

Prof. Dr. Karl-Heinz Strauch

Phytotechnologie  
Urbane Ökophysiologie  
Interior Plantscape Engineering

Beuth Hochschule für Technik  
Berlin

ANFORDERUNGEN AN DAS BEGRÜNUNGSSYSTEM AM GEBÄUDE

„KÖ-BOGEN II“

SYSTEMEIGENSCHAFTEN UND KONZEPT FÜR PFLEGE UND WARTUNG

DATUM: 05.11.2015

## 1. AUFGABE

Das Bauvorhaben *Kö-Bogen II* sieht die Begrünung von Teilen der Fassade und der Dachfläche vor.

Die Aufgabe des Gutachtens besteht in der Herleitung und Darstellung der notwendigen Eigenschaften des Begrünungssystems.

Die Eignung der ausgewählten Pflanzenart wird aus ökologischer und phytotechnologischer Sicht begutachtet.

Es sind die wesentlichen Anforderungen an das Begrünungssystem darzulegen, die sich aus der Konzeption der Fassadengestaltung/Dachgestaltung und den Standorteigenschaften ergeben. Aus den Anforderungen sind die notwendigen Eigenschaften der wesentlichen Komponenten des Begrünungssystems abzuleiten, die ein hinreichendes Entwicklungspotenzial der Bepflanzung eröffnen und Betriebssicherheit schaffen.

Weiterhin ist ein Konzept für die Entwicklungs- und Unterhaltungspflege der Begrünungsanlage zu erstellen.

## 1.1. GRUNDLAGEN

Verwendete Fachliteratur und zu beachtende Regelwerke und Normen.

Nr.	Titel	Autoren	Datum
1	Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen	FLL [ <sup>1</sup> ]	FLL, Bonn 2008
2	Richtlinien für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen	FLL	FLL, Bonn 2015
3	Gebäude Begrünung Energie: Potenziale und Wechselwirkungen	FLL	FLL, Bonn 2015
4	Experimentelle Pflanzenökologie	Willert, D.J. von	Thieme, Stuttgart 1995
5	Wasserhaushalt der Pflanzen	Lösch, R.	Quelle&Meyer, Wiebelsheim, 2000
6	Photosynthese and production in a changing environment	Hall, D.O. (Ed.)	Chapman&Hall, London, 1993
7	Plant Ecology	Schulze, E.-D.	Springer, Berlin Heidelberg, 2005
8	Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege	FLL	FLL, Bonn 2015
9	DIN 18816:2002-08 Vegetationstechnik im Landschaftsbau. Pflanzen und Pflanzarbeiten	DIN	August 2002
10	DIN 18819:2002-08 Vegetationstechnik im Landschaftsbau. Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen	DIN	August 2002
11	DIN EN 12056-3:2001-01 Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung	DIN	Januar 2001
12	DIN 1055-4:2005-03 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten	DIN	März 2005
13	DIN EN 1717:2011-08 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen.	DIN	August 2011
14	DIN EN 12484-2:2000-08 Bewässerungsverfahren – Automatische Bewässerungssysteme Teil 2: Gestaltung und Definition von typischen technischen Darstellungen	DIN	August 2000

---

<sup>1</sup> FLL: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V., Bonn.

Mit Blick auf Anordnung und Struktur der Begrünungsanlage im Bereich der Fassade werden auch für diese Segmente die Vorgaben der einschlägigen Regelwerke und Normen berücksichtigt, die für Dachbegrünungssysteme Anwendung finden.

## 1.2. METHODIK

Die Herleitung der notwendigen Eigenschaften des Begrünungssystems gründet sich auf die Darstellung der physiologischen Ansprüche einer Bepflanzung und die Abbildung der Standorteigenschaften sowie deren Wirkung auf wesentliche physiologische Prozesse.

Zwischen Anspruch der Bepflanzung und dem Profil der Wachstumsfaktoren, die sich als Folge der Standort- und Systemeigenschaften ergeben, ist eine maximale Schnittmenge zu suchen.

Es werden wachstumsbestimmende Prozesse in Abhängigkeit von klimatischen und nichtklimatischen Wachstumsfaktoren skizziert. In Verbindung mit den zu erwartenden Standorteigenschaften wird das erforderliche Profil von Pflanzenarten für den Auswahlprozess sichtbar.

Mit Blick auf die gestalterischen Ziele und die physiologisch relevanten Grundlagen wird der Auswahlprozess für die Pflanzenart erläutert.

Die Eignung der ausgewählten Pflanzenart *Carpinus betulus* L. wird mit ökologischen Kriterien unter Beachtung der Spannweite der Klima- bzw. Vegetationszonen des natürlichen Verbreitungsgebietes untersucht. Auf dieser Grundlage wird die Eignung der Pflanzenart im vorgesehenen Begrünungssystem geprüft.

Die notwendigen Eigenschaften des Begrünungssystems werden aus der gemeinsamen Betrachtung des Pflanzen- und des Standortprofils abgeleitet und abgebildet.

Ein Konzept mit den erforderlichen Leistungen wird für die Entwicklungs- und Unterhaltungspflege erstellt. Es berücksichtigt die spezielle Struktur des Begrünungssystems, die Eigenschaften der Systemkomponenten und die Ansprüche der Bepflanzung.

Das Gutachten wird aus phytotechnologischer Sichtweise erstellt und orientiert sich an den physiologischen Belangen der vorgesehenen Bepflanzung und den daraus folgenden Anforderungen an Struktur, Betrieb und Unterhaltung des Begrünungssystems.

## INHALT

1.	AUFGABE.....	1
1.1.	GRUNDLAGEN .....	2
1.2.	METHODIK .....	4
1.3.	DEFINITIONEN .....	7
1.4.	PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN.....	8
	WASSERHAUSHALT DER PFLANZE .....	8
	ENERGIEHAUSHALT DER PFLANZE .....	9
1.5.	STANDORTPROFIL.....	10
	KLIMAPROFIL.....	10
	WINDBELASTUNG.....	12
	SONNENSTRAHLUNG.....	13
2.	DAS BEGRÜNUNGSSYSTEM.....	14
3.	PROZESS DER PFLANZENAUSWAHL .....	19
4.	ZUR EIGNUNG VON CARPINUS BETULUS.....	21
4.1.	BEGUTACHTUNG AUS ÖKOLOGISCHER SICHT .....	21
4.2.	BEURTEILUNG AUS PHYTOTECHNOLOGISCHER SICHT .....	21
5.	ANFORDERUNGEN AN DAS BEGRÜNUNGSSYSTEM.....	23
	PFLANZGEFÄßE .....	24
	VEGETATIONSSCHICHT, SUBSTRAT .....	27
	EROSIONSSCHUTZ .....	28
	WASSERVERSORGUNG .....	29
	NÄHRSTOFFVERSORGUNG .....	32
	ENTWÄSSERUNG .....	33
	BAUTECHNISCHE ANFORDERUNGEN.....	34
	BRANDSCHUTZ.....	34
	BETRIEBSSICHERHEIT .....	35
	KONTROLLEINRICHTUNGEN .....	35
6.	ANFORDERUNGEN AN DAS PFLANZENMATERIAL.....	36
7.	BAUPHASE .....	37
	WASSERVERSORGUNG IN DER BAUPHASE.....	37
8.	PFLEGE UND WARTUNG.....	38
	ERREICHBARKEIT .....	38
8.1.	VORGEHENSWEISE .....	39
8.2.	DATENMATERIAL.....	39
8.3.	ZIELVEREINBARUNG .....	40

8.4.	SICHERHEIT .....	40
8.5.	LEISTUNGSPROFILE .....	41
8.5.1.	ENTWICKLUNGSPFLEGE .....	42
8.5.2.	UNTERHALTUNGSPFLEGE .....	43
8.6.	PFLEGELEISTUNGEN UND LEISTUNGSBESCHREIBUNG .....	44
8.6.1.	BEWÄSSERUNG .....	44
8.6.2.	BEWÄSSERUNG [ENTWICKLUNGSPFLEGE] .....	45
8.6.3.	DÜNGUNG (NÄHRSTOFFVERSORGUNG) .....	46
8.6.4.	SCHNITTMAßNAHMEN .....	47
8.6.5.	PFLANZENAUSTAUSCH .....	47
8.6.6.	SAUBERKEIT .....	47
8.6.7.	PFLANZENGESUNDHEIT .....	48
	PROPHYLAXE .....	48
	PFLANZENSCHUTZMAßNAHMEN .....	48
8.7.	TECHNISCHE WARTUNG .....	49
	WASSERVERTEILUNG .....	49
	ARMATUREN .....	49
	ENTWÄSSERUNG. ABLAUFLEITUNGEN .....	49
8.8.	DATENERFASSUNG UND DOKUMENTATION .....	50
8.8.1.	ZUSTAND DER BEPFLANZUNG .....	50
8.8.2.	FOTODOKUMENTATION .....	51
8.8.3.	KLIMADATEN .....	51
8.8.4.	EREIGNISSE .....	51
8.8.5.	PROTOKOLL .....	52
8.9.	BERICHTSWESEN UND KOMMUNIKATION .....	53
8.9.1.	STATUSÄNDERUNGEN .....	53
8.9.2.	STATUSBERICHT .....	54
	ANHANG 1: ÖKOLOGIE DER HAINBUCHE (CARPINUS BETULUS L.) .....	56

### 1.3. DEFINITIONEN

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung/Definition</b>
Substrat	Gemisch aus organischen und/oder mineralischen Stoffen zur Schaffung definierter Eigenschaften (physikalisch, chemisch) des durchwurzelbaren Raums
Globalstrahlung	Anteil der solaren Strahlung, der nach dem Durchlaufen der Atmosphäre auf der Erdoberfläche eintrifft.
Transpiration	Wasserdampfübergang aus dem Blattgewebe in die Luft
Evaporation	Wasserdampfübergang an der Boden-/Substratoberfläche in die Luft
Vegetationstragschicht	Durchwurzelbarer Raum eines Begrünungssystems
Drainschicht	Funktionsschicht zur Aufnahme und Ableitung von Überschusswasser aus der Vegetationstragschicht
Primärgefäß	Behälter zur Aufnahme der Vegetationstragschicht
Tragbehälter	Behälter zur Aufnahme des Primärgefäßes. Bestandteil der sekundären Fassadenkonstruktion

## 1.4. PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

### WASSERHAUSHALT DER PFLANZE

Der Wasserhaushalt einer Pflanze ist ausgeglichen, wenn der Wasserabgabe durch Transpiration ein hinreichender Ausgleich durch Wasseraufnahme gegenübersteht. Die Störung des Wasserhaushaltes kann zu irreversiblen Schäden des Pflanzenkörpers führen.

Der erfolgreiche Betrieb einer Begrünungsanlage in Gefäßen setzt daher voraus, dass alle kritischen Störungen des Wasserhaushalts der Pflanzen durch eine geeignete Infrastruktur und durch eine sorgfältige Kontrolle der Anlage vermieden werden.

Die Transpiration der Pflanze ist die Wasserdampfdiffusion aus dem Blattgewebe in die umgebende Luft entlang eines Konzentrationsgefälles. Der Wasserdampf überwindet dabei eine Grenzschicht über der Blattoberfläche. Die Grenzschicht bildet einen Widerstand, der mit steigender Windgeschwindigkeit verringert wird. So steigt die Transpiration mit abnehmender Luftfeuchte und zunehmender Windgeschwindigkeit. [<sup>2</sup>,<sup>3</sup>]. Dabei ist eine stetige, ununterbrochene Anströmung kritisch zu sehen. Ebenso steigt der Wasserbedarf mit zunehmender Sonnenstrahlung und ansteigender Lufttemperatur.

Die Wasseraufnahme über die Wurzel wird durch die Größe und Aktivität des Wurzelsystems und durch die Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum bestimmt. Beschädigte oder inaktive Wurzeln und fortgesetzter Wassermangel führen bei gleichzeitiger Wasserabgabe durch Transpiration zu irreversiblen Laubschäden.

Um Wurzelschäden zu vermeiden, ist eine andauernde Übernässung sicher zu vermeiden.

Eine mangelhafte Wasserverfügbarkeit kann einerseits durch unzureichende Wasserzufuhr in den Wurzelraum verursacht werden. Sowohl die unzureichende Auslegung eines Bewässerungssystems als auch Defekte oder der unsachgemäße Betrieb können Ursache dafür sein. Daneben verursachen ungünstige Bodeneigenschaften eine Störung des Wasserhaushalts, wenn dadurch das Wasser im Porenraum des Bodens derart gebunden wird, dass die Pflanzenwurzel das Wasser nicht entziehen kann. Hier sind hohe Salzgehalte und verdichtete Böden als wesentliche Ursache bekannt.

---

<sup>2</sup> WILLERT, D.J.VON: Experimentelle Pflanzenökologie. Thieme, Stuttgart 1995. S. 125 ff.

<sup>3</sup> LÖSCH, R.: Wasserhaushalt der Pflanze. Quelle&Meyer, 2000. S241 ff.

Es wird erkennbar, dass eine sichere Wasserversorgung von der Wahl eines geeigneten Substrats in Verbindung mit einer passenden Wasserversorgung abhängig ist.

Der Wasserbedarf eines Pflanzenbestandes hängt von den klimatischen Einflussgrößen des individuellen Standorts, von der Größe der Lauboberfläche und von der artspezifischen Transpirationsrate ab.

#### ENERGIEHAUSHALT DER PFLANZE

Der Energiehaushalt der Pflanze ist mit Blick auf die photochemischen und biochemischen Prozesse zu betrachten.

Wachstum und Entwicklung der Pflanzen sind davon abhängig, in welchem Umfang die Globalstrahlung Energie für die Photosynthese liefert und welchen Wärmezustand die Pflanze als Folge der klimatischen Standortbedingungen erreicht. Ein Überschreiten von Maximal- und Minimaltemperaturen kann zu irreversiblen Schäden führen.

Der Wärmezustand des Pflanzenkörpers wird durch alle, an der Pflanzenoberfläche wirksamen Wärmeströme bestimmt, die in der Wärmebilanz zusammengefasst werden. Neben der kurzwelligen Strahlungsbilanz, dem langwelligen Strahlungsaustausch mit der Umgebung und der konvektiven Wärmeübertragung kommt dem Transpirationswärmestrom besondere Bedeutung zu. Der Transpirationswärmestrom ist an den Phasenwechsel von Wasser (flüssig-dampfförmig) im Blattgewebe und an den Wasserdampftransport durch Diffusion aus dem Blatt in die Umgebungsluft gebunden.

Der Transpirationswärmestrom ist unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung die entscheidende Voraussetzung für einen ausgeglichenen Wärmehaushalt des Blattes und eine Begrenzung der Pflanzentemperatur. Die Verknüpfung von Wasser- und Wärmehaushalt wird damit erkennbar: Eingriffe in den Wasserhaushalt schaffen eine Belastungssituation insbesondere bei hoher Globalstrahlung, die durch ein Überschreiten von Maximaltemperaturen und durch Flüssigkeitsverlust aus dem Zellgewebe zu irreversiblen Schäden führt.

Die Überlastung des Wasserhaushaltes bewirkt die Reduzierung bzw. die zeitweilige Einstellung der Transpiration. Damit ist nicht nur eine Veränderung der Pflanzentemperatur sondern auch eine Reduzierung des Transports von Nährstoffen und Assimilaten verbunden, wodurch Wachstums und Entwicklung der Pflanze beeinträchtigt werden.

## 1.5. STANDORTPROFIL

### KLIMAPROFIL

Die Kenntnis der klimatischen Wachstumsfaktoren ist Voraussetzung sowohl für die Auswahl der Pflanzenart als auch für die Planung, Auslegung und Betreuung der Infrastruktur mit Blick auf die Medienversorgung und die Pflege des Pflanzenbestandes.

Es sind vornehmlich Faktoren und Prozesse zu beachten, die auf den Wasser- und Wärmehaushalt des Bestandes einwirken. Die Analyse der Standortbedingungen orientiert sich an den relevanten Vorgaben der FLL-Dachbegrünungsrichtlinie<sup>4</sup>.

- Klimatische Faktoren
  - Temperatur (Minima, Maxima, Mittelwerte)
  - Frostperioden
  - Niederschlag (Menge, Verteilung im Jahresverlauf)
  - Wind (Hauptwindrichtung)
  
- Sonnenstrahlung
  - Sonnenscheindauer
  - Wirkung der Umgebenden Bebauung (Schattenwirkung, Reflexion direkter Sonnenstrahlung)
  
- Bauwerkspezifische Faktoren
  - Einfluss der Flächenorientierung auf Dauer, Intensität der Sonneneinstrahlung
  - Belastung der Bepflanzung durch Abluftemissionen (z.B. Austrittsöffnungen von Klimaanlage)
  - Reflexion der Sonnenstrahlung an Gebäudeoberflächen, Bauteilen
  - Aufbauten, technische Einrichtungen (Klimageräte)
  - Einfluss der Flächenorientierung, Flächenanordnung auf Windanströmung
  - Flächenneigungen, Gefälle

---

<sup>4</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL, Bonn 2008, S. 13 ff.

Für den Standort Düsseldorf Flughafen stehen langjährige Mittelwerte aus dem Zeitraum 1980 bis 2010 zu Verfügung (Tabelle 1).

Diese Daten gehen in die Eignungsprüfung der ausgewählten Pflanzenart *Carpinus betulus* L. (s. Abschnitt 4) ein und werden zudem bei der Formulierung der Ausstattungsmerkmale und Betriebsbedingungen der versorgungsbezogenen Infrastruktur des Begrünungssystems berücksichtigt.

**Tabelle 1. Langjährige Mittelwerte meteorologischer Messgrößen am Standort Düsseldorf Flughafen für den Zeitraum 1980-2010. Quelle: Deutscher Wetterdienst**

Messgröße	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Niederschlag	67	53	65	52	69	75	75	71	64	67	68	71	798
Temperatur	3,1	3,5	6,6	10	14,2	16,8	19,1	18,6	15,1	11,2	6,8	3,8	10,7
Frosttage	12,7	12,1	7,9	2,8	0,1	0	0	0	0	1,5	5	11,4	53,5
Eistage	3,1	1,9	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,4	2	7,5
Sommertage	0	0	0	0,9	4,1	7,7	12,5	10,6	3,2	0,2	0	0	39
Heiße Tage	0	0	0	0	0,3	1,3	3,9	3	0,1	0	0	0	8,6
Sonnenscheindauer	55	76	112	165	199	193	208	191	139	111	57	44	1550

## WINDBELASTUNG

Für die Beurteilung von besonderen Belastungen des Pflanzenbestands durch erhöhte Windanströmung ist eine Untersuchung des Einflusses der umgebenden Bebauung auf die Ausprägung regionaler Windsysteme erforderlich.

In einer „*Studie zu den Auswirkungen der Planung auf den Windkomfort*“ [5] werden neben einer Vielzahl von Messpunkten in der unmittelbaren Umgebung des geplanten Gebäudes auch Messpunkte auf der nordwärts orientierten Fassade untersucht.

Aus den bisher verfügbaren Ergebnissen ist erkennbar, dass im Bereich des Übergangs von der Fassade zur Dachfläche (Messpunkt 90) erhöhte Belastungen des Pflanzenbestands durch Windströmungen zu erwarten sind.

Die Wirkung von Oberflächenstrukturen, Flächenneigungen, Strömungsübergängen auf Windgeschwindigkeiten ist bekannt. Die Verringerung der Bestandsgrenzschicht an Rand und Eckbereichen, Wirbelbildungen ist bei der Sicherung gegen Druck- und Sogkräfte sowie bei der Planung der Bewässerungsanlage sowie der Substratauswahl zu berücksichtigen.

Planungsgrundlagen bietet DIN 1055-4.[<sup>6</sup>]

---

<sup>5</sup> Die Studie ist bei der Formulierung dieses Gutachtens in Bearbeitung. Auskunft JHP am 13.07.2015

<sup>6</sup> DIN 1055-4: 2005-03. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten

## SONNENSTRAHLUNG

Belastungen des Wasserhaushalts der Bepflanzung können durch sprunghafte Änderungen der Bestrahlungsstärke im Tages-/Jahresverlauf eintreten.

Diese Änderungen ergeben sich durch die Ausrichtung der begrünten Flächen sowie durch die Schattenwirkung der umgebenden Bebauung. Weiterhin kann durch die Reflexion der Globalstrahlung an umgebenden Oberflächen eine Änderung der Bestrahlung verursacht werden.

Aus der einfachen visuellen Begutachtung des Standortes können zum jetzigen Zeitpunkt keine besonderen Quellen für Belastungen durch die Reflexion direkter Sonnenstrahlung an umgebenden Baukörpern erkannt werden.

Eine differenzierte Aussage setzt die Analyse mit Hilfe einer Tageslichtsimulation voraus.

Im Gegensatz zur nordseitigen Fassade ist für den nach Westen orientierten Teil des Begrünungssystems mit dem Einfluss ausgeprägter Schwankungen der Globalstrahlungsintensität zu rechnen.

Die unterschiedliche Exposition wird sich auf den Wasserverbrauch und auch auf das Wachstumsverhalten der Pflanzen auswirken. Dies ist bei Planung, Auslegung und Betrieb der Wasserversorgung und Wasserverteilung zu berücksichtigen.

Die unterschiedliche Ausprägung und Konstellation der Wachstumsfaktoren ist ebenso bei der Pflege des Pflanzenbestandes zu berücksichtigen.

## 2. DAS BEGRÜNUNGSSYSTEM

Aus den vorgelegten Planungsunterlagen sind grundlegende Merkmale des geplanten Begrünungssystems zu erkennen.

Das Begrünungssystem basiert auf horizontal angeordneten Behältern, die vor der Fassade an einer Tragkonstruktion befestigt sind. Zwischen der Ebene der Behälter und der Gebäudefassade entsteht ein Zwischenraum.

Eine Begrünung ist für die nord- und westwärts ausgerichteten Fassaden und für die Dachfläche vorgesehen (Abbildung 1)

Die Neigung der Fassade bewirkt eine stufenförmige Anordnung der Behälterreihen. Der Neigungswinkel der Fassade ist nicht konstant.

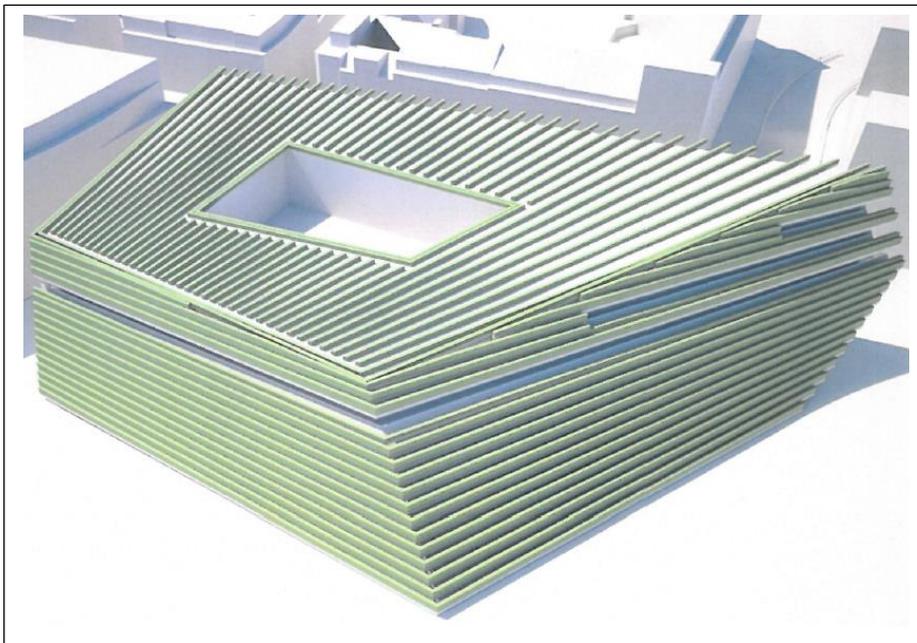


Abbildung 1: Prinzip-Skizze. Prinzipielle Anordnung der Begrünungsanlage.  
Quelle: ingenhoven architects.

Die Behälter sollen jeweils eine Länge von ca. 4,0 [m], eine Höhe von ca. 0,55 [m] und eine Tiefe von ca. 0,49 [m] aufweisen (Abbildung 2). Die Oberseite ist geöffnet.  
Durch die Aneinanderreihung von Behältern entsteht die Grundlage für den Aufbau von Hecken mit einer horizontalen Ausdehnung über die gesamte Breite der Fassadenkonstruktion.

Die äußere Gefäßwand ist mit einer Wärmedämmung ausgerüstet, um extreme Wärmeezustände zu vermeiden und ausgeprägte Temperaturschwankungen im Wurzelbereich zu mildern.

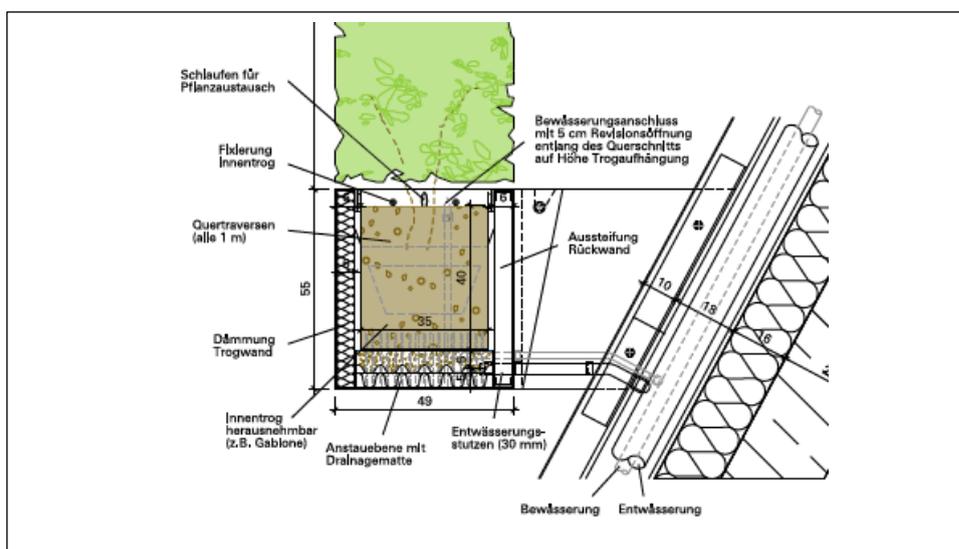


Abbildung 2: Prinzip-Skizze: Querschnitt des Behälters der Tragkonstruktion.  
Quelle: Ingenhoven architects

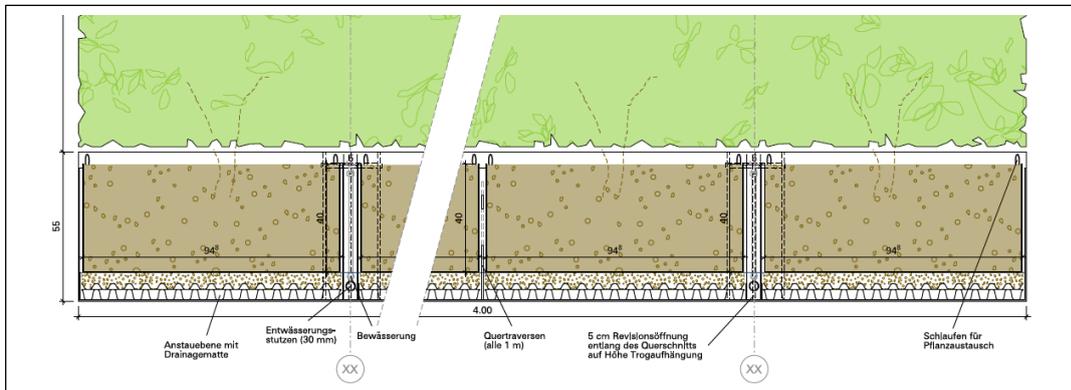


Abbildung 3: Prinzip-Skizze. Behälter der Fassadenbegrünung im Längsschnitt.  
Quelle: ingenhoven architects.

Die Tragkonstruktion nimmt alle Förderleitungen zur Be- und Entwässerung auf. Die Wasserversorgung wird innerhalb der Tragkonstruktion zu jeder Gefäßebene geführt und mündet dort in horizontal angeordnete Nebenleitungen der Wasserverteilung.

Jeder Behälter soll mit zwei Entwässerungsleitungen ausgestattet werden (Abbildung 3)

Die Kontrolle der Entwässerung sowie des Wasserstandes in der Anstauschicht muss jederzeit möglich sein.

Über dem Behälterboden ist eine Anstauschicht vorgesehen, die einen Wasservorrat anbieten soll. Aus dem Wasservorrat ist über kapillaren Aufstieg im Substrat ein Anschluss an den Wurzelraum gegeben.

Die Anstauschicht wird durch überschüssiges Regenwasser oder durch eine, im Überschuss zugeführte Zusatzbewässerung befüllt. Eine Überstauung soll durch die Position der Entwässerungsleitung verhindert werden.

Die stufenförmige Anordnung der Pflanzenreihen soll von außen der Eindruck einer geschlossenen Lauboberfläche (Abbildung 4) entstehen lassen.

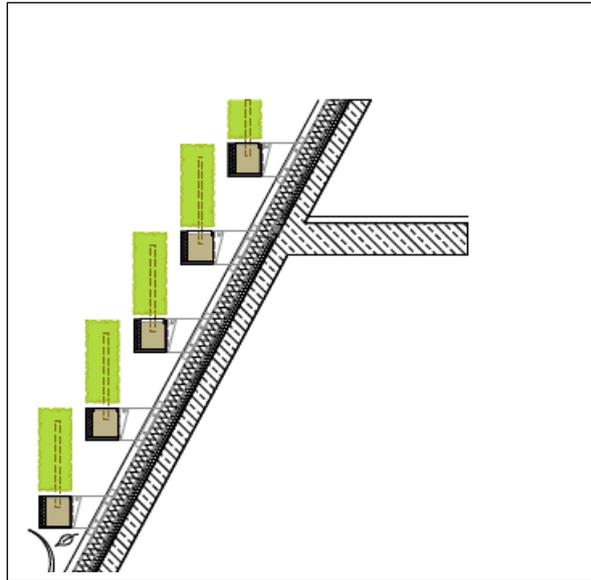


Abbildung 4: Prinzip-Skizze. Anordnung der Pflanzenkörper  
Quelle: ingenhoven architects

Als Bepflanzung sind vorkultivierte Heckenelemente (Abbildung 5) vorgesehen. Die Heckenelemente sollen eine Höhe von ca. 1,25 [m] und eine Tiefe von ca. 0,5 [m] aufweisen. Sie werden im Produktionsbetrieb vorkultiviert und mit den geplanten Abmessungen auf der Baustelle in die Behälter (Tragbehälter) der Fassadenkonstruktion eingesetzt.

Die Produktion erfolgt in speziellen Gefäßen („Primärgefäße“), die später auf der Baustelle in die Behälter der Tragkonstruktion („Tragbehälter“) eingesetzt werden. In der Produktionsphase wird bereits das Substrat der Vegetationstragschicht verwendet.

Für die Dachbegrünung soll dieser grundsätzliche Aufbau übernommen werden. Die Pflanzhöhe soll dort ca. 0,6 m betragen.



**Abbildung 5: Carpinus betulus. Heckenelement in der Produktion. 3 Mal verpflanzt.**  
Quelle: Bruns Pflanzen-Export GmbH&Co. KG, 26160 Bad Zwischenahn

### 3. PROZESS DER PFLANZENAUSWAHL

Der Auswahlprozess erfolgte mit diesen Auswahlkriterien<sup>7</sup>:

- Gestalterischer Aspekt.  
Im Jahresverlauf soll die Vegetation der Fassade ein wechselndes Erscheinungsbild anbieten.
- Die Pflanzung soll den Charakter einer stufenförmig angeordneten Hecke haben.
- Die Pflanzen dürfen nicht giftig sein.
- Im Winter sollen die Pflanzen zwar laubhaltend, jedoch nicht immergrün sein.
- Die Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen soll groß sein.

Weitere Kriterien mit Blick auf die zu erwartenden Standorteigenschaften waren:

- Widerstandskraft gegenüber Kraftwirkungen (Wind)
- Spannweite der mechanischen Belastbarkeit
- Wachstumscharakteristik: keine Schattenflucht, kein Eindringen in die Fassadenkonstruktion
- Brandverhalten

Die Prüfung immergrüner Pflanzenarten konzentrierte sich auf folgende Pflanzenarten:

- *Buxus sempervirens* (Buchsbaum)
- *Prunus laurocerasus* (Kirschlorbeer)
- *Taxus baccata* (Eibe)
- *Hedera* (Efeu)
- *Ilex*
- *Thuja occidentalis*

---

<sup>7</sup> Quelle: ingenhoven architects. Persönliche Mitteilung

Unter Berücksichtigung der Prüfkriterien wurden diese Arten von der Verwendung ausgeschlossen:

- Buchsbaum, Taxus: Erhöhte Anfälligkeit für Schädlinge
- Thuja: Brandverhalten
- Ilex, Kirschlorbeer: Giftigkeit
- Efeu: Kritische Wachstumscharakteristik

Die Prüfung nicht immergrüner Pflanzenarten konzentrierte sich auf folgende Arten:

- Wein (*Vitis vinifera*)
- Amber (*Liquidambar styraciflua*)
- Kletterhortensie (*Hydrangea petiolaris*)
- Buche (*Fagus sylvatica*)
- Hainbuche (*Carpinus betulus*)
- Feldahorn (*Acer campestre*)

Mit der Forderung „laubhaltend“ wurde die Pflanzenarten *Vitis vinifera* (Wein), *Liquidambar* (Amber), *Hydrangea* (Hortensie) und *Acer campestre* (Feldahorn) ausgeschlossen.

Die Entscheidung zugunsten der Hainbuche (*Carpinus betulus*) gründete sich auf die Eigenschaften:

- Beständigkeit gegenüber Windeinwirkung
- Toleranz gegenüber Witterungseinflüssen

## 4. ZUR EIGNUNG VON *CARPINUS BETULUS*

### 4.1. BEGUTACHTUNG AUS ÖKOLOGISCHER SICHT

Die Eignung der ausgewählten Pflanzenart *Carpinus betulus* L. wird in einem Gutachten durch Professor Albert Reif, Universität Freiburg mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung im Bauvorhaben „Kö-Bogen II“ als Bepflanzung in einem Fassaden- und Dachbegrünungssystems dargelegt.

[Anhang 1: Ökologie der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.), S.56 ff.]

### 4.2. BEURTEILUNG AUS PHYTOTECHNOLOGISCHER SICHT

Faktoren mit Einfluss auf den Wasser- und Wärmehaushalt der eingesetzten Pflanzen erfordern besondere Aufmerksamkeit, da Eingriffe in den Wasserhaushalt der Pflanzen das größte Gefährdungspotenzial bei Pflanzungen im urbanen Umfeld besitzen.

Die wesentlichen Risikofaktoren sind:

- Reduzierte, unregelmäßige oder unterbrochene Wasserverfügbarkeit
- Erhöhte Transpirationsrate als Folge hoher Windgeschwindigkeiten
- Erhöhte Transpirationsrate als Folge niedriger Luftfeuchte
- Thermische Belastung durch hohe Einstrahlung (Sonnenstrahlung)
- Temporäre bzw. spontane Belastungssituationen (Sonnenstrahlung, Wind)

Die Wasserverfügbarkeit kann nicht nur durch eine Unterbrechung der Wasserzufuhr bedroht werden, sondern auch durch hohe Verdunstungsraten an den Oberflächen der Vegetationstragschicht / Substratschicht und durch Festlegung des Wassers im Wurzelraum bei Frosteinwirkung.

Eine Kombination der o.g. Faktoren verstärkt die Belastung erheblich und führt kurzfristig zu Stressreaktionen. Bei empfindlichen Pflanzen führt dies zu irreversiblen Trockenschäden, Laubschäden, Laubverlust.

Ein hohes Gefährdungspotenzial entsteht durch die Kombination einer geringen Luftfeuchte mit hoher Windgeschwindigkeit und Wassermangel im Wurzelbereich. Diese Kombination ist für die Winterzeit bekannt. Sie ist die wesentliche Ursache für witterungsbedingte Ausfälle von Pflanzungen.

Vor diesem Hintergrund ist die Auswahl von *Carpinus betulus* L. vorteilhaft, da der Wasserbedarf im Winterzustand ohne aktives Laub auf ein Minimum reduziert wird. Dadurch ist die Gefahr von Trockenschäden gegenüber immergrünen Pflanzen verringert.

Aus der Konzentration auf eine Pflanzenart mit standortbezogenem Profil entstehen Vorteile in folgenden Gebieten:

- Auslegung der Nährstoffversorgung (Düngung)
- Anpassung der Düngung im Jahresverlauf
- Auslegung der Wasserversorgung bei homogenem Grundbedürfnis des Bestandes
- Korrektur der Wasserversorgung, standort- und jahreszeitbezogen.

Die Ansprüche an die Wasserversorgung werden durch klimatische Einflussgrößen beeinflusst. Jedoch ist nur das grundsätzliche Bedarfsprofil einer Pflanzenart zu beachten, wodurch die Beurteilung des Versorgungszustandes erleichtert wird.

Dies ist insbesondere bei der Nährstoffversorgung wertvoll, da das Reaktionsmuster (z.B. Symptome für Nährstoffmangel) in einem homogenen Pflanzenbestandes leichter zu erfassen und zu erkennen ist.

## 5. ANFORDERUNGEN AN DAS BEGRÜNUNGSSYSTEM

Die bautechnischen und vegetationstechnischen Anforderungen an das Begrünungssystem werden von der Struktur der geplanten Fassadenkonstruktion sowie von den Einwirkungen der Umgebung bestimmt bzw. begrenzt.

Die grundsätzliche Struktur des Begrünungssystems mit Gefäßen als Träger der Substratschicht ist auf der Dachfläche und an den Fassaden identisch. Es werden daher auch die einschlägigen Regelwerke und Normen für die Planung und Auslegung von Dachbegrünungssystemen herangezogen. Im Bedarfsfall wird nachfolgend bei der Formulierung der Anforderungen zwischen Fassaden- und Dachbegrünung differenziert.

Mit Blick auf das begrenzte Wurzelraumvolumen, die zu erwartende Einwirkung klimatischer Einflussgrößen kann das Begrünungssystem als Intensivbegrünung angesprochen.

Diese Vegetationsformen sind durch besondere Anforderungen an den Aufbau der Vegetationstragschicht, die Wasser- und Nährstoffversorgung gekennzeichnet. Intensivbegrünungen haben weiterhin hohe Ansprüche an Pflege und Kontrolle des Pflanzenbestands und die Wartung der technischen Einrichtungen.

Wesentliche Kennzeichen sind die regelmäßige Kontrolle der Wasserverteilung an den Pflanzgefäßen sowie die Anpassung der Wasserversorgung an bedarfsbestimmende Standorteigenschaften. Eine geeignete Unterteilung des Bewässerungssystems in unabhängige Bewässerungsgruppen ist daher sinnvoll.

Die hinreichende Erreichbarkeit aller Bestandteile der Wasser- und Nährstoffversorgung und der Entwässerung ist eine notwendige Voraussetzung für den sicheren Betrieb der Begrünungsanlage [s. Abschnitte 5, S. 35 und 8, 38].

Die Erreichbarkeit aller Segmente des Pflanzenbestands zur visuellen Kontrolle ist als Bestandteil des integrierten Pflanzenschutzes zu sehen und daher unverzichtbare Voraussetzung für die Gesunderhaltung der Pflanzen.

Das Begrünungssystem daher ist so zu konzipieren, dass alle Orte an der Fassade und auf der Dachfläche sowohl in der regelmäßigen Pflege und Kontrolle des Pflanzenbestands als auch zur Wartung und Kontrolle der technischen Einrichtungen ohne kritische zeitliche Verzögerung erreichbar sind.

Dies ist besonders in der Phase nach der Inbetriebnahme von entscheidender Bedeutung, um die Anpassung der Versorgung (Bewässerungssteuerung) an spezielle Eigenschaften von exponierten Abschnitten der Anlage zu ermöglichen. Auch auf äußere Einwirkungen muss eine unverzügliche und angemessene Reaktion möglich sein, bevor die Betriebssicherheit gefährdet wird.

Im Zusammenhang mit Pflege und Wartungsarbeiten sind die strukturellen Voraussetzungen für die Erreichbarkeit mit Blick auf den Zeitbedarf für die unmittelbare visuelle Kontrolle der räumlich ausgedehnten Begrünungsanlage zu planen.

## PFLANZGEFÄßE

Aus den Unterlagen ist zu entnehmen, dass der Querschnitt des Vegetationstragschicht eine Abmessung von 0,45 m x 0,35 m haben soll (Abbildung 2, S. 15).

Aus dem begrenzten durchwurzelbaren Volumen ergeben sich die Anforderungen an Auslegung, Steuerung und Kontrolle der Be- und Entwässerung sowie der Nährstoffversorgung.

Befestigungspunkte für eine Sicherung der Pflanzen gegenüber klimatisch bedingten Krafteinwirkungen (Windsog, Winddruck) sind in geeignetem Umfang vorzusehen.

Bei der Begutachtung aus ökologischer Sicht kommt Reif [<sup>8</sup>] zu dem Ergebnis, dass *Carpinus betulus* in Gefäßen mit einem Substratquerschnitt von 0,45 m x 0,45 m dauerhaft gehalten werden kann, sofern eine angemessene Versorgung, Pflege kontinuierlich sichergestellt wird (vgl. S. 68).

Im Vergleich zu einem Standort mit unbegrenztem Wurzelraum werden die Pflanzen durch zunehmende Verdichtung des Wurzelsystems in den Gefäßen ein abweichendes Verhalten mit zurückgehender Wachstumsintensität zeigen.

Es ist daher als Element der Gesamtkonzeption eine Erneuerung der Bepflanzung vorzusehen, sobald das Erscheinungsbild betroffener Segmente der Anlage nicht mehr den Ansprüchen des Gebäudebetreibers entspricht.

Das gewünschte Erscheinungsbild sollte daher in einem Zusatz zum Pflegevertrag im Rahmen einer Zielvereinbarung festgehalten werden und als Grundlage für die Entscheidung zum Austausch betroffener Segmente des Begrünungssystems dienen.

Die Erfahrung mit intensiven Begrünungssystemen in Gefäßen zeigt, dass auch bei weitgehend verdichtetem Wurzelraum die Pflanze aktiv bleibt, solange nicht weitere begrenzende Faktoren wirksam werden. Dazu zählen z.B. Salzanreicherungen und Verschiebungen des pH - Wertes als Folge unpassender Versorgungssysteme oder Versorgungsstrategien.

Dies unterstreicht die Bedeutung einer kontinuierlichen Betreuung des geplanten Begrünungssystems durch Fachkräfte und die sorgfältige Auswahl eines geeigneten Versorgungssystems (Wasser, Nährstoffe).

---

<sup>8</sup> Reif, A.: Ökologie der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung für eine Fassadenbegrünung, Anhang 1, S. 56 ff.

Für alle Baustoffe des Begrünungssystems sind die Anforderungen der Dachbegrünungsrichtlinie der FLL [<sup>9</sup>] bzw. die relevanten Vorgaben der einschlägigen Regelwerke zu berücksichtigen. Besonders zu beachten sind:

- Korrosionsbeständigkeit
- Alterungsverhalten
- Wärmeverhalten (Oberflächeneigenschaften: Schutz gegen strahlungsbedingte Aufheizung oder durch Wärmebrücken)

Um bei dem sehr begrenzten Querschnitt des durchwurzelbaren Volumens eine möglichst sicheren Übergang aus der Pflanzenproduktion in das Begrünungssystem zu erreichen und um die Anpassungsphase am Verwendungsort maximal zu unterstützen, wird der Einsatz von speziellen Innengefäßen vorgeschlagen. Sie werden nachfolgen als „Primärgefäße“ bezeichnet

Die Primärgefäße erfüllen folgende Aufgaben:

- Aufnahme der Pflanzen in der Produktionsphase (Heckenelemente)
- Aufbau der Vegetationstragschicht
- Transport
- Formierung eines etablierten Wurzelvolumens
- Schutz des Wurzelkörpers

Die Primärgefäße sollen bereits im Produktionsbetrieb zur Kultivierung der Heckenelemente eingesetzt werden. Sie nehmen die Vegetationstragschicht auf, d.h. die Pflanzung des ausgewählten Pflanzenmaterials erfolgt bereits in der Baumschule in das vorgesehene Substrat des Begrünungssystems.

Die Primärgefäße sind so zu gestalten, dass sie in die Tragbehälter des Begrünungssystems eingesetzt und im Bedarfsfall auch zum Austausch von Heckenelementen aus den Tragbehältern herausgehoben werden können.

Dazu müssen geeignete Anschlagpunkte für eine – ebenfalls zu konzipierende – Hebe-/Transportvorrichtungen vorhanden sein.

---

<sup>9</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL, Bonn 2008.

Die Primärgefäße müssen neben den relevanten Anforderungen der einschlägigen Regelwerke an Materialeigenschaften folgende Anforderungen erfüllen:

- Sicherer Abfluss von Überschusswasser
- Formbeständigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- Brandverhalten
- Keine Absonderung von phytotoxischen Substanzen

Obwohl aus den klimatischen Standortbedingungen [s. Abschnitt 1.5, S.10] keine ausgeprägten Trockenphasen im Jahresverlauf abgeleitet werden können, ist mit dem Ziel größtmöglicher Betriebssicherheit in den Gefäßen eine Anstauschicht als Wasservorrat einzurichten. Damit kann in Phasen mit höherem klimatischem Belastungspotenzial die Wirkung von Störungen des Bewässerungssystems gemildert werden.

## VEGETATIONSSCHICHT, SUBSTRAT

Die Vegetationstragschicht ist bereits in der Vorkultur der Heckenelemente im Produktionsbetrieb anzulegen. Das ausgewählte und geeignete Pflanzenmaterial wird demnach im Produktionsbetrieb in das ausgewählte Substrat gepflanzt. Die Pflanzung erfolgt in eigens zu diesem Zweck hergestellte Gefäße. Diese Gefäße dienen auch zum Transport der Heckenelemente zum Begrünungssystem und werden in die Behälter des Begrünungssystems eingefügt.

### ○ Aufbau der Vegetationstragschicht

Es wird ein einschichtiger Aufbau vorgeschlagen, in dem Vegetationstragschicht und Drainfunktion zusammengefasst werden. Neben der Vermeidung von Staunässe werden damit eine Vergrößerung der durchwurzelbaren Schicht und eine Wasserbevorratung angestrebt [<sup>10</sup>].

Zur Herstellung der Anstauschicht wird für die Segmente an der Fassade der Einsatz von geeigneten Schüttstoffen vorgeschlagen, um den kapillaren Anschluss an den Wurzelraum zu erleichtern. In dieser Schicht ist ein rein mineralisches Substrat einzusetzen.

Aus den Planungsunterlagen geht hervor, dass die Gefäße auf der Dachfläche mit einem Gefälle aufgestellt sein werden. Die Anstauschicht ist in diesen Gefäßen aus formstabilen Drainprofilplatten anzufertigen.

Es ist zu prüfen, ob die Anstauschicht bereits in das Primärgefäß eingebracht werden kann, um den kapillaren Anschluss zur Vegetationstragschicht zu optimieren.

Der Wasservorrat bzw. die Anstauzone über dem Gefäßboden ist sinnvoll, da nicht nur die Bewässerungssteuerung erleichtert und eine gleichmäßigere Wasserversorgung erreicht wird. Auch der verfügbare Zeitraum zur Beseitigung von möglichen Defekten in der Bewässerungsanlage wird umso größer, je größer die verfügbare Wassermenge im Pflanzgefäß ist.

Der gesamte Schichtaufbau ist so vorzusehen, dass überschüssiges Regenwasser, das nicht in der Anstauzone aufgenommen werden kann, sicher abgeführt wird. Eine Überflutung des primären Wurzelraums ist zu vermeiden.

Dies gilt auch bei gezielter Überschussbewässerung, die mit geeigneten Intervallen zur Bereinigung der Bodenlösung notwendig werden kann.

---

<sup>10</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL, Bonn 2008, S.45 f.

○ Substrateigenschaften

Schichtaufbau und Substratauswahl orientieren sich an den Anforderungen der einschlägigen Regelwerke<sup>11</sup>.

Dabei sind folgende Kriterien zu beachten:

- Struktur- und Lagerungsstabilität durch hohen Anteil mineralischer Bestandteile zur Verhinderung von Verdichtungsprozessen.
- Geringer Feinanteil: Ausschluss einer Verschlammungsgefahr
- Hohes Porenvolumen
- Homogene Zusammensetzung
- Geringe Rohdichte
- hydraulisch-physikalische Eigenschaften
  - Wasserdurchlässigkeit
  - Wasserkapazität
  - hohe Infiltrationsrate
- Chemische Eigenschaften
  - pH-Wert
  - chemische Stabilität
  - Salzgehalt (Gehalt an löslichen Salzen)
- Umweltverträglichkeit
- Pflanzenverträglichkeit, keine phytotoxische Wirkung
- Brandverhalten

Die Zusammensetzung des Substrates ist dem beauftragten Produktionsbetrieb unter Nennung der einschlägigen Eigenschaften/Parameter vorzuschreiben.

## EROSIONSCHUTZ

Um den Abtrag von Material aus der Oberfläche der Substratschicht zu verhindern, sind die Vorgaben der einschlägigen Regelwerke zu berücksichtigen.

---

<sup>11</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL, Bonn 2008, S.54 f.

## WASSERVERSORGUNG

Obwohl aus dem Standortklima keine längeren Trockenphasen im Jahresverlauf zu erkennen sind, ist die sichere Wasserversorgung der geplanten Intensivbegrünungsanlage nur mit einer hinreichend ausgelegten und betriebssicheren Bewässerungsanlage möglich.

Die Wasserverteilung ist so auszulegen, dass die Versorgungsintensität (Bewässerungsdauer und Bewässerungsintervall) jederzeit unterschiedlichen bzw. sich ändernden Wasserbedarfen angepasst werden kann. Die Anpassung der Bewässerungssteuerung setzt eine aufmerksame Kontrolle und Dokumentation der Reaktion des Begrünungssystems während der Entwicklungspflege voraus.

Aus der Anordnung der Segmente des Begrünungssystems am Gebäudekörper sind unterschiedliche Evapo-Transpirationsraten an besonders exponierten Stellen zu erwarten. Wesentliche Ursachen sind unterschiedliche Strahlungsintensitäten und Strahlungsmengen (Globalstrahlung) als Folge der jeweiligen Flächenausrichtung und erhöhte Windbelastungen, die an Strömungsübergängen der Rand- und Eckbereichen der Fassade und der Dachfläche auftreten.

Daraus ergeben sich Anforderungen an die Flexibilität des Bewässerungssystems und der Bewässerungssteuerung sowie an Kontrolle und Wartung.

Eine geeignete Unterteilung des Bewässerungssystems in unabhängige Bewässerungsgruppen ist daher zu empfehlen.

Bei der Auswahl des Verteilsystems ist darauf zu achten, dass auch nach der Installation eine Anpassung der Abgabemenge erfolgen kann; ggf. durch Austausch oder Anpassung der Anzahl der Abgabestellen (Tropfelemente).

Die Wasserversorgung ist ganzjährig sicherzustellen.

Die Notwendigkeit von Verfahren zum Schutz vor Frosteinwirkung auf das Bewässerungssystem ist zu prüfen.

Es sind die relevanten Vorgaben der einschlägigen Regelwerke und Normen für Planung, Installation, Betrieb und Wartung zu berücksichtigen.

- Technik der Wasserversorgung

Für die horizontale Wasserverteilung wird die Wasserausgabe an der Oberfläche der Vegetationsschicht empfohlen. Die Vorteile liegen in der erleichterten Erreichbarkeit im Zuge der Kontrolle und Wartung und in der Möglichkeit, das Substrat der Vegetationstragschicht im Bedarfsfall mit einer Überschussbewässerung zu bereinigen.

Alle Materialien der verwendeten Systemkomponenten müssen die Anforderungen der einschlägigen Regelwerke [<sup>12</sup>] erfüllen. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz von Flüssigdüngern, die über das Bewässerungssystem ausgebracht werden.

Zur Wasserausgabe können z.B. druckkompensierende Tropfersysteme mit einer Ausflussleistung von 2 bis 4 Liter/Stunde (pro Abgabestelle) eingesetzt werden.

Bei der Verwendung von Bewässerungswasser aus dem Netz der Trinkwasserversorgung sind die Vorgaben der DIN 1717 [<sup>13</sup>] zu berücksichtigen.

In der Kopfstation der Bewässerungsanlage sind neben den üblichen Sicherheitseinrichtungen eine geeignete Überwachung der Betriebsbereitschaft (Stromversorgung, Wasserverfügbarkeit) und eine Funktionskontrolle (Strömungswächter) vorzusehen.

Die Qualität des Bewässerungswassers ist als Planungsgröße zu berücksichtigen. Es ist zu prüfen, ob das verfügbare Bewässerungswasser konstante Eigenschaften oder Schwankungen aufweisen wird.

Für die Kontrolle und Wartung der versorgungstechnischen Infrastruktur (Wasser- und Nährstoffversorgung) sind hinreichende Prozessbeschreibungen zu verfassen. Die Zuordnung der Verantwortungsbereiche ist zu dokumentieren.

---

<sup>12</sup> Richtlinie für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen.  
FLL, Bonn 2015

<sup>13</sup> DIN EN 1717:2011-08: Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen.

- Auslegung der Wasserverteilung

Die Auslegung der Bewässerungsanlage richtet sich nach dem zu erwartenden Maximum des Wasserbedarfs der geplanten Bepflanzung.

Zur grundsätzlichen Orientierung kann die Berechnung des Wasserbedarfs (Evapotranspirationsrate) aus einschlägigen Regelwerken herangezogen werden [14].

Die Kapazität der gesamten Bewässerungsanlage muss so dimensioniert werden, dass alle Segmente der Begrünungsanlage täglich mit der erforderlichen Wassermenge versorgt werden können.

REIF [15] benennt den Wasserbedarf von *Carpinus betulus* mit 3 bis 4 Litern / m<sup>2</sup> und Tag [16]. Diese Angabe geht von einem „wüchsigen Waldbestand an heißen Sommertagen“ aus (s. Anhang 1, S. 56).

Beim Ansatz maximaler Transpirationsraten nach Lösch [17] und der Annahme der Lauboberfläche eines Heckenelements von mindestens 2,9 m<sup>2</sup> ergibt sich ein Wasserverbrauch durch Transpiration von 0,3 bis 0,7 Litern pro Stunde für ein Heckenelement mit einer Länge von 1 [m]. Die Spannweite zeigt das Verhalten in Schattenlagen und bei voller Sonneneinstrahlung. Damit ergäbe sich bei Ansatz eines achtstündigen Tages ein Wasserverbrauch von 1,8 bis 5,6 Litern pro Heckenelement (1 m) und pro Tag. Dieser Ansatz ist unter Berücksichtigung der in den Heckenelementen realisierten Laubfläche zu überprüfen.

Die individuelle, bedarfswirksame Standortsituation der Begrünungsanlage kann bei diesem Ansatz nicht vollständig abgebildet werden. Es ist daher sinnvoll, bereits in der Produktion der Heckenelemente Daten zum Wasserverbrauch zu erfassen und als Grundlage für die konkrete Auslegung der Wasserverteilung zu dokumentieren.

---

<sup>14</sup> Bewässerungsrichtlinie. FLL, Bonn 2015, S. 26 f.

<sup>15</sup> REIF, A. (2015): Ökologie der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung für eine Fassadenbegrünung. Anhang 1.

<sup>16</sup> Flächenbezug: Grundfläche des Pflanzenbestands

<sup>17</sup> Lösch, R. (2000): Wasserhaushalt der Pflanzen, S. 319

- Bewässerungssteuerung

Die gesamte Wasserversorgung ist in unabhängige Bewässerungsgruppen zu unterteilen, die von einer Steueranlage bedarfsorientiert betrieben werden.

Anzahl und Aufteilung der Bewässerungsgruppen muss sich sowohl nach der Wasserverfügbarkeit als auch nach den Anforderungen richten, die sich aus verbrauchsbeeinflussenden Standortbedingungen innerhalb des Begrünungssystems ergeben (Globalstrahlung, Wind).

Bewässerungsintervalle und Bewässerungsdauer sind dem Wasserbedarf anzupassen. Voraussetzung dazu ist die visuelle Kontrolle der Bewässerungswirkung in angemessenem Umfang. Dies ist insbesondere in der Anpassungsphase des Pflanzenbestandes nach der Fertigstellung erforderlich (Entwicklungspflege).

Es ist zu prüfen, ob die Bewässerungskontrolle durch geeignete Sensoren zur Überwachung des Befeuchtungszustandes der Vegetationstragschicht oder durch messtechnische Überwachung des Wasserstands in der Anstauzone der Pflanzgefäße an repräsentativen Messorten unterstützt werden kann.

Weiterhin sind auch aus dem Betrieb eines geplanten Modells im Maßstab 1:1 während der Bauphase anwendungsbezogene Informationen als Grundlage für die Auslegung und für die Konzeption der Bewässerungsstrategie zu erfassen.

#### NÄHRSTOFFVERSORGUNG

Die Nährstoffversorgung der Pflanzen muss bedarfsabhängig erfolgen. Es empfiehlt sich, die Nährstoffe mittels wasserlöslicher Mehrnährstoffdünger in angemessener Dosierung über das Bewässerungswasser zuzuführen.

Zu diesem Zweck sind Beimischvorrichtungen in der Kopfstation der Bewässerungsanlage vorzusehen. Der ordnungsgemäße Betrieb ist durch eine messtechnische Kontrolle der Nährlösungseigenschaften zu überwachen.

## ENTWÄSSERUNG

Bei der Planung der Entwässerungseinrichtungen sind die relevanten Inhalte der einschlägigen Regelwerke und Normen zu beachten [<sup>18</sup>, <sup>19</sup>].

Für die Dimensionierung der Abflussleistung aus der Vegetationsschicht/Drainschicht kann die Verfahrensweise der Dachbegrünungsrichtlinie der FLL herangezogen werden.

Besondere Aufmerksamkeit gilt folgenden Kriterien:

- Sichere Ableitung von Überschusswasser (Niederschlag, Bewässerungswasser)
- freier Ablauf
- Zugänglichkeit für Kontrolle und Wartung
- Vermeidung von Wurzelinvasion
- Abstimmung der Substrateigenschaften (Körnung, Feinanteil)

Die Ableitung von überschüssigem Wasser ist ganzjährig – auch bei Frost – sicherzustellen.

---

<sup>18</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, FLL. Bonn, 2008, S.22 ff.

<sup>19</sup> DIN EN 12056-3: 2001-01: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung

## BAUTECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Es sind die relevanten Vorgaben der FLL-Richtlinie [ <sup>20</sup> ] für alle Segmente des Begrünungssystems zu berücksichtigen.

## BRANDSCHUTZ

Auf der Grundlage eines Mustererlasses der zuständigen Ministerien der Länder zum „Brandverhalten begrünter Dächer“ sind die Landesbauordnungen in unterschiedlicher Weise ergänzt worden.

Durch die Aufnahme des Mustererlasses der ARGEBAU „Brandverhalten begrünter Dächer“ von 1989 in den Bauteilkatalog der DIN 4102-4 werden begrünte Dächer formal den „harten Bedachungen“ zugerechnet.

*„Dächer mit Intensivbegrünung und Dachgärten – das sind solche, die bewässert und gepflegt werden und die in der Regel eine dicke Substratschicht aufweisen – sind ohne weiteres als widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme (harte Bedachung) zu bewerten.“* [ <sup>21</sup> ]

Die Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen BauO NRW [ <sup>22</sup> ] führt dazu aus:

§35(1): *„Bedachungen müssen gegen Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähig sein (harte Bedachung).“*

§35(4): *„Abweichungen von den Absätzen 1 und 2 können“ ... „ und 2. für begrünte Bedachungen zugelassen werden, wenn Bedenken wegen des Brandschutzes nicht bestehen.“*

Vorbeugende Maßnahmen mit dem Ziel einer Minimierung der Brandlast beinhalten die regelmäßige Beseitigung von abgefallenem Laub oder anderer Pflanzenteile und von außen in die Begrünungsanlage eingetragenen Verunreinigungen im Rahmen der Pflege und Wartung.

(s. Abschnitt 8, S.38 ff.).

---

<sup>20</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, FLL. Bonn, 2008, S.24 ff.

<sup>21</sup> Mustererlass der ARGEBAU „Brandverhalten begrünter Dächer“ Juni 1989. Zit. in: Gutachten zum Thema Brandverhalten von Dachbegrünungen, Inst. für Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen, FH Lübeck. im Auftrag der Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. Dipl. Ing. Steffen Slama, 26.05.2014

<sup>22</sup> BauO NRW. Quelle: [www.recht.nrw.de](http://www.recht.nrw.de), Stand 16.07.2015

## BETRIEBSSICHERHEIT

Für die Kontrolle und Wartung der versorgungstechnischen Infrastruktur (Wasser- und Nährstoffversorgung) sind hinreichende Prozessbeschreibungen zu verfassen. Die Verantwortungsbereiche sind festzulegen und zu dokumentieren.

Bei der Wartung der technischen Einrichtungen und der Infrastruktur der Begrünungsanlage sind die relevanten Inhalte der einschlägigen Regelwerke und die Vorgaben der Hersteller einzuhalten.

## KONTROLLEINRICHTUNGEN

Im Betrieb der Begrünungsanlage sind im Be- und Entwässerungssystem folgende Prozesse bzw. Zustände mit geeigneten Kontrolleinrichtungen zu überwachen:

- Bewässerungsstatus des Pflanzenbestandes
- Füllstand bzw. Überfüllung der Anstauschicht
- Wasserausgabestellen (Tropfer)
- Bewässerungsmengen
- Wasserzufuhr (Strömungswächter)
- Nährstoffdosierung (Salzgehalt der Bewässerungslösung, pH-Wert)
- Eigenschaften des Bewässerungswassers (Salzgehalt, pH-Wert)
- Entwässerung (Revisionsschächte der Tragbehälter)
- Erfassung und Dokumentation der relevanter Klimadaten
  - Niederschlag
  - Lufttemperatur
  - Windgeschwindigkeit, Windrichtung
  - Sättigungsdefizit der Luft

Technischen Hilfen zur Überwachung der Betriebszustände der Begrünungsanlage können die regelmäßige und unmittelbare visuelle Kontrolle der Bepflanzung nicht ersetzen.

## 6. ANFORDERUNGEN AN DAS PFLANZENMATERIAL

Um das das geplante Erscheinungsbild der Bepflanzung bei der Fertigstellung der Anlage zu erreichen, müssen die Pflanzen bereits im Produktionsbetrieb in geeigneter Weise aufgebaut werden.

Es wird deshalb vorgeschlagen, Pflanzen im Baumschulbetrieb in speziellen Pflanzgefäßen „Primärgefäßen“ zu geschlossenen Heckenelementen mit dem gewünschten geometrischen Aufbau des Laubkörpers zu erziehen (s. Abschnitt 5, S.24 ff.).

Als Ausgangsmaterial erscheinen dreimal verschulte Pflanzen (3 x v., 125/150) geeignet, die zunächst mit Höhe von 125 - 135 cm aufgebaut werden.

Die Pflanzen müssen im Produktionsbetrieb in das Substrat der Vegetationstragschicht gepflanzt werden. Damit wird erreicht, dass sich bereits in der Produktionsphase vor dem Einbau in das Begrünungssystem das Wurzelsystem in dem später verfügbaren Wurzelraum etabliert.

Das Produktionserfahren ist so zu gestalten, dass Heckenelemente von 1 [m] Länge entstehen. Die Pflanzen sind mit einem seitlichen Überstand des Laubkörpers zu erziehen.

Auf den letzten Schnitt im Produktionsbetrieb soll verzichtet werden. Stattdessen erfolgt der Schnitt auf der Baustelle. Beim Einsetzen der Heckenelemente in die Pflanztröge der Fassade entsteht damit der Aufbau einer geschlossenen Hecke.

Die Produktion der Heckelemente ist so zu beauftragen, dass vor dem Einbau in das Begrünungssystem zwei Vegetationsperioden für den Pflanzenaufbau verfügbar sind.

## 7. BAUPHASE

Die Termine der Pflanzarbeiten sind so abzustimmen, dass nach der Anlieferung der Heckenelemente keine Verzögerungen für den Einbau der Primärgefäße in die Tragbehälter der Fassaden eintreten.

Es sind die relevanten Vorgaben der einschlägigen Normen <sup>[23]</sup> und Richtlinien <sup>[24, 25]</sup> zu berücksichtigen.

Immissionen, insbesondere Schleifstäube, basische Stäube müssen von den Pflanzen ferngehalten werden.

### WASSERVERSORGUNG IN DER BAUPHASE

In der Planung des Bewässerungssystems ist zu berücksichtigen, dass die Pflanzen unmittelbar nach dem Einsetzen der Primärgefäße in die Tragbehälter der Fassadenkonstruktion mit Wasser versorgt werden können. Ein Austrocknen der Wurzelkörper auf der Baustelle ist unter allen Umständen zu verhindern.

Da der Aufbau der Heckenreihen voraussichtlich über einen längeren Zeitraum erfolgen wird, ist eine dementsprechende Inbetriebnahme inkl. Funktionskontrolle der Wasserverteilung sicherzustellen.

Aus Sicherheitsgründen sind Wasserentnahmestellen vorzusehen, die auch eine manuelle und für einzelne Abschnitte der Heckenelemente individuelle Bewässerung bereits in der Bauphase ermöglicht.

Installation, Inbetriebnahme und Funktionsprüfung der Bewässerungsanlage inkl. Steuerung sind vor diesem Hintergrund in die Abfolge der Baummaßnahme einzufügen und mit dem Einbau der Heckenelemente abzustimmen.

---

<sup>23</sup> DIN 18916:2002-08. Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Pflanzen und Pflanzarbeiten

<sup>24</sup> Dachbegrünungsrichtlinie. FLL, Bonn 2008

<sup>25</sup> Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 1. FLL, Bonn 2015

## 8. PFLEGE UND WARTUNG

Die Entwicklungs- und Unterhaltungspflege sind nach den relevanten Inhalten der einschlägigen Regelwerke auszuführen. Grundlage bilden:

- Dachbegrünungsrichtlinie der FLL, Abschnitt 13 [<sup>26</sup>]
- DIN 18919:2002-08. Vegetationstechnik im Landschaftsbau [<sup>27</sup>]
- Empfehlungen des Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V.

### ERREICHBARKEIT

Durch geeignete Maßnahmen ist zu gewährleisten, dass alle Komponenten des Begrünungssystems sowie der gesamte Pflanzenbestand erreichbar sind.

Dies gilt besonders für die Bestandteile der Wasserversorgung, der Wasserverteilung und der Entwässerung. In der Phase der Entwicklungspflege wird dies die Grundlage zur Abstimmung der Versorgungs- und Kontrollintervalle sein.

Der Gesamtumfang und die räumliche Ausdehnung des Begrünungssystems sind bei Planung geeigneter Verfahren mit Blick auf eine effiziente und rechtzeitige Durchführung der Kontrollen der Bepflanzung und des Begrünungssystems zu beachten.

Für die Festlegung der Frequenz der Erreichbarkeit sind vor allem die Gesichtspunkte Pflanzengesundheit, Versorgungssicherheit maßgeblich.

In der Entwicklungsphase nach der Fertigstellung muss vor allem im Zusammenhang mit der Kontrolle und Anpassung der Bewässerungssteuerung mit kurzen Intervallen für die unmittelbare visuelle Kontrolle gerechnet werden.

Die Bepflanzung muss für eine unmittelbare visuelle Kontrolle (Schaderreger, Versorgungszustand) in allen Segmenten des Begrünungssystems auch zwischen den üblichen Wartungsterminen erreichbar sein, um akute Bedrohungen zu erkennen und beseitigen zu können.

---

<sup>26</sup> Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. FLL, Bonn, 2008

<sup>27</sup> DIN 18919:2002-08. Vegetationstechnik im Landschaftsbau. Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen

Vorbeugender Brandschutz wird vornehmlich in der Beseitigung von abgestoßenem Laub o.Ä. und von außen zugeführten Gegenständen bestehen.

Die notwendigen Maßnahmen in der Entwicklungs- und Unterhaltungspflege werden nachfolgend in einem Pflegekonzept dargestellt.

### 8.1. VORGEHENSWEISE

Für die Pflege und Wartung der Begrünungsanlage ist ein fachlich qualifiziertes Dienstleistungsunternehmen aus dem Gebiet des Garten- bzw. Garten- und Landschaftsbaus zu beauftragen.

Der Fachbetrieb (AN) führt alle Pflege- und Wartungsmaßnahmen nach der Vorgabe eines Leistungsverzeichnisses aus. Besonders zu beachten sind die Anforderungen an die Dokumentation (Pflegemaßnahmen, Entwicklung der Bepflanzung, Ereignisse) und die Kommunikation zwischen Auftragnehmer und Gebäudebetreiber (AG).

Die Abgrenzung der Verantwortung gegenüber dem Bereich der Gebäudetechnik ist präzise zu formulieren.

Es ist dafür zu sorgen, dass der beauftragte Dienstleistungsbetrieb die Bedienung der Bewässerungssteuerung und der Nährstoffbeimischanlage beherrscht und Störungen unverzüglich beheben kann.

### 8.2. DATENMATERIAL

Dem AN werden alle notwendigen Informationen über die technische Struktur der Begrünungsanlage (Gefäße, Substrat), Medienversorgung (Wasser, Strom) sowie die Betriebsbedingungen zur Verfügung gestellt.

Diese Informationen sind als Anlage einem Pflegevertrag beizufügen.

Der AG informiert den AN über alle temporären oder dauerhaften Veränderungen in Infrastruktur, Medienversorgung, Betriebsbedingungen, die Einfluss auf Status, Wachstum und Entwicklung der Pflanzen haben können. Details sind in geeigneter Weise und in erforderlichem Umfang als Anlage zum Pflegevertrag zu formulieren.

### 8.3. ZIELVEREINBARUNG

Die unmittelbare Wartung des Pflanzenbestandes macht neben den grundsätzlichen Pflegemaßnahmen weitere Eingriffe in den Pflanzenkörper erforderlich, um die Entwicklung der Pflanzen zu unterstützen und um spezielle Wirkungen des individuellen Pflanzenstandortes zu kompensieren. Dazu gehören Schnittmaßnahmen.

Intensität und Umfang der Eingriffe werden durch das Entwicklungsziel bestimmt. Eine wesentliche Grundlage für das pflanzenbezogene Wartungsprofil ist daher eine Vereinbarung zwischen dem verantwortlichen Pflegepersonal (AN) und dem AG über das anzustrebende Profil bzw. den Habitus der Pflanzen, die im Pflegevertrag festgehalten werden sollten.

Vereinbarungen zu Pflanzenaufbau und zur Pflanzengröße bestimmen nachfolgend die Intensität von Eingriffen in die Pflanzenentwicklung, z.B. Schnittmaßnahmen und sind ggf. im Pflegevertrag festzulegen

Die Vereinbarung des Entwicklungsprofils der Bepflanzung ist ebenfalls Grundlage für Umfang und Intensität aller Einzelleistungen des Leistungskatalogs.

### 8.4. SICHERHEIT

Alle Wartungs- und Pflegemaßnahmen sind so vorzubereiten und auszuführen, dass Beeinträchtigungen der Gebäudenutzung vermieden werden.

Es sind angemessene Maßnahmen anzuwenden, um die Umgebung der Pflanzgefäße gegen Auswirkungen der Pflegemaßnahmen zu schützen.

## 8.5. LEISTUNGSPROFILE

Leistungsprofile werden für die Entwicklungspflege und für die anschließende Unterhaltungspflege formuliert. Sie umfassen alle wesentlichen Maßnahmen zur Pflege der Bepflanzung, Kontrolle der Begrünungsanlage und Wartung der relevanten Versorgungstechnik.

Die Leistungsprofile enthalten grundlegende Hinweise zur angemessenen Betreuungsintensität (Pflegeintervalle) und einen Querverweis zur jeweiligen Leistungsbeschreibung.

Die Anpassung der Leistungsprofile ist in Abhängigkeit von der speziellen Entwicklung einzelner Segmente der Begrünungsanlage vorzunehmen.

Die Intensität der Maßnahmen ist anzupassen an:

- Spezifische Standortbedingungen
- Entwicklungsverhalten der Pflanzen

Dies betrifft insbesondere die Bewässerung, Düngung und Maßnahmen zur Erhaltung der Pflanzengesundheit.

Die sichere Entwicklung der Begrünungsanlage erfordert weiterhin ein spezielles Profil für die Entwicklungspflege nach Neu- oder Ersatzpflanzungen und für die anschließende Erhaltungspflege im etablierten Zustand.

Die konkrete Formulierung der Pflege- und Wartungsintervalle erfolgt im Zusammenhang mit der Detailplanung des Begrünungssystems.

8.5.1. ENTWICKLUNGSPFLEGE

Leistung	Leistungs- beschreibung	Intervall <sup>28</sup>
<b>Kontrolle</b>	Bewässerungszustand Ernährungszustand Pflanzenentwicklung Bewurzelung Pflanzengesundheit Boden/Substrat Wasserqualität Schäden/Beschädigungen	
	Befestigungen	
<b>Funktionskontrolle</b>	Wasserverteilung Entwässerung Bewässerungssteuerung Armaturen	
<b>Versorgung</b>	Bewässerung Düngung Pflanzenschutz	
<b>Sauberkeit</b>	Substratoberfläche Wasserablauf Pflanzenkörper	
<b>Eingriffe</b>	Schnittmaßnahmen Substratpflege	
<b>Datenerfassung</b>	Wassermengen Klimadaten Fotodokumentation	
<b>Statusbericht</b>		

<sup>28</sup> Festlegung der Intervalle im Rahmen der Detailplanung. Anpassungen s. Leistungsbeschreibungen

### 8.5.2. UNTERHALTUNGSPFLEGE

<b>Leistung</b>	<b>Leistungs- beschreibung</b>	<b>Intervall<sup>29</sup></b>
<b>Kontrolle</b>	Bewässerungszustand Ernährungszustand Pflanzenentwicklung Pflanzengesundheit Boden/Substrat Wasserqualität Salzgehalt, pH-Wert Schäden/Beschädigungen Dichtheit der Pflanzgefäße Befestigungen Belastungsgrenzen (Gewicht)	
<b>Funktionskontrolle</b>	Wasserverteilung Entwässerung Bewässerungssteuerung Armaturen	
<b>Versorgung</b>	Bewässerung, manuell Düngung Pflanzenschutz	
<b>Sauberkeit</b>	Substratoberfläche Wasserablauf Pflanzenkörper	
<b>Eingriffe</b>	Schnittmaßnahmen Wuchsbegrenzung Substratpflege	
<b>Datenerfassung</b>	Wassermengen Klimadaten Fotodokumentation Nährstoffversorgung	
<b>Statusbericht</b>		

<sup>29</sup> Festlegung der Intervalle im Rahmen der Detailplanung s. Leistungsbeschreibungen

## 8.6. PFLEGELEISTUNGEN UND LEISTUNGSBESCHREIBUNG

### 8.6.1. BEWÄSSERUNG

Die Wasserversorgung der Pflanzen muss so bemessen werden, dass der Wasserhaushalt der Pflanzen ausgeglichen ist. Dazu müssen die Wassermenge pro Wassergabe und die Bewässerungsintervalle bedarfsgemäß angepasst werden.

Die Wasserverteilung erfolgt durch eine Tropfbewässerung über die Oberfläche der Vegetationstragschicht.

Wassermenge und Bewässerungsintervalle sind bei Phasen mit ausschließlicher Zusatzbewässerung so anzupassen, dass ein erkennbarer Wasserüberschuss aus der der Drainage austritt. Damit wird einer Ablagerung von Salzen in den oberen Substratschichten entgegengewirkt.

Der Wasserbedarf in unterschiedlich exponierten Segmenten [Sonne, Wind] ist bei der Bemessung der Wassergaben, Einstellung der Bewässerungssteuerung berücksichtigen.

Um eine Bewässerungsstrategie zur Bewältigung wechselnder Wasserbedarfe zu entwickeln, ist während der Entwicklungspflege die Wirkung der Bewässerung an repräsentativen Segmenten der Begrünungsanlage zu dokumentieren und mit den klimatischen Rahmenbedingungen zu korrelieren. Ein Kriterium für diese Aufgabe kann der Füllgrad der Anstauzone (Beobachtung über Revisionsöffnungen der Traggefäße) sein.

Im Pflegeprotokoll sind folgende Informationen zu dokumentieren:

- Wassermengen an den verfügbaren Messstellen mit Zeitmarken
- Füllstand der Anstauzonen.

### 8.6.2. BEWÄSSERUNG [ENTWICKLUNGSPFLEGE]

In der Entwicklungspflege ist die Bewässerung solange mit besonderer Aufmerksamkeit zu betreiben, bis die Bepflanzung vollständig etabliert ist und eine sichere Bewässerungsstrategie für alle Segmente der Begrünungsanlage erreicht und dokumentiert ist.

Die Entwicklung und Versorgung des Wurzelsystems ist ggf. durch Sondierung zu überwachen.

Es ist sicherzustellen, dass das Bewässerungswasser in den Wurzelraum eindringt. Ein Rücktrocknen des Wurzelraums ist zu verhindern.

Die Lage der Wasserabgabestellen ist ggf. so anzupassen, dass das zugeführte Wasser den Wurzelraum sicher erreicht.

Das Bewässerungsintervall und die Wassermenge pro Wassergabe sind dem Bedarf anzupassen. Es ist ein verkürztes Intervall vorzuziehen. Bei hoher Belastung des Wasserhaushalts (Einstrahlung, Temperatur) ist der Erfolg der Bewässerung in kurzen Intervallen zu kontrollieren.

### 8.6.3. DÜNGUNG (NÄHRSTOFFVERSORGUNG)

Die Versorgung mit Nährstoffen orientiert sich am Bedarf der Pflanze.

Die Nährstoffversorgung ist so zu bemessen, dass die Mangelsymptome oder eine Beeinträchtigung der Pflanzenentwicklung vermieden werden.

Aus dem Ergebnis einer Wasseranalyse ist das Versorgungskonzept (Applikation, Nährstoffzusammensetzung, Konzentration) abzuleiten.

Die Nährstoffapplikation mittels Flüssigdüngung ist vorteilhaft (niedriger Salzgehalt in der Bodenlösung, zeitlich definierte Wirksamkeit, Applikation unabhängig von der manuellen Zugänglichkeit der Gefäße).

Die Zusammensetzung der hergestellten Nährlösung ist permanent zu kontrollieren (Salzgehalt, pH-Wert) und zu dokumentieren. Aus Abweichungen zwischen den Messergebnissen und den eingestellten Sollwerten ist unverzüglich der erforderliche Handlungsbedarf zu ermitteln und eine Fehlerbeseitigung zu veranlassen.

Der AN verschafft sich in regelmäßigen Abständen eine hinreichende Information über die aktuelle Qualität des verfügbaren bzw. einzusetzenden Bewässerungswassers und berücksichtigt Änderungen mit einer Anpassung des Düngungskonzepts.

Die Entscheidung über eine Anpassung von Umfang und Intensität sowie eine Anpassung der Düngerzusammensetzung erfolgt auf der Grundlage einer visuellen Analyse des Pflanzenzustands (Mangelsymptome) und ggf. anhand des Ergebnisses von Substratuntersuchungen.

Sofern erforderlich, ist die Probenentnahme für die Substratuntersuchung fachkundig an repräsentativen Stellen aus dem durchwurzeltten Horizont der Pflanzgefäße zu entnehmen.

Das Ergebnis der Bodenuntersuchungen ist ebenfalls Grundlage für Maßnahmen zur Beseitigung von Salzanreicherungen.

Sofern der AN nicht über ein angemessenes Versorgungskonzept zur Düngerauswahl und Dosierung verfügt, ist eine sachkundige Beratung einzuholen.

#### 8.6.4. SCHNITTMAßNAHMEN

Allgemein gilt: Die Eingriffe in den Pflanzenaufbau orientieren sich an der Zielvereinbarung zwischen AN und AG zum angestrebten Entwicklungsprofil der Pflanzung.

Die grundsätzlichen Ziele sind:

- Formierung des Pflanzenkörpers
- Wachstumsbegrenzung (Breite, Höhe)
- Formerhaltung
- Verkehrssicherheit
- Begrenzung der Gewichtsbelastung der Tragkonstruktion

Die Zeitpunkte sind so zu wählen, dass günstige klimatische Rahmenbedingungen die Regeneration maximal unterstützen.

Die Häufigkeit der Schnittmaßnahmen orientiert sich am Wachstumsverhalten der Pflanzen oder an den Vorgaben des AG. Sie wird ggf. dem Einfluss unterschiedlicher Wachstumsbedingungen angepasst.

#### 8.6.5. PFLANZENAUSTAUSCH

Das gewünschte Erscheinungsbild wird in einem Zusatz zum Pflegevertrag im Rahmen einer Zielvereinbarung festgehalten und ist dient als Grundlage für die Entscheidung zum Austausch betroffener Segmente des Begrünungssystems.

Es ist eine Analyse der Ursache anzufertigen.

Für diesen Zweck sind Heckenelemente in einem beauftragten Produktionsbetrieb vorzuhalten.

Ein Austausch von Pflanzen setzt die Abstimmung mit dem Gebäudebetreiber voraus.

#### 8.6.6. SAUBERKEIT

Verunreinigungen auf der Substratdeckschicht sind zu entfernen. Verunreinigungen, die von außen eingetragen werden, sind zu dokumentieren. Mögliche Auswirkungen auf Zustand, Entwicklung, Gesundheit der Begrünung sind vom AN abzuschätzen und in die Berichterstattung an den AG aufzunehmen.

Die Wasserabläufe/-Überläufe innerhalb der Pflanzgefäße sind so zu reinigen, dass eine Funktionsfähigkeit zu jedem Zeitpunkt gegeben ist.

### 8.6.7. PFLANZENGESUNDHEIT

#### PROPHYLAXE

Der Gesundheitszustand der Bepflanzung ist durch fachkundiges Personal visuell zu prüfen. Die Bepflanzung ist vollständig auf Befall mit Schadorganismen zu überprüfen, um schädliche Organismen unmittelbar nach dem Befall zu erkennen und den Grad der Bedrohung zu ermitteln. Dies ist Bestandteil des integrierten Pflanzenschutzes und unverzichtbare Voraussetzung für die Sicherheit der Begrünungsanlage.

Sofern Symptome bzw. Veränderungen an Pflanzen nicht eindeutig durch das Pflegepersonal identifiziert werden können, ist fachkundige und sachkundige Beratung einzuholen.

Der Befall bzw. die Symptome sind zu dokumentieren:

- Ort
- Datum
- Umfang
- Maßnahmen

Bei allen Pflegemaßnahmen sind hygienische Grundsätze zu beachten, um den Eintrag von Schadorganismen zu verhindern.

Für die Kontrolle des Gesundheitszustands der gesamten Bepflanzung werden mindestens vier Begehungen der gesamten Begrünungsanlage angesetzt. Davon je eine zu Beginn und am Ende des Austriebs sowie in der Mitte der Vegetationsperiode.

#### PFLANZENSCHUTZMAßNAHMEN

Der Einsatz von Pflanzenschutzmaßnahmen erfordert die Zustimmung des Auftraggebers. Die Auflagen und Bestimmungen des Pflanzenschutzgesetzes sind zu erfüllen.

Ergibt sich aus der Kontrolle der Pflanzengesundheit Handlungsbedarf, sind alle notwendigen Maßnahmen unverzüglich einzuleiten.

Wird ein Schadorganismus erkannt, ist die Ursache bzw. Quelle des Befalls zu erforschen.

Sofern sich ein spezifischer Befall wiederholt, ist nach erfolgreicher Bekämpfung ein Konzept zum Einsatz biologischer Bekämpfungsmaßnahmen (kurativ und prophylaktisch) zu erstellen und dem Gebäudebetreiber zur Entscheidung vorzulegen.

## 8.7. TECHNISCHE WARTUNG

Zwischen AG und AN wird als Anlage zum Pflegevertrag der Verantwortungsbereich für die Kontrolle und Wartung der technischen Einrichtung festgelegt.

Defekte, Fehlfunktionen und andere Veränderungen der technischen Ausstattung sind unverzüglich zu dokumentieren und der verantwortlichen/entscheidungsberechtigten Person zur Kenntnis zu geben. Der AN skizziert dabei die voraussichtlichen Auswirkungen und den Handlungsbedarf.

Damit Schäden oder Fehlfunktionen möglichst kurzfristig beseitigt werden können – d.h., bevor sich negative Auswirkungen für den Pflanzenbestand ergeben – ist eine sichere Kommunikationsebene zu vereinbaren. Die Verantwortlichkeiten bzw. Entscheidungskompetenzen auf Seiten des AN und AG sind zu beschreiben.

Die Kontrolle der technischen Einrichtung zur Wasserversorgung umfasst folgende Bestandteile:

### WASSERVERTEILUNG

Die Funktion der Tropfstellen ist bei Hinweisen auf Störungen visuell zu prüfen. Dazu sind die Verteilerleitungen freizulegen und ein Probetrieb durchzuführen.

Funktionsstörungen sind unverzüglich zu beseitigen. Sofern eine Reinigung blockierter Tropfstellen nicht erfolgreich ist, ist der Umfang des Schadens zu dokumentieren und dem AG ein Vorschlag zur Schadensbeseitigung vorzulegen.

### ARMATUREN

Alle Armaturen, die im Zusammenhang mit der Bewässerung und Bewässerungssteuerung stehen, sind von den jeweils verantwortlichen Personen auf Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

Dazu zählen:

- Ventile (einfacher Funktionstest)
- Steuergeräte (Einstellung der Bewässerungsintervalle, Bewässerungsdauer)
- Filter (Gerätespezifische Reinigung bzw. Erneuerung lt. Herstellervorschrift)

### ENTWÄSSERUNG. ABLAUFLEITUNGEN

Über die Revisionschächte der Pflanzgefäße sind Sauberkeit und Betriebsfähigkeit der Abflüsse zu prüfen.

Die Gefäße sind hinsichtlich Undichtigkeiten zu prüfen. Unkontrollierter Wasseraustritt ist zu dokumentieren und unverzüglich der verantwortlichen Person mitzuteilen.

## 8.8. DATENERFASSUNG UND DOKUMENTATION

### 8.8.1. ZUSTAND DER BEPFLANZUNG

Der Zustand der Bepflanzung ist unter Beachtung einschlägiger Symptome zu erfassen und mit folgenden Kriterien zu dokumentieren:

#### VERSORGUNGSZUSTAND

- Ernährungszustand (Mangelsymptome)
- Bewässerungszustand

#### ZUSTANDSÄNDERUNGEN

- Art der Veränderung (z.B. Chlorose, Nekrose) im Beobachtungsintervall
  - Wachstum, Zuwachs
  - Schäden, Beschädigungen
- Ort der Veränderung (z.B. altes oder junges Laub, Blattränder)
- Intensität der Veränderung (z.B. massiver Laubverlust während der Vegetationsperiode in einem kurzen Zeitraum)
- Charakteristik (z.B. Einzelpflanze, Pflanzenbestand)
- Tendenz der Entwicklung (positiv, negativ)
- Austrieb, Austriebsentwicklung
- Zuwachs

#### PFLANZENGESUNDHEIT

- Schädlingsbefall
- Symptome
- Organismus bzw. Schädlingsart
- Befallsort
- Befallsintensität, Ausbreitung

### 8.8.2. FOTODOKUMENTATION

Die Fotodokumentation dient der mittel- und langfristigen Beobachtung der Pflanzenentwicklung. Sie ist eine Grundlage für die:

- Beurteilung des Anpassungsverhalten der Bepflanzung
- Interpretation und Bewertung von Zustandsänderungen
- Entscheidungen zur Anpassung des Pflegekonzepts

Das Bildmaterial ist nachvollziehbar zu katalogisieren unter Berücksichtigung der Aufnahmedaten:

- Datum, Uhrzeit
- Anlagensegment
- Aufnahmerichtung (falls notwendig)

Die Fotodokumentation ist so zu gestalten, dass der kontinuierliche Entwicklungsverlauf der Bepflanzung an repräsentativen Orten (Licht, Schatten, besondere Belastung) nachvollzogen werden kann.

### 8.8.3. KLIMADATEN

Das Pflegeprotokoll ist mit Klimadaten zu ergänzen.

Sofern der AG die Informationen im Zusammenhang mit der Gebäudeklimatisierung nicht zur Verfügung stellen kann, sind Klimadaten in geeigneter Weise und an zuvor festgelegten Orten zu erfassen und zu dokumentieren.

### 8.8.4. EREIGNISSE

Ereignisse, die eine Änderung der Standorteigenschaften erzeugen und direkt oder indirekt auf die Pflanzen einwirken, sind zu dokumentieren. Der Einfluss auf die mittel- / langfristigen Entwicklung der Bepflanzung ist abzuschätzen und dem AG mitzuteilen.

Dazu zählen auch Änderungen des Standortklimas.

### 8.8.5. PROTOKOLL

Der AN erstellt ein Pflegeprotokoll, in dem alle Maßnahmen, Eingriffe, Ereignisse und Wahrnehmungen mit Wirkung auf Zustand, Entwicklung, Gesundheit der Bepflanzung festgehalten werden.

Es ist eine schematisierte Form (Formblatt) zu wählen, die zu jeder Zeit einen Überblick zum aktuellen Status ermöglicht und Besonderheiten hervorhebt.

Das Protokoll ist für jeden Pflegevorgang und vorzugsweise in elektronischer Form anzufertigen.

Die gesamte Begrünungsanlage ist in geeigneter Weise in Segmente zu unterteilen, um die Entwicklung im Bedarfsfall differenziert beschreiben zu können.

Es sind folgende Informationen aufzunehmen, sofern das Pflegeprofil die Aufgabe zum Zeitpunkt der Pflegemaßnahme vorschreibt:

#### **OBJEKTSEGMENT**

- Datum, Uhrzeit
- Ortsangabe

#### **KONTROLLE**

- Zustand der Bepflanzung
- Versorgungszustand der Bepflanzung
- Versorgungstechnik

#### **DATENERFASSUNG**

- Klima
- Wassermengen (Niederschlag)
- Dünger, Düngermenge

#### **PFLEGELEISTUNGEN**

- Pflegemaßnahmen
- Zeitaufwand
- Material

#### **FOTODOKUMENTATION**

- Ort, Gegenstand
- Ausrichtung

#### **SIGNATUREN**

- Verantwortliche Fachkraft AN
- Kontrolle AG

## 8.9. BERICHTSWESEN UND KOMMUNIKATION

AG und AN benennen jeweils Personen, die für einen sicheren, rechtzeitigen bzw. fristgerechten Transfer aller notwendigen und vereinbarten Informationen verantwortlich sind. Sie vereinbaren Form und Medium des Informationstransfers. Besonders zu beachten ist die Kommunikation im Falle von Defekten der Medienversorgung mit Auswirkung auf die Sicherheit der Bepflanzung.

Der AG benennt Personen, die zu vereinbarten Zeiten für einen direkten verbalen Informationsaustausch ansprechbar sind. Diese Personen sind in der Lage, notwendige Entscheidungen zur Aufrechterhaltung der Medienversorgung mit Wirkung auf die Bepflanzung herbeizuführen.

### 8.9.1. STATUSÄNDERUNGEN

Der AG informiert den AN insbesondere über:

- Änderungen in der Medienversorgung
  - Wasserqualität
  - Wasseraufbereitung
  - Wasserverfügbarkeit
- Änderungen der Betriebsbedingungen, die Einfluss auf Wachstum und Entwicklung der Pflanze haben könnten.

### 8.9.2. STATUSBERICHT

Das verantwortliche Pflegepersonal nimmt zu vereinbarten Zeitpunkten mit der/den, vom Auftraggeber benannten Person(en) in der Begrünungsanlage Rücksprache zur aktuellen Situation von Infrastruktur und Bepflanzung.

Ein schriftlicher Statusbericht mit einer Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse aus dem Anlagenbetrieb wird vierteljährlich vorgelegt. Dem Statusbericht sind die Pflegeprotokolle des Berichtszeitraums und die nachvollziehbare Dokumentation der erfassten Daten beigefügt.

Der Statusbericht enthält ggf. Vorschläge zur Anpassung von Umfang und Intensität der Pflegeleistungen.

Der Auftragnehmer bereitet auf der Grundlage der Pflegeprotokolle und der Erkenntnisse der Anlagenbetreuung eine Präsentation zum Entwicklungsverlauf der Bepflanzung vor, die in einem Jahresgespräch Grundlage für die Statusbestimmung und für die Anpassung der Pflegeleistungen ist.

Berlin, 05.11.2015 Dr. Karl-Heinz Strauch

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Karl-Heinz Strauch

Beuth-Hochschule für Technik Berlin  
Fachbereich *Life Sciences and Technology*  
Luxemburger Straße 10  
13353 Berlin

Fon +4930 4504 5080  
Fon +4930 9143 4001  
strauch@beuth-hochschule.de

## **Ökologie der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung für eine Fassadenbegrünung**

von

Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif, Universität Freiburg

### **1. Einleitung**

Die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) ist eine der mitteleuropäischen Hauptbaumarten, sie ist Bestandteil von Natur- und Wirtschaftswäldern und wird häufig auch im Garten- und Landschaftsbau (Parks, Heckenanlagen) verwendet. Die Hainbuche war und ist Objekt einer sehr großen Anzahl biologischer, ökologischer und forstwirtschaftlicher Bearbeitungen. Exemplarisch seien genannt die folgenden Arbeiten:

Biologie und Ökologie: BARTELS (1993), BORATYNSKI (1996, 2006), Kiermeier (2000).

Nutzung und NUTZUNGSGESCHICHTE, Waldbau: RUBNER (1960)

Waldgesellschaften und Standort: RUBNER (1960), ELLENBERG & LEUSCHNER (2010)

Verwendung in der Praxis: Internetquellen wurden zusätzlich herangezogen.

Kultursorten, innerartliche Variabilität: KRÜSSMANN (1960), Internetquellen (s.u.).

Hinzu kommen Informationen aus verschiedenen Internetquellen, insbesondere auch „graue Literatur“ in Form von Internetseiten verschiedener Baumschulen aus Europa und Nordamerika, welche Hainbuchen verkaufen und daher eine Orientierung geben über deren Einschätzung der Bewährung und Eignung der Hainbuche im Garten- und Landschaftsbau.

Die Charakterisierung der Hainbuche stützt sich – falls nicht anders vermerkt – im Wesentlichen auf diese Quellen sowie die eigene Erfahrung des Autors mit dieser Baumart.

**Ziel dieses Gutachtens ist die Charakterisierung der Hainbuche und ihrer Eigenschaften als Art; die Beschreibung ihrer Standortsansprüche, ihrer Standortseignung und insbesondere die Anforderungen für eine erfolgreiche Pflanzung in Gartenbau und Fassadenbegrünung.**

### **2. Biologie, Ökologie der Hainbuche**

Der Name der Hainbuche geht auf das althochdeutsche „haganbuoche“ zurück. Der Wortteil „hag“ kommt von „hegen, einhegen“ (vgl. auch „Hecke“) und deutet die außerordentlich gute Stockausschlagfähigkeit dieser Baumart an. Der Name Hainbuche verweist auf ihr Vorkommen auch in stark aufgelichteten Wäldern. Der Artname „betulus“ verweist auf die Stellung innerhalb der Birkengewächse (Betulaceae).

Damit weisen sowohl der deutsche wie auch der wissenschaftliche Name auf die große vegetative Regenerationsfähigkeit dieser Baumart hin (Stockausschlagfähigkeit, Schnittverträglichkeit) (vgl. auch Anhang I).

Die Hainbuche wird bis zu 25 m hoch und bis zu 180 Jahre alt. Ihre Wüchsigkeit ist eher schwach bis mittelmäßig, das Holz ist sehr hart und zäh. Die Hainbuche hat ein tief reichendes Herzwurzelsystem (Abb. 1), auf nassen Böden Rückzug der Wurzeln in obere Bodenschichten. Von Bedeutung ist die Symbiose mit unspezifischen Ekto-Mykorrhizapilzen (BORATYNSKI 1996).

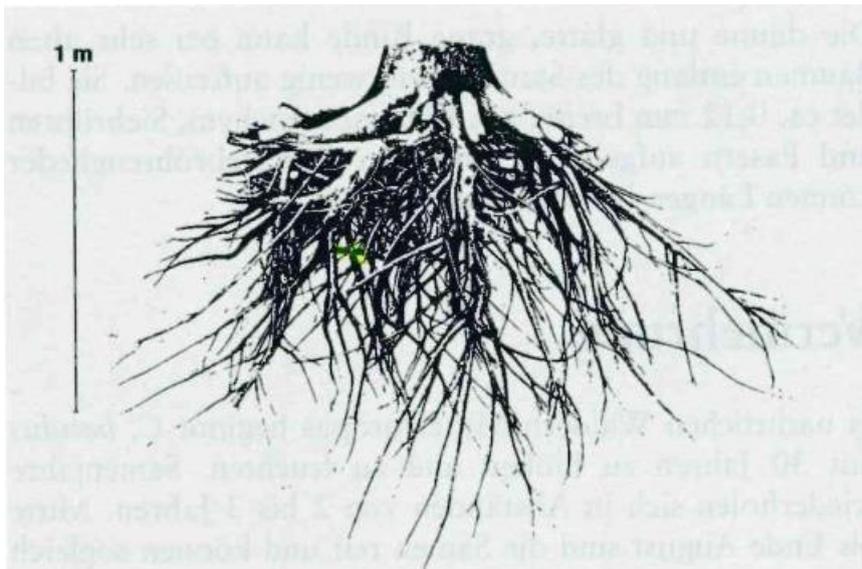


Abb. 1:  
Tief reichendes Herzwurzelsystem der Hainbuche. Quelle: Boratynski (1996) in Köstler et al. (1968).

### 3. Nutzung durch den Menschen, „ecosystem services“

Der lateinische Name „Carpinus“ geht zurück auf das lateinische Wort „carpere“ (rupfen, pflücken): Die Hainbuche war seit der Jungsteinzeit bis in die Neuzeit hinein eine sehr begehrte Art zur Gewinnung von Futterlaub durch Schneitelung.

Über viele Jahrhunderte bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts war die Hainbuche eine der wichtigsten brennholzliefernden Baumarten, ideal im Niederwald sowie als Unterholz im Mittelwald. Beide Waldbausysteme wurden mit geregelter Schlagordnung und etwa 25- bis 30jähriger Umtriebszeit betrieben, gewährleisteten also eine kontinuierliche Bereitstellung von hochwertigem Brennholz: Hartes Holz, hoher Brennwert, auch gut für Holzkohle. Die Stämme wurden armdick geerntet, die Stöcke treiben sehr gut wieder aus (wenn sie nicht wie oftmals heute durch hohe Rehwildbestände zu sehr verbissen werden).

Hainbuchen im Unterholz des Mittelwaldes bieten Schaftschutz (Beschattung) für die Stämme des Oberholzes (meist Eiche), damit ist Erzeugung von astfreiem Bauholz aus Eiche möglich (Fachwerkhäuser mit Eichenbalken). Weiterhin wurden aus dem Holz spezielle Geräte hergestellt (Werkzeugstiele, Zahnräder, Achsen, Speichen, Holzräder, Holzschrauben; Parkett).

Heute gilt die Hainbuche als ideal auch als Zierbaum und Heckengehölz für dichte Hecken mit einer Höhe von einem bis zu vier Metern und sehr dichter Verzweigung (vgl. auch Anhang II). Hainbuche bietet guten Windschutz, sie ist zugleich resistent gegen austrocknende Winde.

Das Laub der Hainbuche bleibt im Winter lange an den Ästen und Trieben, oftmals bis zum Neuaustrieb, die Pflanzen sind daher auch im Winter sichtbar. Die Hainbuche ist eine der schnittverträglichsten mitteleuropäischen Baumarten, was auch von „Praktikern“ bestätigt wird: „Die zuverlässige Frosthärte und Anspruchslosigkeit mit allen Bedingungen machen die Hainbuche zu einem zuverlässigen, dauerhaften dichten Gehölz“ (<http://www.hausmeisterservice-weber.de/hainbuche.html>).

#### **4. Vorkommen, Standorte, Standortsansprüche der Hainbuche**

Die Hainbuche vermag physiologisch ein sehr großes Standortsspektrum zu besiedeln („Fundamentalnische“) (Tabelle 1). Allerdings wird sie auf den Standorten, auf denen die Buche (*Fagus sylvatica*) bestandsbildend wird, von dieser auf den nassen oder trockenen Standortsflügel verdrängt, sie besitzt daher zwei ökologisch unterschiedliche Realnischen (trockene/wechsellrockene sowie wechsellnasse/nasse Standorte).

ANHANG 1:  
 PROF. DR. ALBERT REIF: ÖKOLOGIE DER HAINBUCHEN

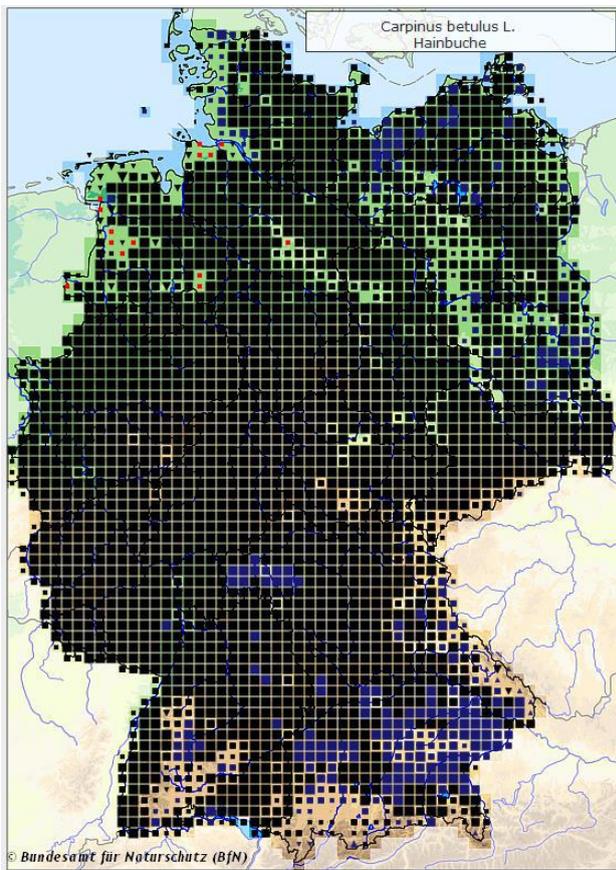


Abb. 2:  
 Verbreitungskarte der Hainbuche in Deutschland. Auffallend ist das Fehlen in den Höhenlagen der Mittelgebirge und der Alpen sowie auf sehr armen Sandböden.  
 Quelle: Bundesamt f. Naturschutz, Bonn.  
<http://www.floraweb.de/> , Zugriff 27.3.2015

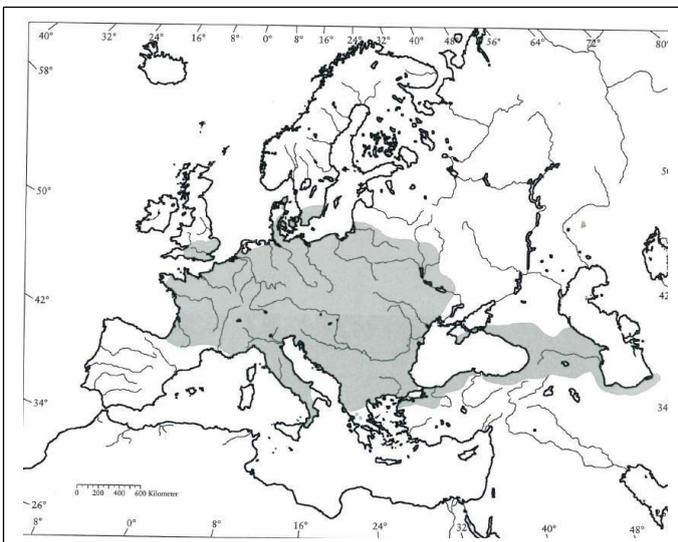


Abb. 3:  
 Verbreitungskarte der Hainbuche. Quelle: BORATYNSKI (1996).

#### 4.1. Ansprüche an das Klima

Die Ansprüche der Hainbuche an das Klima spiegeln sich in ihrer natürlichen Verbreitung wieder (Abb. 2, 3). Das Areal der Hainbuche erstreckt sich von Südwestengland, Mitteleuropa, ins Baltikum, nach Ost- und Südosteuropa bis in die Nordwesttürkei und den Kaukasus.

Der Schwerpunkt des Vorkommens liegt im östlichen Mitteleuropa mit kontinentalerem, also winterkaltem, sommerwarmem, spätfrostgefährdetem Klima. In Polen bildet die Hainbuche jenseits der östlichen Arealgrenze der Buche im *Tilio-Carpinetum* die zonale Vegetation. In den Tieflagen Rumäniens zieht sich die Buche zunehmend auf gut wasserversorgte Standorte zurück. Dort gedeihen großflächig klimazonale Eichen-Hainbuchen-Wälder mit einem Schwerpunkt im Siebenbürgischen Hügelland. Im pannonischen und danubischen Tiefland stoßen auch diese an ihre Trockengrenze und werden dort durch Zerreichen-Balkaneichen-Wälder ersetzt, beispielsweise auf Rückenlagen und Südhängen im Zarand-Gebirge bei Lipova. Dort, an der natürlichen Trockengrenze der Art, führen extreme Trockenjahre zu partieller Wipfeldürre, die Individuen trocknen auf die Dimension von schütter belaubten Sträuchern zurück. In feuchten Jahren danach wird die Krone wieder ausgebaut, um dann nach einigen feuchteren Jahren im darauffolgend nächsten Trockenjahr wieder durch Wipfeldürre zurückgeworfen zu werden.

Das Klima des tendenziell östlich gelegenen Hainbuchenareals kann somit charakterisiert werden als gemäßigtes, sommerwarmes, winterkaltes Klima („subozeanisch bis gemäßigt-kontinental“).

Die Hainbuche ist fast so schattentolerant wie die Rot-Buche, gedeiht aber auch bei vollem Licht.

#### 4.2. Ansprüche an den Boden

Bezüglich der Wasserversorgung kommt die Hainbuche auf einer großen Spanne von Standorten waldbildend vor. Bezüglich der Bodenart bilden bodenkundlich sehr verschiedene Böden, von Ton- über Lehm- bis hin zu sandigen Böden, geeignete Substrate für mehrere auch ökologisch und floristisch sehr verschiedene Typen von Hainbuchenwäldern.

Im feuchten Bereich bildet sie im **Sternmieren-Hainbuchen-Wald (*Stellario-Carpinetum*)** die bestandesbeherrschende Baumschicht. Die Böden sind oft lehmig-tonig (Pelosol, Pseudogley-Braunerde, Pseudogley, Übergang zu Gley) oder Auenböden im Bereich der nur (noch) spodarisch und relativ kurzandauernd überfluteten hohen Hartholzau (Auenbraunerde, Vega).

Auf dem trockenen Flügel der Standorte kann die Hainbuche von der Schwächung bis hin zum Ausfall der Buche (*Fagus sylvatica*) profitieren. In Mitteleuropa bildet sie dort auf flachgründigen Braunerden bis hin zum Übergang zu Rankern bzw. Rendzinen den **Labkraut-Hainbuchenwald (*Galio-Carpinetum*)** oder auf sehr sommerwarm-trockenen Standorten den **Winterlinden-Hainbuchenwald (*Tilio-Carpinetum*;** zB südliche Oberrheinebene).

Bezüglich der Basenversorgung kommt die Hainbuche auf einem breiten Spektrum an Standorten vor, von mäßig sauren bis hin zu kalkhaltigen Böden. Stark saure, basenarme Böden werden allerdings gemieden.

Vor allem auf basenreicheren Substraten ist die Hainbuche mit einer Vielzahl weiterer Gehölz- und Baumarten vergesellschaftet, insbesondere Edellaubholzarten wie Esche, Feldahorn, Ulmen, Linden. Erhöhte Stickstoffeinträge haben sich als nicht nachteilig erwiesen (BORATYNSKI 1996).

Auf eher sauren Böden beigemischt sind Trauben- und/oder Stieleiche. Allerdings verdankt sich der Eichenreichtum vieler „Carpineten“ der früheren starken Förderung der Eichenarten durch den Menschen (Eichelmast; Bau- und Brennholzgewinnung).

**Fazit: Die Hainbuche ist eine sehr stresstolerante Baumart, die auf einer sehr großen Spanne verschiedener Böden (Wasser-, Nährstoffversorgung) und Klimaten wachsen kann.**

**Tabelle 1: Zusammenfassung der Standortsansprüche der Hainbuche**

Faktor	Ansprüche der Hainbuche
Temperaturhaushalt	Sommerwärmeliebend, erträgt kalte Winter, spätfrostresistenter als die Buche (Art des kontinentalen Klimas)
Wasserversorgung	Von nassen bis zu trockenen Böden; Optimum auf frischen bis feuchten, auch episodisch überfluteten, jedoch nicht staunassen Böden
pH-Wert, Nährstoffversorgung	Sehr weites Spektrum von basenarm-sauer bis Kalkboden; Optimum auf basenreichen Böden
Lichtversorgung	Voll besonnt bis schattig
Luftversorgung (im Wurzelbereich)	Erträgt periodische Nässe (wechselläss) bis hin zu mäßiger Trockenheit. Optimum frisch bis feucht

### **5. Kriterien der Eignung der Hainbuche mit besonderer Berücksichtigung der Risiken bei der Fassadenbegrünung**

Die Kriterien der Eignung der Hainbuche in Garten- und Landschaftsbau und in der Forstwirtschaft sind unterschiedlich, abhängig von den Zielsetzungen und der Art der menschlichen Eingriffe (Tab. 2). In der Forstwirtschaft sind die Konkurrenzfähigkeit, die Bodenpfleglichkeit („keine Degradierung des Bodens“), die Risikoanfälligkeit sowie die Wuchs- und Wertleistung inkl. Kosten der Bestandesbehandlung/Pflege/Kultivierbarkeit die zentralen Kriterien zur Prüfung der Baumarteneignung.

Im Garten- und Landschaftsbau werden vor allem Risikoanfälligkeit, Bewirtschaftungs- und Pflegekosten einschließlich der Kultivierbarkeit sowie der Schönheit (Wirkung auf Menschen) als zentral wichtig erachtet (französischer Name Hainbuche: Charme!). Eine gewisse Relevanz bei allen Landnutzungen besitzt das Kriterium der Naturnähe.

**Tab. 2: Kriterien der Baumarteneignung und Erfüllung durch die Hainbuche**

Kriterium	Gartenbau	Forstwirtschaft
Konkurrenzfähigkeit	- (nicht relevant)	Wichtig: Auf „mittleren“ Böden nur der Buche unterlegen
Bodenpfleglichkeit	- (nicht relevant)	Wichtig: Streu leicht abbaubar
Abiotische Risiken	Sehr wichtig: Problem bei Trockenheit, Staunässe	Wichtig: Problem bei Trockenheit, Staunässe
Biotische Risiken	Sehr wichtig: Nur marginale Probleme	Sehr wichtig: Nur marginale Probleme
Wuchsleistung / Wertleistung, Pflegekosten	Sehr wichtig: Mäßig wüchsige Art. Regelmäßige Pflegeschritte unabdingbar	Weniger wichtig: Mäßig wüchsig, geringe Wertleistung
Kultivierbarkeit	Sehr wichtig: Aus Stockausschlägen wie nach Rückschnitt sehr leicht regenerierbar	Sehr wichtig: Aus Stockausschlägen wie aus Samen leicht regenerierbar
Naturnähe	Weniger wichtig	Wichtig: Einheimische Baumart
Schönheit	Sehr wichtig: Formbar durch Schnitt, Laub bleibt lange erhalten (Sichtbarkeit)	Weniger wichtig

Besondere Berücksichtigung verdienen mögliche Risiken, die auch bei Fassadenbegrünungen von Bedeutung werden könnten. Die Toleranz gegenüber abiotischen Schäden lässt sich aus dem vorhandenen Wissen der Vegetationskunde sowie der forstlichen Standortkunde ableiten. Durch die Pflanzung einer „Monokultur“ steigt prinzipiell das Risiko biotischer Schäden. Daher wurde das Wissen um mögliche biotische Schäden kompiliert und ebenfalls eingeschätzt. Auf dieser Grundlage können artspezifisch die Pflanz- und Folgepflegemaßnahmen abgeleitet werden.

### 5.1. Abiotische Risiken

Tab. 3: Abiotische Risikofaktoren und Einschätzung der Auswirkungen auf die Hainbuche

Risikofaktor	Einschätzung der abiotischen Risiken bei Hainbuche und Ursachen
Temperaturhaushalt	Kaum Risiken, große Spanne gemäßigten Klimas wird toleriert. Große Winterkälte wird ertragen. Geringe Spätfrostgefahr, die jedoch nicht zu permanenter Schädigung führt.
Wasserversorgung	Große Spanne wird ertragen. Empfindlichkeit gegenüber Staunässe und längerer Trockenperiode bei
Nährstoffversorgung	Nur auf sehr sauren, armen Böden (pH-Werte unter 4,2, Aluminiumpufferbereich) Nährstoffmangel. Nährstoffarmut wird gut ertragen, nur geringe Düngergaben zur Kompensation entnommener Biomasse erforderlich, ansonsten starkes Wachstum auf reicheren Standorten.
Lichtversorgung	Keine Risiken: Wachstum von Halbschatten bis vollem Licht.
Luftversorgung (im Wurzelbereich)	Kaum Risiken. Hohe Empfindlichkeit bei lang anhaltender Nässe (Staunässe) im Wurzelbereich.
Stabilität, Verankerung	Von Natur aus Tiefwurzler, daher relativ stabil gegenüber Windwurf. Bei Fassadenbegrünung ist darauf zu achten, dass die Proportionalität zwischen unterirdischer Verankerung (im 45 cm tiefen Pflanztrög) und der Wuchshöhe gewahrt bleibt.

**Fazit abiotische Risiken:** Die Hainbuche ist eine gegenüber fast allen abiotischen Stressfaktoren sehr **resistente** Baumart mit hoher Resilienz (= gute Regeneration nach mechanischer Schädigung) (Tab. 3). Im Falle der Verwendung bei Fassadenbegrünung sind die Wasserversorgung sowie die Standfestigkeit bei Sturm besonders zu beachten. Die **Wasserversorgung** ist kontinuierlich zu gewährleisten und muss an die Witterungsbedingungen angepasst sein. Unterstellt man bei einem wüchsigen Waldbestand an heißen Sommertagen eine Verdunstung (Evapotranspiration) von etwa 3 bis 4 Litern / m<sup>2</sup> und Tag (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 2003), in Anlehnung daran für eine etwa 1,50 Meter hohe Hainbuchenpflanzung etwa 2 Liter / m<sup>2</sup> und Tag, so würde dies bedeuten, dass an heißen Sommertagen für jeden Pflanztrög etwa 4 Liter Wasser benötigt werden. Hinsichtlich Jahresbilanzen des Wasserverbrauchs werden für Wälder ein Jahresverbrauch zwischen 300 und 700 Litern pro m<sup>2</sup> berechnet, für Grasland von knapp 400 Litern pro m<sup>2</sup> (ZIMMERMANN et al. 2008). Hinsichtlich der durch Schnitt kleineren Hainbuchen in den Pflanztrögen und der reduzierten Evaporation bei Abdeckung der Oberfläche durch Rindenmulch oder Vlies sollte der Jahresverbrauch durch Evapotranspiration in der Größenordnung von insgesamt etwa 150 Litern pro m<sup>2</sup> liegen.

Schwankungen bei der Wasserversorgung werden teilweise durch die Pufferwirkung des Substrats ausgeglichen. Beispielsweise kann ein schluffig-lehmiges Bodensubstrat (Mächtigkeit: 45 cm) etwa 100 mm (= 100 Liter/m<sup>2</sup>) pflanzenverfügbares Wasser

speichern. Da Staunässe durch die Hainbuche nicht toleriert wird, ist ein Abfluss am Boden der Pflanztröge zur Ableitung überschüssigen Wassers vorzusehen.

Gefährdung durch **Sturmwurf** ist trotz der relativ gering gehaltenen Wuchshöhe der Hainbuche in den Pflanztrögen vor allem an Randbereichen und Traufkanten denkbar. Bereits bei der Anlage der Pflanzung sollten daher keine abrupten Bestandesränder vorgesehen werden, sondern abgestufte Übergänge.

## 5.2. Biotische Risiken

Die Beschreibung der biotischen Risiken beruht insbesondere auf BORATYNSKI (1996). Eine Reihe von Internetseiten („graue Literatur“) wurde konsultiert, um Diskrepanzen zu sichten und eventuell ergänzende Hinweise zu erhalten (<http://www.uni-goettingen.de/de/sch%C3%A4dlinge-und-krankheiten/56545.html>, <http://www.gartenpflanzen-de.de>; <http://hvp.osu.edu/pocketgardener>; [http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees\\_Shrubs/carpinus.htm](http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees_Shrubs/carpinus.htm)). Hieraus ergibt sich folgendes Bild:

Mehr als 200 **Pilzarten** sind an der Hainbuche nachgewiesen (BORATYNSKI 1996), die pathogen sein können oder holzabbauend sind. Holzerstörend sind einige Weißfäulepilze, die das Totholz schnell abbauen. Im Boden wachsende Pilze sind nur für Keimlinge gefährdend. Etwa 70 meist unspezifische **Insekten- und Milbenarten** sind von der Hainbuche bekannt, dies ist eine relativ geringe Zahl im Vergleich mit anderen Baumarten (BORATYNSKI 1996). Nur wenige dieser Arten sind spezifisch für die Hainbuche, sondern haben ihren Schwerpunkt meist auf anderen Gehölzen. Eher als Kuriosität erwähnt sei der auf die Hainbuche spezialisierte Borkenkäfer *Scolytus carpini* (Abb. 4).

Die potenzielle Schadwirkung ist insgesamt gesehen relativ gering. Auch große, von der Hainbuche dominierte Wälder wie etwa die Niederwälder im Elsass (vgl. Abbildungen im Anhang) oder auch Osteuropa weisen kaum biotische Schäden und eine hohe Stabilität auf. Die bekannten biotischen Schäden führen meistens („nur“) zu vorzeitigem Blattfall. Gefährlich sind sie höchstens für Keimlinge und Jungpflanzen. Im Allgemeinen sind keine Maßnahmen zur Bekämpfung notwendig.

Die parasitischen Pilzarten inkl. Mehltauerreger und Rostpilze an **Blättern** haben nur geringe Bedeutung als Schadfaktor. BORATYNSKI (1996) führt hierbei Erreger der Anthraknose-, Blattflecken- und Mehltauerreger an. Rindenbewohnende Pilze können **Stammkrebs** verursachen. Pilzbefall wird ganz allgemein möglich bei überdichter Belaubung und Dichtstand bei zu geringem Rückschnitt. Blattgallenbildende und blattminierende Larven von Insekten treten gelegentlich auf.

Die **Wurzeln** können von Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*), Hallimasch (*Armillaria spec.*) oder Nematoden befallen werden (BORATYNSKI 1996). Bekannt sind weiterhin Symbiosen mit Mykorrhiza-Pilzen (LANG et al. 2011).



Abb. 4: Hainbuchen-Splintkäfer (*Scolytus carpini*).

„Die Käfer werden 3 bis 3,5 Millimeter lang und haben einen dunkelbraun bis schwarz gefärbten, walzenförmigen Körper. Das Halsschild ist groß und vorne verengt, die Basis und die Seiten sind kantig gerandet. Es verdeckt von oben gesehen nicht den Kopf“ (Quelle:  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Hainbuchensplintk%C3%A4fer>, Zugriff März 2015

**Fazit biotische Risiken/Schäden:** Hinsichtlich biotischer Schädlinge werden – im Vergleich zu anderen Baumarten - relativ wenige Schadursachen genannt, die Schadwirkungen sind nur schwach bis moderat. Dies wird auch aus den USA berichtet, also einem Kontinent, auf dem die Hainbuche mit einer ganz anderen Begleitflora und -fauna interagiert (vgl. <http://hvp.osu.edu/pocketgardener/>; [http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees\\_Shrubs](http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees_Shrubs); Zugriff 25.3.2015).

**Fazit insgesamt:** Es ist anzunehmen, dass die Hainbuche auch im Falle der Fassadenbegrünung des Projektes Kö-Bogen II, in welchem ja große Stückzahlen als Ein-Art-Bestand in Monokultur gepflanzt werden, bei artgerechter Standortsgestaltung und adäquater Behandlung keine gravierenden biotischen Schäden erleiden werden. Die Anfälligkeit für Schädigungen steigt bei reduzierter Vitalität, also insbesondere bei Stress durch Staunässe oder lange Trockenheit in den Pflanztrögen.

#### **6. Anforderungen an Pflanzung und Folgepflege im Fall von Kö-Bogen II**

Die Erfüllung der Funktion der Pflanzung erfordert menschliche Eingriffe bei der Neuanlage (Pflanzung) und der Pflege in der Folgezeit (z.B. Pflegeschnitte) (Tab. 4). Diese Maßnahmen sind aus der Praxis (Parkverwaltungen, Botanische Gärten, Gartenbau) hinlänglich bekannt.

Tabelle 4: Ziele, Maßnahmen, mögliche Probleme bei der Zielerreichung sowie empfohlene Maßnahmen bei der Pflanzung der Hainbuche

Mögliches Ziel	Empfohlene Maßnahme	Mögliche Probleme	Ergänzende Empfehlung
Erfolgreiches Anwachsen	Pflanzung im Winterhalbjahr, Verwendung von Ballenpflanzen	In der Regel keine, Frostrocknis oder Trocknis bei unzeitiger Pflanzung und extremer Witterung möglich	Ergänzungspflanzung nach der ersten Vegetationsperiode (Ersatz von Ausfällen)
Schnelle Entwicklung und Dichtschluss	Pflanzung im dichten Pflanzverband mit größeren Pflanzen (z.B. Heister, 2x verschult = ca 80-100 cm groß)	Überdichte Begründung, starke Konkurrenz	Maximal zwei Pflanzen pro Meter Pflanztroge, um spätere Überdichte zu vermeiden.
Konkurrenz durch andere Pflanzenarten	Verlegen von Vlies oder Abdeckung des Bodens mit Rindenmulch	Keine	-
Hohe Vitalität	Maßvolle Düngung mit NPK-Volldünger (z.B. „Blaukom“), adäquate Bewässerung	Mit Nährstoffen überversorgte Pflanzen werden besonders gerne von herbivoren Schädlingen befallen	Schwache Düngung im Frühjahr, die nur den Nährstoffentzug durch den Rückschnitt ausgleicht
		Zu starkes Wachstum von mit Nährstoffen überversorgten Pflanzen	Schwache Düngung im Frühjahr, stärkerer Rückschnitt nach dem Austrieb im Mai
Adäquate Morphologie in der ausgewachsenen Pflanzung	Regelmäßiger seitlicher Schnitt mit leicht trapezförmiger, nach oben sich verjüngender Form	keine	Starker Rückschnitt („Verjüngungsschnitt“) alternierender Pflanztroge-Zeilen im Turnus von jeweils mehreren Jahren (etwa alle 10 Jahre)

Im Falle der **Bepflanzung von Kö-Bogen II** soll als vorgegebenes **Ziel** bereits bei Fertigstellung der Bepflanzung das Bild der geschlossenen Hecke mit der gewünschten Geometrie (1,2 m Höhe und 0,4 m Tiefe) erreicht sein.

Hierzu wird an **Maßnahmen** eine Pflanzung von vorgezogenen Heckenelementen erfolgen, die im Produktionsbetrieb mit der entsprechenden Dimensionierung (125/150, dreimal verpflanzt) geliefert werden. Dabei soll die Etablierung im Gefäß in 2 Vegetationsperioden erfolgen und die Ausbildung eines homogenen Heckenelements abgeschlossen werden. Dies geschieht im bereits fertigen Ausbringungssubstrat, das dann in der Begrünungsanlage zum Einsatz kommen wird.

Bereits für die Anzucht der Heckenelemente werden Produktionsgefäße hergestellt, die später auch als Transportgefäße verwendet und in die Tröge der Fassadenkonstruktion

eingebaut/eingefügt werden. Damit wird die Entwicklung des Wurzelsystems im später verfügbaren Wurzelraum erreicht, bevor die Pflanzen an den Verwendungsort gelangen. Dies bedeutet, dass die Pflanzen mit einem größeren Wurzelsystem am Verwendungsort eingesetzt werden, als dies bei z.B. bei Ballenware der Fall wäre; das Wurzelsystem ist bereits in dem verfügbaren Wurzelraum und im Pflanzsubstrat etabliert. Wichtig ist auch, dass auf diese Weise ein Körnungsbruch zwischen Wurzelballen und Pflanzsubstrat vermieden wird, der in der Entwicklungsphase nach der Pflanzung besonders hohe Anforderungen an die sichere Wasserversorgung stellen würde.

Jeweils vier Heckenelemente werden jeweils in einen vier Meter langen Pflanztrög der Fassadenkonstruktion eingebaut. Dies sichert die der Größe angemessene Verankerung. In den Pflanztrögen wird die Be- und Entwässerung artangemessen gesichert. Der letzte Schnitt erfolgt nach der Pflanzung auf der Baustelle. Dabei dient der Überstand in horizontaler Längsachse (von 1,1 m) dazu, Lücken zwischen den Heckenelementen zu vermeiden.

Mit diesen Maßnahmen lässt sich sofort nach Fertigstellung das Bild der geschlossenen Hecke erreichen. Die Hainbuche als schnittverträgliche Baumart eignet sich sehr gut, dieses Bild auch dauerhaft zu erhalten. Hingewiesen sei auf das **Risiko** von Ausfällen nach der Pflanzung, da es sich bei dem angezogenen Pflanzmaterial um „baumschulüblich verwöhnte“ Individuen handeln wird, die durch gute Versorgung mit Wasser und Nährstoffen ihre Pflanzgröße erreichen. Dieses Ausgangsmaterial muss sich danach insbesondere an eine niedrigere Versorgung mit Nährstoffen sowie Witterungsextreme anpassen und wird Nachbesserungen im Folgejahr erfordern.

Hingewiesen sei weiterhin auf das zu erwartende Problem der sich entwickelnden **Begleitflora** („Verunkrautung“) sowie auch der sich einstellenden **Begleitfauna** in den Pflanztrögen.

Als **Begleitflora** in den Pflanztrögen sind weit verbreitete, an Störungen und Nährstoffreichtum angepasste Arten zu erwarten. Die Samen werden durch Wind und Tiere eingetragen. Als Beispiele seien genannt Weidenröschen (z.B. *Epilobium adenocaulon*), Brennessel (*Urtica dioica*), Rispengras (*Poa trivialis*), Quecke (*Elymus repens*) und selbst Gehölze wie Holunder (*Sambucus nigra*), Brombeeren (*Rubus fruticosus*), Ahorn (*Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides*) oder Waldrebe (*Clematis vitalba*). Einmal etabliert sind einige dieser Arten nur mehr schwer zu kontrollieren. Hier sind als prophylaktische Maßnahmen von Anfang an das Ausbringen von Rindenmulch oder das Abdecken der Tröge durch ein Vlies sinnvoll (vgl. Tab. 4).

Eine Begleitflora (wie Fauna) wird sich nicht nur in den Pflanztrögen einfinden. Das aus den Pflanztrögen ablaufende Drainagewasser wird sich mit der Zeit ebenfalls über Zwischenstadien der Sukzession (Algen-, Moosbewuchs; Ansiedlung von Gefäßpflanzen) zu einem „Mikrohabitat“ entwickeln. Auch hierbei ist zu berücksichtigen, dass durch übermäßige Düngung induzierter Nährstoffreichtum des Drainagewassers mittelfristig (= nach mehreren Jahren) eine üppige Begleitflora erwarten lässt. Das Wurzelwachstum der Pflanzen und insbesondere Gehölze wird sich nach dem Wasser- und Nährstoffangebot richten. Das bedeutet, dass in Röhren oder Schläuchen abgeführtes Drainagewasser durch das Einwachsen von (Gehölz-)Wurzeln im Laufe der Jahre

verstopft werden können. Dies ist bereits bei der Anlage wie der Wartung der begrünten Fassade zu berücksichtigen.

Bei der **Begleitfauna** ist beispielsweise an brütende Vogelarten zu denken. Eine Vielzahl weiterer Tiertaxa ist im Laufe der Zeit als Bewohner zu erwarten, beispielsweise Ameisen, Amphibien (Kröten), Reptilien (Eidechsen), Kleinsäuger (Mäuse).

Bei der **Begleitfauna** ist beispielsweise an brütende Vogelarten zu denken. Eine Vielzahl weiterer Tiertaxa ist im Laufe der Zeit als Bewohner zu erwarten, beispielsweise Ameisen, Amphibien (Kröten), Reptilien (Eidechsen), Kleinsäuger (Mäuse).

## 7. Schlußfolgerung

Die Hainbuche als sehr stresstolerante Baumart eignet sich für eine große Spanne von Standorten, damit auch Substraten. Sie kann in Pflanztrögen mit einer Dimensionierung von 0,45 x 0,45 x 4 m dauerhaft gehalten werden. Aufgrund des Wachstums sind nach der Anwuchsperiode **regelmäßige Rückschnitte** notwendig, um (1) den jährlichen Zuwachs zu entfernen und die Dimensionierung der Hecken im Gleichgewicht zu halten, (2) die äußere Form der Pflanzung für die Öffentlichkeit ansprechend zu gestalten, (3) um Angriffsflächen für Stürme zu vermeiden. Da in den ersten beiden Jahren Ausfälle zu erwarten sind, ist eine **Ergänzungspflanzung** einzuplanen. Analog der Pflege in Garten- und Parkanlagen ist mindestens einmal jährlich ein Formschnitt erforderlich.

Die **Lichtversorgung** ist für die schattentolerante Art unproblematisch, sie kann auch auf der Nordseite gut gedeihen.

Aufgrund des regelmäßig notwendigen Rückschnittes bedarf es einer regelmäßigen **Nährstoffzugabe**, die den damit verbundenen Entzug kompensiert. Diese sollte eher gering sein, um die Wüchsigkeit der Hainbuche zu reduzieren sowie die zu erwartende Begleitflora nicht zu fördern.

Aufgrund des reduzierten Wurzelraumes im Pflanztrög muss die **Wasserversorgung** kontinuierlich gewährleistet werden, auch wenn die Hainbuche Trockenperioden relativ gut überstehen kann. In Abhängigkeit von der Größe des Pflanzmaterials, der Anzahl der Hainbuchenpflanzen je Pflanztrög sowie der Witterung müssen jeweils unterschiedliche Wassermengen zugeführt werden, um längere Austrocknungsperioden zu vermeiden. Da Staunässe durch die Hainbuche nicht toleriert wird, ist ein Abfluss am Boden der Pflanztröge zur Ableitung überschüssigen Wassers vorzusehen.

**Risiken biotischer Art**, die direkt die Vitalität der Hainbuchen ernsthaft gefährden, sind bei artgerechter Pflege nicht zu erwarten. Berücksichtigt werden sollte von Anfang an die Kontrolle der sich einstellenden Begleitflora in den Pflanztrögen und entlang des Wasserablaufs auch in den Drainagesystemen (mögliches Einwachsen der Wurzeln von Gehölzen).

**Fazit: Die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) ist eine relativ resiliente Baumart, die den jährlichen Formschnitt sehr gut verträgt. Schäden durch Trockenheit (Wipfeldürre) können besser als bei der Buche und vielen anderen Laubbaumarten wieder ausgeglichen werden. Bezüglich der Nährstoffversorgung toleriert sie arme bis reiche Böden. In den Pflanztrögen sollten (und müssen) allerdings eher niedrigere Nährstoffgaben verabreicht werden, um zu starkes Wachstum sowohl der Hainbuche wie der sich einstellenden Begleitflora sowie die Anfälligkeit gegen herbivore „Schädlinge“ zu vermeiden. Die Hainbuche ist von ihren biologischen Eigenschaften her für Fassadenbegrünung sehr gut geeignet, sofern die Standortbedingungen dauerhaft artgerecht gewährleistet sind und die artspezifische Pflege regelmäßig durchgeführt wird.**

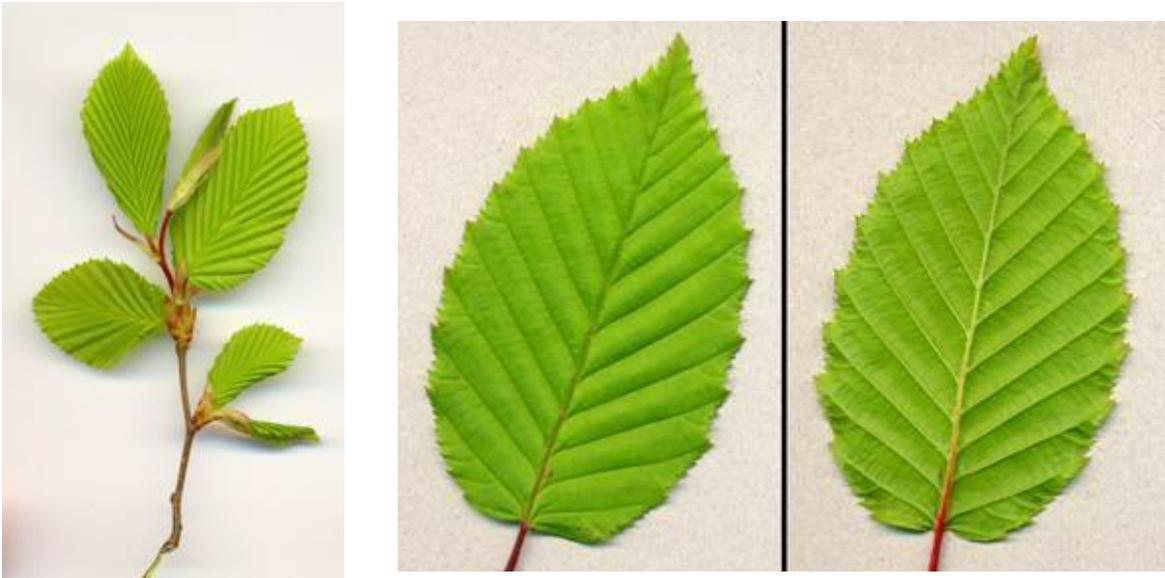
### Literatur

- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (HRSG) (2003): Forstliche Standortaufnahme. 6. Aufl., 352 S., IHW-Verlag, Eching.
- BARTELS, H. (1993): Gehölzkunde: Einführung in die Dendrologie. Ulmer, Stuttgart. ISBN 3-8252-1720-5.
- BORATYNSKI, A. (1996): *Carpinus betulus* Linne 1753. - In SCHÜTT, P., SCHUCK, LANG, ROLOFF, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie 3. 5. Erg.-Lieferung 8/96: 1-12.
- BORATYŃSKI, A. (2006): *Carpinus betulus*. S. 165–176 in: SCHÜTT, P., SCHUCK, LANG, ROLOFF, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Laubbäume. Nikol, Hamburg. ISBN 978-3-937872-39-1 11
- ELLENBERG, H., LEUSCHNER, CH. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Aufl., 1333 S., Ulmer, Stuttgart.
- KRÜSSMANN, G. (1969): Handbuch der Laubgehölze in zwei Bänden. Band I. 495 S., Parey, Berlin und Hamburg.
- KIERMEIER, P. (2000): Handbuch Wildgehölze. Verlag Grün ist Leben, Pinneberg.. ISBN 3-934480-09-8
- RUBNER, H. (1960): Die Hainbuche in Mittel- und Westeuropa. Untersuchungen über ihre ursprünglichen Standorte und ihre Förderung durch die Mittelwaldwirtschaft. Forschungen zur deutschen Landeskunde 121: 72 S. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg.
- LANG, C., SEVEN, J., POLLE, A. (2011): Host preferences and differential contributions of deciduous tree species shape mycorrhizal species richness in a mixed Central European forest – Mycorrhiza 21 (4): 297-308.
- ZIMMERMANN, L., RASPE, S., SCHULZ, CH., GRIMMEISEN, W. (2008): Wasserverbrauch von Wäldern. Bäume und Bestände verdunsten unterschiedlich stark. - LWF aktuell 66/2008: 16-20.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif,  
Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen,  
Professur für Standorts- und Vegetationskunde,  
Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg.  
Tel.: 0761-203-3683.  
E-Mail: [albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de](mailto:albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de)

**Anhang I: Die Hainbuche und Vorkommen im Nieder- und Mittelwald**



**Abb. 5: Jungtrieb und Blätter der Hainbuche (*Carpinus betulus*). Quelle: [http://www.dreisamtal-online.eu/pflanzen/baeume/hainbuche/artikel\\_index.html?leer.html&artikel.html&leer.html](http://www.dreisamtal-online.eu/pflanzen/baeume/hainbuche/artikel_index.html?leer.html&artikel.html&leer.html)**



**Abb. 6: Blüten- und Fruchtstand der Hainbuche aus Thomé, O.W. (1885): Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz.**

Quelle: [www.BioLib.de](http://www.BioLib.de)



Abb. 7: Kopfgeschneitelte Hainbuche, ein Relikt der früheren Futterlaubnutzung. Sonnhalde/Münstertal, Südschwarzwald, 700 m NN. 14.1.2012



Abb. 8: Kopfgeschneitelter Hainbuchenhain. In Trockensommern bieten die abgeschnittenen Äste hochwertiges Futter für Weidetiere. – Bartın/Nord-Türkei, 20 m NN, 20.3.2012.



Abb. 9: Überalterte Stockauschläge eines Niederwaldes. Kastenwald/Elsass, 7.4.2006.



Abb. 10: Etwa 20jähriger Hainbuchenbestand (links), Schlagstellung eines oberholzarmen Mittelwaldes (rechts). Auf der Kahlschlagfläche verblieben einige "Laßreidel" (rechts), der Hauptbestand wurde zu Brennholz und Hackschnitzel verarbeitet. - Kastenwald/Elsass, 8.5.2014.



Abb. 11: Etwa 20jähriger Hainbuchenbestand (links), Schlagstellung eines oberholzarmen Mittelwaldes (rechts). Auf der Kahlschlagfläche verblieben einige „Laßreidel“ (rechts), der Hauptbestand wurde zu Brennholz und Hackschnitzel verarbeitet. - Kastenwald/Elsass, 26.4.2005.



Abb. 12: Etwa 15jähriger Hainbuchenbestand bildet das „Unterholz“, hervorgegangen aus Stöcken, die bereits mehrere Umtriebe hinter sich haben. Überragt wird das Unterholz von (Stiel-)Eichen, hervorgegangen als vereinzelter „Laßreitel“ eines mehrstämmigen Stockausschlags. Der Bestand liefert bis heute Brennholz, früher auch Bauholz und Eichenmast. - Kastenwald/Elsass, 26.4.2005.

## Anhang II: Innerartliche Variabilität und Zuchtsorten der Hainbuche

Bezüglich der in der Natur vorkommenden innerartlichen Variabilität gibt es nur wenige Untersuchungen. In Tharandt ergab ein 1926 begründeter Herkunftsversuch mit Herkünften aus Ostpreußen, Sachsen und Bayern ein etwas größeres Höhenwachstum der nordöstlichen Provenienzen BORATYNSKI 1996).

Von der Hainbuche wurden mehrere Garten- und Kulturformen beschrieben. Heute sind Kultursorten in verschiedenen Formen auf dem Markt. Angeboten werden die Art und ihre Sorten neben Europa vor allem in Nordamerika.

### Kultursorte „Fastigiata“

Besondere Bedeutung besitzt die Kultursorte „Fastigiata“. Ihr Wuchs ist kegelförmig, sie ist raschwüchsig, stets mit langem Gipfeltrieb, baumartig (KRÜSSMANN 1960). Aufrecht-ovale Krone in der Jugend, später stärker ausladend. Häufigste Kultursorte im Handel, bekannt seit 1883. Auch in den USA im Handel und dort so beschrieben: „*Carpinus betulus* 'Fastigiata' - the most common form available, being somewhat smaller than the species (to 30' tall by 20' wide, but still relatively large in its own right, appearing very "full" due to its dense branching) but distinctly spreading with age (it is teardrop in shape, not fastigate, although there is probably more than one form of 'Fastigiata' in the nursery trade); a liability is that the central co-dominant branches may eventually decline and die, possibly due to being self-girdled by the many closely-packed competitive side branches that emerge from virtually the same point (reminiscent of *Pyrus calleryana* 'Bradford'), eventually leading to central wood decay and pest/pathogen invasion“

([http://hvp.osu.edu/pocketgardener/source/description/ca\\_tulus.htm](http://hvp.osu.edu/pocketgardener/source/description/ca_tulus.htm)).

Abb. 13: Pyramidal European Hornbeam in einem Baumschulkatalog aus den USA: “Dense columnar tree when young becoming pyramidal with age. Yellow fall color. Catkins flowers. Makes a good street tree. Little pruning is required.” (Quelle: [http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees\\_Shrubs/carpinus.htm](http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees_Shrubs/carpinus.htm)), Zugriff März 2015.



Abb. 13: Pyramidal European Hornbeam in einem Baumschulkatalog aus den USA: “Dense columnar tree when young becoming pyramidal with age. Yellow fall color. Catkins flowers. Makes a good street tree. Little pruning is required.” (Quelle: [http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees\\_Shrubs/carpinus.htm](http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees_Shrubs/carpinus.htm)), Zugriff März 2015.

### Kultursorte “Fran Fontaine”



Abb. 14: Kultursorte “Fran Fontaine”: Ähnelt “Fastigiata”, bleibt auch nach mehreren Jahren säulenförmig.

<http://www.greatplantpicks.org/plantlists/view/296>

### Kultursorte „Columnaris“

Die Kultursorte „Columnaris“ ist im Wuchs zuerst schmal, säulenförmig. Später wird die Krone fast eiförmig, sehr dicht bezweigt. Langsamwüchsig (Krüssmann 1960). Seit 1891 im Handel. Wird auch in den USA vertrieben: „*Carpinus betulus* 'Columnaris' - a distinctly upright columnar to narrow teardrop growth habit through maturity, densely foliated, a much thinner version of the species (to 25' tall by 10' wide, but often seen at half to two-thirds of that size), noted for its dark green Summer foliage that clusters at the branch tips, and especially noted for its formal aristocratic appearance, with small branches continuously emerging along the length of the strong central leader that is limbed up 3' to 5' during nursery growth and therefore does not branch and foliage to the ground; a great architectural small- to medium-sized tree for complementing either tall buildings or buildings with strong vertical lines” ([http://hvp.osu.edu/pocketgardener/source/description/ca\\_tulus.htm](http://hvp.osu.edu/pocketgardener/source/description/ca_tulus.htm)).

### Kultursorte „Lucas“



Abb. 15: Carpinus betulus 'Lucas': „A better cultivar than the common Pyramidal Hornbeam with dark green summer foliage and reddish new growth. The narrow, slender habit with a columnar shape, allows it to be shaped into hedges, arches or topiary. Foliage turns yellow-orange in fall. Tolerates drought and urban conditions“

([http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees\\_Shubs/carpinus.htm](http://www.daytonnursery.com/encyclopedia/Trees_Shubs/carpinus.htm); Photo copyright Dayton Nurseries, 2013, USA).

„Der große Vorteil ist, dass die Carpinus betulus 'Lucas' seine Blätter im Winter behält“ (<http://www.baume-online.de/Assortiment/Details.asp?Soort=Carpinus%20betulus%20%27Lucas%27&PlantNr=909963>)

### Kultursorte „Quercifolia“ (Eichenblättrige Hainbuche)

Bei der Kultursorte „Quercifolia“ sind die Blätter eichenblattähnlich lappig gesägt, die Lappen gerundet (KRÜSSMANN 1960).



Abb. 16: Eichenblättrige Hainbuche (Carpinus betulus 'Quercifolia')

([http://www.baumkunde.de/Carpinus\\_betulus\\_Quercifolia/](http://www.baumkunde.de/Carpinus_betulus_Quercifolia/)): „Insgesamt sehr klein und schmal, Mittelrippe nicht immer gerade, Blätter unregelmäßig tief gelappt oder gebuchtet, Blattlappen meist breit (eichenartig) abgerundet, gelegentlich aber auch spitz auslaufend. Blätter in Form und Größe sehr variabel, einzelne Zweige mit normalen Blättern.“

Weniger bedeutsam erscheinen die **folgenden Kultursorten** (Beschreibung nach KRÜSSMANN 1960):

„Albo-variegata“ (mit gefleckten Blättern);

„Cucullata“ (Wuchs breit säulenförmig; Blätter blasig aufgetrieben);

„Horizontalis“ (Wuchs rundkronig, Zweige fast waagrecht abstehend. Um 1900 in den Handel gebracht;

„Incisa“ (Blätter schmal, tief gelappt, Lappen spitz, u.U. auch ganzrandig. Bereits vor 1789 bekannt);

„Marmorata“ (Blätter weiß marmoriert, = „Albomarginata“; bereits vor 1867 bekannt);

„Pendula“ (Wuchs sehr schwach, halbkugelig; Zweige zuerst waagrecht, dann abwärts wachsend);

„Punctata“ (Blätter weiß bestäubt und punktiert);

„Purpurea“ (Junge Blätter mehr oder weniger rötlich-grün, später grün);

„Variegata“ (Blätter gelb gefleckt, unregelmäßig, in Gärten, dort auch als „Aureo-variegata“ bekannt).