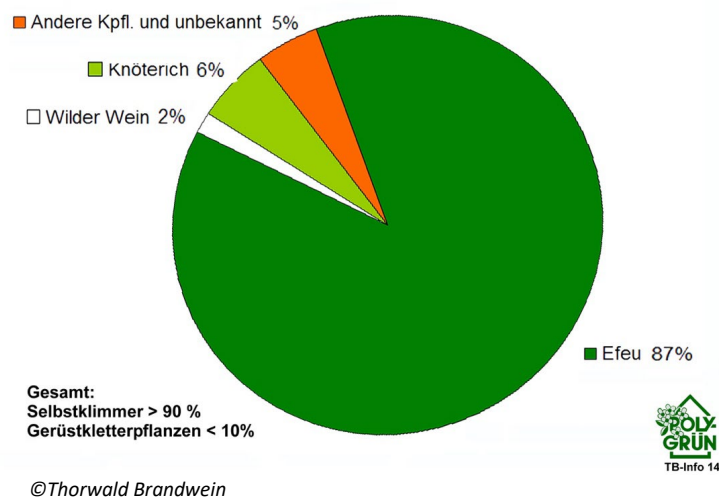
Begrünung mit Kletterpflanzen

(Kletter-)Pflanzen sind nicht geregelte „Baustoffe“. Jedoch wirkt der Wassergehalt aller lebenden Pflanzenteile feuerhemmend. Die Brandlast (Wärmepotenzial aller vorhandenen brennbaren Stoffe) begrünter Fassaden hängt daher maßgeblich vom Pflegezustand der Begrünung ab. Je mehr abgestorbene Pflanzenteile vorliegen, desto größer ist die Brandlast. Daher ist die dauerhafte Vitalität der Pflanzen durch Bewässerung und Düngung sicherzustellen und abgestorbene Pflanzenteile (bzw. Totholz) müssen durch regelmäßige Pflege entfernt werden. Bei Kletterpflanzen ist im Rahmen der Pflege sicherzustellen, dass die Kletterpflanzen nicht über die vorgesehene Höhe hinauswachsen.

Viele Kletterpflanzen sind in der letzten Zeit getestet worden. Dabei stellte sich heraus, dass die Pflanzen erst nach dem Austrocknen bzw. Dörren brannten (Noder 2019). Die Branddauer war dann jeweils nur kurz und entsprach einem Sekundenbrand. Jedoch ist zu konstatieren, dass es bei längerer Beflammung eine vertikale Brandweiterleitung gab (auch diese jeweils nur als Sekundenbrand). Durch Versuche in Österreich konnte nachgewiesen werden, dass schon eine um 20 cm auskragende Brandsperre (Stahlblech, Mindestdicke 1 mm) die Brandweiterleitung verhinderte (Leitfaden Fassadenbegrünung 2019). Diese Maßnahme wurde von der deutschen Feuerwehr als Empfehlung übernommen (Anlage 4).

Nach einer Erhebung Thorwald Brandweins (Polygrün) über die 54 Brandfälle in Deutschland zwischen 2008 und 2014, bei denen Fassadenbegrünungen vorhanden waren, war vorwiegend Efeu beteiligt:

Brandhäufigkeit von Kletterpflanzen nach Art/Typ



11. Bewässerung, Technik und Versorgung

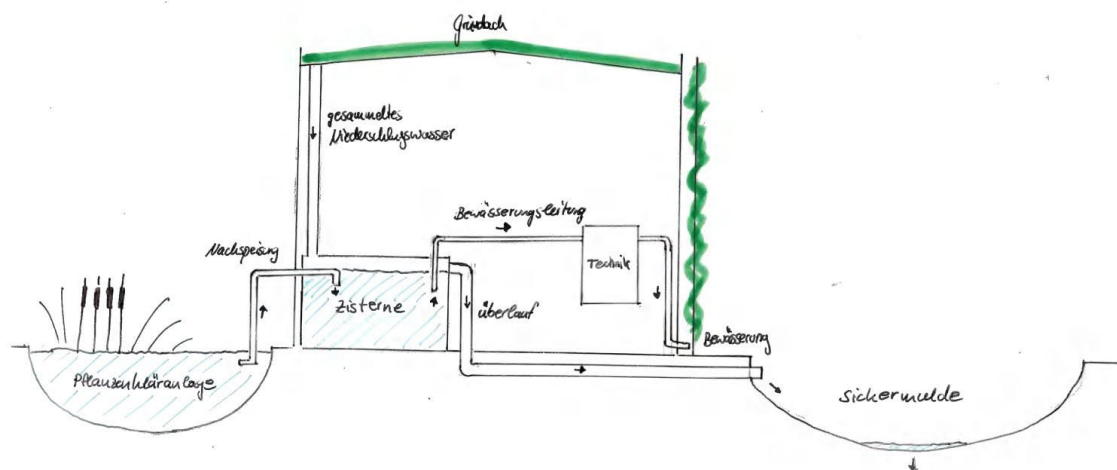
Zentrale Bewässerungstechnik

Eine automatische Bewässerung ist wirtschaftlich, weil sie Arbeitszeit und Wasser spart. Die zumeist für Bauwerksbegrünungen eingesetzten Tropfrohre versorgen die Wurzeln direkt und effektiv. Im Gegensatz zu einer Überkopfberegnung wird kein Wasser verdunstet. Die Taktung der Bewässerungszyklen erfolgt über einen kleinen Bewässerungscomputer (Zeitsteuerung). Die Bewässerung kann bei natürlichen Regenereignissen über einen Regensensor unterbrochen werden. Die Steuerung erfolgt mit einem kostengünstigen Bewässerungscomputer, der eine Fernwartung ermöglicht. Der wichtigste Sensor ist der daran angeschlossene Wasserzähler. Ein Impulswasserzähler ermöglicht die Erfassung der Durchflussmengen, wodurch eine Kontrolle der Bewässerung ermöglicht wird. Jeder Bewässerungskreis erhält ein separates Magnetventil innerhalb der Technik. Die Magnetventile lassen sich gesondert ansteuern. Die zeitliche Taktung (Start- und Bewässerungsdauer) erfolgt über eine web-unterstützte Steuerung. Der Steuerungscomputer übermittelt umgehend Warnmeldungen, wenn die eingestellte Bewässerungsmenge unter- oder überschritten wird. Zusätzlich ist der Bewässerungscomputer mit den nächstgelegenen Wetterstationen verbunden, sodass die Bewässerung schon a priori auf vorhergesehene Wetterereignisse reagieren kann. Beide Funktionen zusammen erübrigen weitere Sensoren, insbesondere Feuchtesensoren. Feuchtesensoren sind teuer, empfindlich, wartungsaufwändig und nicht langlebig. Wir empfehlen daher, die Vertikalbegrünungen an den Fassaden und Lärmschutzwänden beim Paketzentrum Weichering während der Vegetationsperiode automatisch zu bewässern.

Bewässerungskonzept

Für die Versorgung der Vertikalbegrünungen schlagen wir vor, einen zentralen frostfreien Technikraum einzurichten. Von hier aus werden die einzelnen Bewässerungskreis – ggf. auch für weitere Grünflächen – gesteuert. Jeder Bewässerungskreis erhält ein separates Magnetventil innerhalb der Technik. Die Magnetventile lassen sich gesondert ansteuern. Die zeitliche Taktung (Start- und Bewässerungsdauer) erfolgt über eine web-unterstützte Steuerung. Ein Impulswasserzähler ermöglicht die Erfassung der Durchflussmengen, wodurch eine Kontrolle der Bewässerung ermöglicht wird. Wir empfehlen, die Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung. Hierzu ist eine Bevorratung des gesammelten Regenwassers erforderlich (Zisterne). Die Dimensionierung der Zisterne richtet sich nach Wasserbedarf und Vorhaltezeit für trockene Zeiten (z. B. 3 Wochen). Grundsätzlich ist eine Nachspeisung erforderlich, falls nicht ausreichend Regenwasser für die Bewässerung vorhanden ist. Die Nachspeisung kann entweder durch einen Anschluss an das Trinkwassernetz (mit einer Systemtrennung durch einen freien Auslauf) oder mit dem Brauchwasser der Pflanzenkläranlage erfolgen, sofern gewährleistet ist, dass die Pflanzenkläranlage permanent ausreichend Wasser zur Bewässerung bereitstellen kann.

Schematische Darstellung des Bewässerungskonzeptes:



Bewässerungswasser

Regenwassernutzung: Die Verwendung von Regenwasser als Bewässerungswasser ist nicht nur für die Pflanzen besser, sondern auch ökologisch sinnvoll und nachhaltig. Regenwasser ist das beste Bewässerungswasser für Pflanzen. Eine Wasseraufbereitung für z.B. hartes Wasser entfällt. Falls das anfallende Regenwasser von Dachflächen für die Bewässerung Verwendung finden soll, ist auf eine geeignete pflanzenverträgliche Dachabdichtung zu achten. Bei einem verzinkten Blechdach ist beispielsweise zu prüfen, ob pflanzenschädliches Zink ausgewaschen wird. In einer Bitumen-Abdichtung können biozide Stoffe enthalten sein, die die Pflanzen schädigen können. Oberflächenwasser von befahrenen Flächen wie Parkplätzen und Zufahrtstraßen darf nur mit Zwischenschaltung eines Ölabscheiders eingeleitet werden.

Zisterne, Zisternentechnik und Nachspeisung: Für die Bewässerung mit Regenwasser ist eine Zisterne zur Regenwassersammlung und -speicherung erforderlich, die mit der entsprechenden Zisternentechnik ausgerüstet wird (Feinfilter im Zulauf, beruhigter Einlauf, Überlauf, Nachspeise-Einrichtung, Wasserstandsanzeige, Zisternenpumpe mit Druckschalter, schwimmender Entnahme und eigenem Filter). Grundsätzlich ist eine Nachspeisung erforderlich, falls nicht ausreichend Regenwasser für die Bewässerung vorhanden ist.

Brauchwasser der Pflanzenkläranlage: Falls das Brauchwasser der geplanten Pflanzenkläranlage (zur Aufbereitung des häuslichen Schmutzwassers) als Bewässerungswasser genutzt werden soll, ist sicherzustellen, dass im Bewässerungswasser weder boden- noch pflanzenschädigende Stoffe (z. B. Tenside) enthalten sind.

Wasserqualität des Trinkwassers und Trinkwasserschutz: Die Wasserhärte liegt im Versorgungsgebiet des Zweckverbandes zur Wasserversorgung der Arnbachgruppe bei etwa 8,05 °dH, also im weichen Bereich. Diese Wasserhärte ist für die Pflanzen und den Betrieb einer Bewässerungsanlage auf Dauer unproblematisch. Falls eine Nachspeisung aus dem Trinkwassersystem erforderlich ist, kann hierfür das Trinkwasser genutzt werden. Der Trinkwasserschutz nach der DIN EN 1717 und der DIN 1988-100 ist auf jeden Fall einzuhalten. Diese besagt, dass die Trinkwasserleitung gegenüber Nichttrinkwasser und gefährdenden Flüssigkeiten zu trennen ist. Gemäß DIN EN 1717 wird eine Unterflur-Bewässerung (mit Erdkontakt) in die Flüssigkeitskategorie 5 eingeteilt. Daher ist das Wasser mit freiem Auslauf (Sicherungseinrichtung Typ AA, AB oder AD) von der Trinkwasserleitung zu trennen. Dies kann durch eine Trennstation mit freiem Auslauf des Leitungswassers erfolgen und hat zur Folge, dass das Bewässerungswasser aus der Trennstation (Pumpstation) gepumpt werden muss, da der Druck des Trinkwassersystems nach einem freien Auslauf nicht mehr zur Verfügung steht.

Bewässerung

Tropfrohre in Pflanzquartieren: Die automatische Bewässerung wird mit druckkompensierenden Tropfrohren ausgeführt. Druckkompensierend bedeutet, dass sich erst das gesamte Rohr eines jeweiligen Kreises füllen muss, bevor Tropfen austreten. Die Tropfer besitzen einen Einwurzelerschutz. Die Rohre werden ca. 5-7 cm unter der Oberkante des Pflanzsubstrats verlegt. Als Tropfrohr wird hier z.B. UNIRAM 16010 AS, Ø 16 mm vorgesehen. Diese weisen bei einem Tropferabstand von 30 cm einen Durchfluss von 2,3 l/Std je Tropfer auf. Erfahrungsgemäß sollte hier die maximal mögliche Länge der Herstellerangabe je Kreis für eine optimale Funktionalität der Bewässerung auf max. 70 m je Kreis reduziert werden, da Rohr-Verbindungen und Abzweige etc. immer zu Druckverlusten im Tropfrohr führen.



Wasserbedarfsberechnung

Berechnung Wasserbedarf für die Pflanzquartiere der Kletterpflanzen: Der Wasserverbrauch der Bewässerung der Kletterpflanzen wird über die Gesamtlänge aller Pflanzquartiere und der darin verlegten Tropfschläuche sowie deren Wasserverbrauch pro Bewässerungsgang berechnet. Bei der Berechnung des Wasserverbrauchs legen wir Tropfrohre mit einem Tropferabstand von 30 cm zu Grunde, deren Gesamtlänge die doppelte Pflanzquartier-Länge beträgt, da die Tropfschläuche beidseitig verlegt werden.

| | |
|---|--|
| Annahme mit Tropfrohr UNIRAM 16010 AS, 16 mm und den Werten: Tropferabstand 30 cm, Wasserbedarf 2,3 l/Betriebsstunde/Tropfer | |
| 3,33 Tropfer/m Tropfschlauch x 2,3 l/h = | 7,66 l/Betriebsstunde (je lfm Tropfschlauch) |

Somit ergibt sich folgende Rechnung für den **Wasserbedarf der Bewässerung der bodengebundenen Kletterpflanzen:**

| | | |
|--|--------------------------------|---------------------|
| Pflanzquartierlänge | 59,27 m + 28,82 m + 333,90 m = | 422 m |
| Tropfschlauchlänge | 422 x 2 m = | 844 m |
| Wasserbedarf pro Betriebsstunde | 844 m x 7,66 l = 6.465,04 l = | 6,47 m ³ |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| Normalbetrieb (2 x 0,5 je Woche, 15 Wochen) | 15 Wochen x 1 h x 6,47 m ³ | 97,05 m ³ |
| Sommerbetrieb (15 Wochen) (4 x 0,5 je Woche, 15 Wochen) | 15 Wochen x 2 h x 6,47 m ³ | 194,10 m ³ |
| Winterbetrieb (22 Wochen) | keine Bewässerung | 0 m ³ |
| Wasserbedarf pro Jahr | | 291,15 m³ |

Wasserbedarf und Zisternengröße: Die Zisternengröße wird durch die Vorhaltezeit während Trockenzeiten berechnet. Vorhaltezeit für trockene Zeiten: z. B. 3 Wochen

$6,47 \text{ m}^3 * 2 \text{ h (max. Wochenbedarf)} * 3 \text{ Wochen} = 38,82 \text{ m}^3$
zuzüglich 10 % Zisternensumpf = **42,70 m³**

Ist nur eine kleinere Zisterne möglich, muss entsprechend mehr Wasser nachgespeist werden. Falls der Bau einer größeren Zisterne möglich ist, könnte eine längere Dürreperiode überbrückt werden.

Niederschlagsmengen der Gründächer: Sollen die zu bauenden Gründächer an eine Wasserbevorratung angeschlossen werden, kann über die durchschnittliche Jahresregenmenge von ca. 640 mm/m² (Mittlerer Jahresniederschlag 2011-2020) und dem Abflussbeiwert C_s (abhängig vom Gründachaufbau bzw. Substrathöhe) die Wassermenge errechnet werden, die theoretisch gesammelt werden kann.

Extensivgründach (Parkhaus) mit 12 cm Substrathöhe:
 $2.770 \text{ m}^2 * 0,64 \text{ m Jahresregenmenge} * \text{Abflussbeiwert } 0,4 = \text{ca. } 709 \text{ m}^3 / \text{Jahr}$

Extensivgründach (sonstige) mit 6 cm Substrathöhe:
 $10.046 \text{ m}^2 * 0,64 \text{ m Jahresregenmenge} * \text{Abflussbeiwert } 0,5 = \text{ca. } 3.215 \text{ m}^3 / \text{Jahr}$



Frost und Winterbetrieb

Die Kletterpflanzen müssen nicht ganzjährig versorgt werden. Aufgrund der hohen Wasserspeicherfähigkeit und der geringen winterlichen Verdunstungsrate der vorwiegend sommergrünen Pflanzen wird für den Winterbetrieb die Bewässerungsanlage abgeschaltet und die Leitungen werden im Herbst ausgeblasen. Hierzu wird jede Bewässerungsleitung der Kletterpflanzen mit einem Druckluftanschluss ausgestattet. Das ermöglicht ein Ausblasen der Leitung im Herbst, um die Anlage winterfest zu machen. Im Frühjahr wird dann die Bewässerung wieder in Betrieb genommen. Eine Winterautomatik ist nicht erforderlich.

Frostrocknis: Im Winter befinden sich Pflanzen in der Regel in der Winterruhe, sodass sie kaum Wasser benötigen. Bei Temperaturschwankungen mit schnellen Wechseln zwischen Frost und Tau an mehreren aufeinander folgenden warmen Tagen beginnt eine Pflanze jedoch auch im Winter mit der Transpiration, was bei niedrigen Bodentemperaturen zur sogenannten Frostrocknis führen kann, da die Pflanzen aus dem gefrorenen Boden kein Wasser aufnehmen können – dies betrifft vor allem immergrüne Pflanzen, da diese im Winter ihr Laub behalten (Leitfaden Fassadenbegrünung 2019). Immergrüne Pflanzen sind daher im Winter an einem Schattenplatz im Vorteil, weil sie dann weniger der Frostrocknis ausgesetzt sind.



12. Pflege und Wartung

Pflegemöglichkeiten

Für die Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit der Vertikalbegrünungen ist die Erreichbarkeit zur Pflege von entscheidender Bedeutung. Daher ist schon bei der Planung ein Pflegekonzept zu erstellen. Ggf. sind für die Durchführung der Pflege Rollgerüste oder Hubarbeitsbühnen und geeignete Aufstellflächen sowie ggf. verkehrsrechtliche Genehmigungen und Straßensperrungen erforderlich. Folgende Möglichkeiten, die vertikalen Pflanzflächen zu erreichen gibt es:

- mit einer Hubarbeitsbühne
- mit einer Scherenarbeitsbühne
- mit einer Befahranlage
- per Seilklettertechnik
- mit einer stationären, fest installierten Leiter (Bibliotheksleiter)
- mit einer Anlegeleiter

Die Pflegekosten für Vertikalbegrünungen sind vor allem von der Erreichbarkeit der zu pflegenden Flächen und den erforderlichen Geräten und Hilfsmitteln abhängig:

| Gerät / Hilfsmittel | Anschaffungskosten Gerät | Bereitstellungskosten Gerät | Wartungskosten Gerät | Kosten Pflegepersonal |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| stationäre Hubarbeitsbühne | Hoch | gering | hoch | niedrig |
| externe Hubarbeitsbühne | - | hoch | - | niedrig |
| Befahranlage | sehr hoch | - | hoch | niedrig |
| stationäre Scherenarbeitsbühne | hoch | gering | hoch | niedrig |
| externe Scherenarbeitsbühne | - | sehr hoch | - | niedrig |
| Seilklettertechnik | mittel (Sekuranten) | - | niedrig (TÜV) | hoch |
| fest installierte Leiter | mittel (Sekuranten + Leiter) | - | niedrig (TÜV) | hoch |
| Anlegeleiter, selbst zu sichern | - | - | - | hoch |
| Bockleiter bis 3 m Höhe | - | - | - | mittel |

Erforderliche Pflegemaßnahmen bei Kletterpflanzen

Jede Vertikalbegrünung mit Kletterpflanzen braucht eine dauerhafte, regelmäßige Pflege. Die Pflege sollte möglichst in der Hand von Fachleuten bleiben, die die nötige Pflanzen- und Sachkenntnis als auch die entsprechende Ausrüstung und das Wissen um deren sichere Handhabung haben. Zur Pflege gehört neben Wässern, Düngen, Jäten, Bodenlockerung und Rückschnitt auch die Kontrolle der Kletterhilfen auf Verkehrssicherheit. Schnittmaßnahmen sind notwendig, um das Bauwerk zu schützen und um die Vitalität (und ggf. Blühwilligkeit) der Pflanze zu erhalten. Wir empfehlen überwiegend Kletterpflanzen, bei denen ein Pflegegang im Jahr ausreicht (s. Anlage 3). Nur bei der starkwüchsigen *Wisteria floribunda* sind ggf. 2 Pflegegänge im Jahr erforderlich.

Schutz des Bauwerks:

- Freischneiden von Dachrändern und -traufen, Regenfallrohren, Markisen, Rolladenkästen, Blitzschutzeinrichtungen, Kabeln, Sat-Schüsseln, Lüftungsöffnungen, Fenstern, Fensterläden, Attiken und Simsens.
- Entfernen abgestorbener Triebe (Brandschutz)
- vorbeugender Schnitt gegen Totholzbildung durch Verjüngung und Auslichtungsschnitt an stärker wachsenden *Clematis* und *Lonicera*



- Schnitt sparrig wachsender und abstehtender Triebe für bessere Windfestigkeit

Erhalt von Vitalität und Blühwilligkeit:

- scharfer regelmäßiger Schnitt an vielen *Clematis*-Arten und Sorten
- regelmäßiges Einkürzen von Langtrieben bei *Vitis* zur Förderung der Blüten und Erhalt der Blühwilligkeit. Die Entfernung der Langtriebe bei *Wisteria* ist auch zur Vermeidung der „Peitschen“-Bildung und Eindämmung des starken Wuchses notwendig.
- Auslichtungs- und Verjüngungsschnitt an *Aristolochia* und *Akebia* zur Förderung der Verzweigung und Jungtriebe.

Düngung: Für eine gute Versorgung mit Nährstoffen und somit für eine gute Vitalität (und damit weniger Totholz) empfehlen wir den Einsatz von hochwertigen Flüssigdüngern, welche den EC-Wert nur geringfügig erhöhen. Nach einer Startdüngung werden im Frühjahr stickstoffbetonte Dünger, vor dem Herbst (Ende August/Anfang September) kaliumbetonte Dünger eingesetzt. Der Flüssigdünger kann automatisiert dem Bewässerungswasser zugeführt und so den Pflanzen zur Verfügung gestellt werden. Alternativ kann im Frühjahr mit einem Langzeitdünger (Depotdünger) gedüngt werden, welcher die Nährstoffe über mehrere Monate verteilt abgibt. Als Faustregel hierfür gilt ca. 100 g pro m² (Grundfläche Pflanzquartier) und Jahr. Bei einer maximalen Gesamtlänge der Pflanzquartiere von ca. 400 m beträgt der jährliche Düngerbedarf etwa 40 kg.

Pflanzenschutz: Die Größe und Exposition der Kletterpflanzen rechtfertigt aus ökologischer Sicht einen Einsatz chemischer Spritzmittel nicht. Im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes beginnt dieser schon bei der Planung und Vorbereitung: Die richtige Pflanze am richtigen Standort mit optimaler Bodenvorbereitung fachgerecht gepflanzt, ist meist so gesund und vital, dass sie Angriffen von Schädlingen und Erregern standhalten kann. Eine Gefährdung liegt meist auch nur bei hochgezüchteten *Clematis*-Hybriden, Rosen und ggf. *Vitis* vor. Die Auswahl resistenter Sorten kann abhelfen. Der Lausbefall einiger *Lonicera*-Arten kann durch optimale Standortbedingungen gemindert werden. Außerdem ist der Lausbefall nicht überzubewerten: Zumeist gibt es gegen Ende Juli, Anfang Juli einen Populationszusammenbruch. Vorbeugenden Pflanzenschutz bietet auch die fachgerechte Pflege mit den geeigneten Schnittmaßnahmen.

Pflegezeitpunkt Kletterpflanzen und Hinweis zum Vogelschutz

Die meisten Kletterpflanzen werden idealerweise im Februar gepflegt. Viele Kletterpflanzen sind relativ lange belaubt und betreiben daher länger Photosynthese als die meisten anderen Gehölze. Daher lagern sie erst spät im Jahr ihre Assimilate im Stamm ein und reifen später aus. Ein Rückschnitt im Spätwinter ist daher zu empfehlen. In der Zeit vom 1. März bis zum 30. September eines Jahres gilt jedoch die offizielle Vogelschutzzeit (§ 39 BNatSchG), die insbesondere brütende Vögel schützen soll. Diese gilt zwar nicht zwingend für gärtnerisch genutzte Flächen und schonende Form- und Pflegeschnitte zur Beseitigung des Zuwachses von Pflanzen sind auch in dieser Zeit gesetzlich zulässig. Dennoch ist es sinnvoll, die Pflege vor März abzuschließen, um eine vermeidbare Beeinträchtigung der Tierwelt zu vermeiden.



Erreichbarkeit der vertikalen Bauwerksbegrünungen

Die zu begrünenden Bauwerke sind maximal bis ca. 10,6 m hoch. Die Pflege kann per Scherearbeitsbühne bzw. Hubarbeitsbühne durchgeführt werden. Hubarbeitsbühnen sind Arbeitsmittel und müssen bereits vor der Verwendung durch den mit der Pflege beauftragten Betrieb geprüft sein. Sie dürfen nur von unterwiesenen oder beauftragten Beschäftigten gemäß der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) benutzt werden. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind die Handlungshilfen DGUV Regel 100-500 und DGUV Grundsatz 308-008 zu berücksichtigen.

Die Aufstellflächen für Hubarbeitsbühnen sind an den jeweiligen Bauwerksabschnitten einzuplanen und bereitzustellen. Vorhandene Zufahrten und andere begrünte oder wasserdurchlässige Beläge können als Aufstellflächen genutzt werden, sofern dies dem Betrieb nicht entgegensteht. Scherearbeitsbühnen können nur dann eingesetzt werden, wenn man sie direkt vor der zu erreichenden Wand aufstellen kann. Teleskop- oder Gelenkteleskop-Arbeitsbühnen können je nach Größe 4-12 m weit von der zu erreichenden Wand entfernt aufgestellt werden.

Je nach Bodenverhältnissen kann der Einsatz von geländegängigen Arbeitsbühnen mit geringer Bodenbelastung sinnvoll oder notwendig sein. Sowohl Scherearbeitsbühnen als auch (Gelenk-)Teleskop-Arbeitsbühnen sind auch auf Ketten statt Rädern verfügbar. Arbeitsbühnen auf Ketten üben trotz eines größeren Gesamtgewichts eine geringere Bodenbelastung aus als Maschinen mit Rädern.

Die Kletterpflanzen an Lärmschutzwand 6 werden vom Betriebsgelände aus – also von der Innenseite der Lärmschutzwand aus – per Hubarbeitsbühne gepflegt. Die Hubarbeitsbühne muss entsprechend ausgewählt werden, um von der Innenseite aus das Arbeiten auf der Außenseite der Lärmschutzwand zu ermöglichen.

An der Westfassade des Parkhauses und abschnittsweise an der Lärmschutzwand 6 ist darauf zu achten, dass die Baumpflanzungen der Erreichbarkeit der zu pflegenden Wände nicht entgegenstehen. Die begrünten Abschnitte und Baumpflanzungen sollten entsprechend versetzt angeordnet werden. Dies dient auch dem Ziel der bestmöglichen Einbindung der Bauwerke in das Landschaftsbild durch sich einander ergänzende Begrünungen.

Wartung der Bewässerungstechnik

Die Wartungsarbeiten sind regelmäßig gemäß der jeweiligen Betriebsmodi durchzuführen. Die Bewässerungsanlage enthält je nach Ausführung eine Vielzahl beweglicher Armaturen und elektrischer Einrichtungen, die zu gegebener Zeit geprüft, aber auch prophylaktisch getauscht werden müssen, damit es zu keinen Ausfällen kommt. Die Wartungsarbeiten werden in der Regel zwei Mal pro Jahr durchgeführt. Alle Arbeiten werden in einem Wartungsbuch niedergeschrieben, um so die Arbeiten und Verbrauchsgüter zu dokumentieren.



13. Herstellungskosten der vertikalen Bauwerksbegrünungen

Vorläufige Kostenschätzung

| Kostenpunkt | Menge | Einheit | EP (geschätzt) | Gesamtpreis (geschätzt) |
|---|-------|----------------|----------------|-------------------------|
| Herstellung der Begrünung mit Kletterpflanzen an den West- und Nordfassaden des Parkhauses (Lärmschutzwände 3 und 4 // Begrünungsempfehlung 1) | | | | |
| Rankgitter * | 628 | m ² | 85,00 € | 53.380,00 € |
| Pflanzquartiere, Standard | 59 | lfm | 300,00 € | 17.700,00 € |
| Kletterpflanzen, Pflanzung und Fertigstellungspflege | 59 | Stück | 150,00 € | 8.850,00 € |
| Tropfrohre inkl. Fittings | 118 | lfm | 6,00 € | 708,00 € |
| Herstellung der Begrünung mit Kletterpflanzen an den Süd- und Ostfassaden des Parkhauses (Begrünungsempfehlung 2) | | | | |
| Rankgitter ** | 305 | m ² | 320,00 € | 97.600,00 € |
| Pflanzquartiere, Standard | 29 | lfm | 300,00 € | 8.700,00 € |
| Kletterpflanzen, Pflanzung und Fertigstellungspflege | 29 | Stück | 150,00 € | 4.350,00 € |
| Tropfrohre inkl. Fittings | 58 | lfm | 6,00 € | 348,00 € |
| Herstellung der Begrünung mit Kletterpflanzen an den Lärmschutzwänden 1, 2, 5 und 6 (Begrünungsempfehlung 3) | | | | |
| Rankgitter * | 3.155 | m ² | 85,00 € | 268.175,00 € |
| Pflanzquartiere, Standard | 279 | lfm | 300,00 € | 83.700,00 € |
| Pflanzquartiere, überbaubar (exkl. Einfassung) | 55 | lfm | 450,00 € | 24.750,00 € |
| Kletterpflanzen, Pflanzung und Fertigstellungspflege | 334 | Stück | 150,00 € | 50.100,00 € |
| Tropfrohre inkl. Fittings | 668 | lfm | 6,00 € | 4.008,00 € |
| Herstellung der Bewässerungstechnik | | | | |
| Bewässerungstechnik *** | 1 | pauschal | 12.000,00 € | 12.000,00 € |
| Planung | | | | |
| Kosten in Anlehnung an HOAI § 40 Abs. 1 Freianlagen, Honorarzone IV Mitte, Leistungsphasen 3 bis einschl. 5 | | | 58.205,40 € | 58.205,40 € |
| SUMME (netto) | | | | 692.574,40 € |

* Kostenannahme für eine Fassade mit Lärmschutzkassetten aus Aluminium mit integrierten Rankgittern als Kletterhilfe. Bei Ausführung von Rankgittern auf anderen Fassadenaufbauten ist mit höheren Kosten zu rechnen.

** Kostenannahme für eine Kletterhilfe aus Rankgittern mit einer die Öffnungshöhe überspannenden Tragkonstruktion.

*** Kostenannahme für eine zentrale Bewässerungseinheit in einem Technikraum mit Steuerung, Tauchpumpe, Filter, Düngedosierpumpe, Impulswasserzähler, Trennstation und Magnetventilen zur Verteilung des Bewässerungswassers in einzelne Bewässerungskreise. Die Kosten für Zuleitungen und Steuerleitungen, Wanddurchbrüche, Zisterne etc. sind nicht berücksichtigt.



14. Betriebskosten der vertikalen Bauwerksbegrünungen

Die Betriebskosten einer Bauwerksbegrünung setzen sich zusammen aus den Kosten für Wasser, Strom, Düngung, Pflege und Wartung.

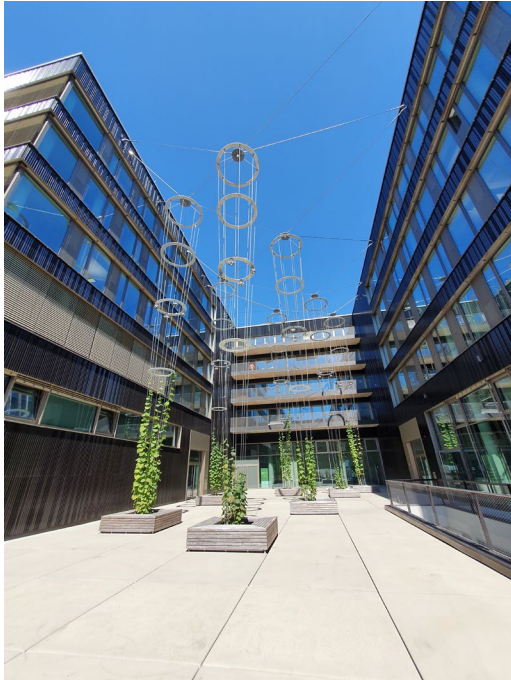
Vorläufige Kostenschätzung Jahresbetriebskosten (gesamt)

| Kostenpunkt | Menge | Einheit | EP (geschätzt) | Gesamtpreis (geschätzt) |
|--|--------|----------------|--------------------|-------------------------|
| Pflege der Begrünung mit Kletterpflanzen an den West- und Nordfassaden des Parkhauses (Lärmschutzwände 3 und 4 // Begrünungsempfehlung 1) | | | | |
| Pflege der Kletterpflanzen, 1 x /Jahr (inkl. Anfahrt, Entsorgung Schnittgut) | 628 | m ² | 5,50 € | 3.454,00 € |
| Pflege der Begrünung mit Kletterpflanzen an den Süd- und Ostfassaden des Parkhauses (Begrünungsempfehlung 2) | | | | |
| Pflege der Kletterpflanzen, 1 x /Jahr (inkl. Anfahrt, Entsorgung Schnittgut) | 305 | m ² | 5,50 € | 1.677,50 € |
| Pflege der Begrünung mit Kletterpflanzen an den Lärmschutzwänden 1, 2, 5 und 6 (Begrünungsempfehlung 3) | | | | |
| Pflege der Kletterpflanzen, 1 x /Jahr (inkl. Anfahrt, Entsorgung Schnittgut) | 3.155 | m ² | 5,50 € | 17.352,50 € |
| Bereitstellung von Geräten/Hilfsmitteln | | | | |
| Miete Hubarbeitsbühne | 20 | Tagessatz | 400,00 € | 8.000,00 € |
| Wartung der Bewässerungstechnik | | | | |
| Wartung der technischen Anlage, 2 x / Jahr (inkl. Verschleißteile wie Magnetventile, Düngedosierpumpenkopf, Dichtungen etc.). | 1 | pauschal | 1.500,00 € | 1.500,00 € |
| Fernwartung | 1 | pauschal | 600,00 € | 600,00 € |
| Düngung | 1 | pauschal | 200,00 € | 200,00 € |
| Stromverbrauch | XX | kWh | Erzeugung durch PV | - |
| Wasserverbrauch (<i>entfällt bei Regenwassernutzung</i>) | 291,15 | m ³ | 4,00 € | 1.164,60 € |
| SUMME (netto) | | | | 33.948,60 € |



16. Darstellung vergleichbarer Bauwerksbegrünungen

Nachfolgend werden einige Bauwerksbegrünungen dargestellt, die in Begrünungsziel/Wuchshöhe und in Anforderungen an Hitzeverträglichkeit durch stadtklimatische Bedingungen am jeweiligen Standort mit den empfohlenen Bauwerksbegrünungen am Paketzentrum Weichering vergleichbar sind. Mit Ausnahme der letzten beiden Beispiel (Landeck/Ö und Basel/CH) wurden alle Fotos im Stadtgebiet von Freiburg im Breisgau aufgenommen.



Aristolochia macrophylla an Ranksäulen mit vertikalen Rankseilen als Kletterhilfe
(Freiburg im Breisgau)



Verschiedene Kletterpflanzen in frisch gepflegtem Zustand an vertikalen Rankseilen als Kletterhilfe

(Freiburg im Breisgau)



Akebia quinata in ungepflegtem Zustand an vertikalen Rankseilen als Kletterhilfe (Freiburg im Breisgau)



Wisteria (Blauregen) an vertikalen Rankseilen als Kletterhilfe (Freiburg im Breisgau)



Hedera helix (Efeu) als Selbstklimmer ohne Kletterhilfe (Landeck, Tirol)



Verschiedene Kletterpflanzen an vertikalen Rankseilen als Kletterhilfe (Basel, CH)

(Fotos: Vertiko GmbH)



17. Anlagenverzeichnis

| | |
|----------|--|
| Anlage 1 | Lageplan West |
| Anlage 2 | Lageplan Ost |
| Anlage 3 | Auswahl Kletterpflanzen |
| Anlage 4 | Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes: Brandschutz großflächig begrünter Fassaden |

18. Quellenverzeichnis

Cirkel et al. (2018): Evaporation from (Blue-)Green Roofs: Assessing the Benefits of a Storage and Capillary Irrigation System Based on Measurements and Modeling. *Water* 2018, 10, 1253.
<https://doi.org/10.3390/w10091253>

Leitfaden Fassadenbegrünung (2019): Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 – Bereich Räumliche Entwicklung und ÖkoKaufWien – Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume

Noder, Julia (2019): Begrünte Fassaden aus brandschutztechnischer Sicht, Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades der Fachrichtung Bauingenieurwesen eines Master of Science, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Technische Universität München

Pfoser, Nicole (2018): Vertikale Begrünung. Bauweisen und Planungsgrundlagen zur Begrünung von Wänden und Fassaden mit und ohne natürlichen Boden-/Bodenwasseranschluss. Fachbibliothek Grün. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung – Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin in Kooperation mit Technische Universität Berlin und Hochschule Neubrandenburg.

