



EXECUTIVE SUMMARY

GRÜNEzukunftSCHULEN
Grüne Schuloasen im Neubau. Fokus Planungsprozess und Bestandsgebäude



IMPRESSUM

GRÜNEzukunftSCHULEN

Executive Summary

<http://www.gruenezukunftschulen.at/>

<https://smartcities.at/projects/gruenezukunftschulen/>

Autorinnen und Autoren:



Technische Universität
Institut für Werkstofftechnologie,
Bauphysik und Bauökologie,
Forschungsbereich Ökologische
Bautechnologien

Azra Korjenic, David Tudiwer,
Jutta Hollands, Henriette
Fischer, Michael Mitterböck,
Tamara Gonaus, Tarja Salonen,
Alexander Blaha



Universität für Bodenkultur Wien,
Institut für Ingenieurbiologie und
Landschaftsbau

Ulrike Pitha, Oliver Weiss,
Günther Frühwirt



Büro für nachhaltige Kompetenz, B-
NK GmbH

Bente Knoll, Birgit Hofleitner,
Agnes Renkin



Dipl.-Ing. Ralf Dopheide e. U.

Ralf Dopheide, Tatjana Fischer,
Barbara Kainz

Fotonachweis/Zeichnungen:

Wenn nicht anders angegeben: Projektkonsortium GRÜNEzukunftSCHULEN

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart Cities Demo“ durchgeführt.



Dieses Werk steht unter der Creative-Commons-Lizenz – Namensnennung, nicht kommerziell, Weitergabe unter gleichen Bedingungen.

Wien, März 2020

Inhalt

Impressum.....	2
1. Einleitung & Kurzbeschreibung	4
2. Begrünungen sind keine Kunstwerke – Zur Integration der Begrünungen in den Schulalltag	4
2.1. Punkte, die vor der Installation einer Begrünung zu beachten sind	5
2.2. Anregungen und Tipps für eine erfolgreiche Implementierung in die Schulkultur:	5
3. Technische Möglichkeiten	7
3.1. Fassadenbegrünung	7
3.2. Pergola.....	7
3.3. Innenraumbegrünung	8
4. Wirkung	11
4.1. GREENPASS-Methode.....	14
5. Gut zu wissen.....	15
5.1. Installation.....	15
5.2. Wartung.....	15

1. Einleitung & Kurzbeschreibung

Die zunehmende Urbanisierung und Nachverdichtungen im innerstädtischen Raum gehen mit einem Verlust von Grünflächen einher. Neben dem Klimawandel und dem steigenden Urban Heat Island-Effekt erfordern diese Veränderungen neue Wege und Lösungsansätze zur Steigerung der Lebensqualität und des Wohnkomforts in städtischen Strukturen. Abgesehen von den zumeist eingeschränkten Aktionsräumen von Kindern und Jugendlichen im direkten Wohnumfeld verbringen viele Schüler/innen zunehmend mehr Zeit in der Schule. Insbesondere in Schulen als Orte des Lernens für Kinder und Jugendliche, die sich noch in der Entwicklung befinden, sind eine gute Raumluftqualität und eine qualitätsvolle Lern- und Lehrumgebung wichtig. Grüne Infrastruktur kann einen wichtigen Beitrag hierzu leisten.

Daher wurden im Projekt „GRÜNEzukunftSCHULEN“ an zwei Wiener Schulen, dem BG, BRG Wien 15, Diefenbachgasse 19 im 15. Wiener Gemeindebezirk und dem BRG Wien 16, Schuhmeierplatz 7 im 16. Wiener Gemeindebezirk, im Innenraum, an den Außenfassaden sowie im Außenraum verschiedene Begrünungssysteme angebracht.

Ziel des Projektes war es die unterschiedlichen Begrünungssysteme in verschiedenen baulichen Gegebenheiten zu testen, die gemessenen Ergebnisse miteinander zu vergleichen, die positiven Auswirkungen von Pflanzen auf die in der Schule tätigen Personen zu erforschen und die grünen Wände nachhaltig in die Schulkultur zu integrieren. Dazu wurden Messungen durchgeführt, um die Auswirkungen der Begrünungen auf das hygrothermische Raumklima, die Schimmelsporenkonzentration, die Raumakustik, die CO₂-, die Staubkonzentration sowie die thermische Dämmung zu erfassen und zwischen Neubaugebäuden, ohne bzw. mit Lüftungsanlage und Altbaugebäude zu vergleichen. Somit knüpft das Projekt direkt an die Projektergebnisse aus dem Projekt [GrünPlusSchule](#) an. Außerdem erfolgten Berechnungen zu den Auswirkungen der Begrünungssysteme auf das Mikroklima im Außenraum. In diesem Zusammenhang wurden Laboruntersuchungen durchgeführt, anhand derer die Evapotranspiration, die Kühlung durch Verdunstung ausgewählter Pflanzen unter bestimmten Bedingungen erhoben wurde. Zur Erhebung der sozialwissenschaftlichen Auswirkungen der Begrünung in den Schulklassen und Schulfreiräumen wurden Workshops und Interviews durchgeführt. Darüber hinaus hielt das Projektteam viele Unterrichtseinheiten ab und erstellte daran anknüpfend praxisorientierte Unterrichtsunterlagen für Lehrer/innen. Regelmäßig erfolgte die Teilnahme an Planungssitzungen zum Erweiterungsbau einer Schule, um die notwendigen Planungsschritte für Begrünung zu diskutieren und bereits in frühen Planungsphase zu integrieren.

Aufbauend auf diesem Projekt GRÜNEzukunftSCHULEN startete im März 2020 das Projekt MehrGrüneSchulen, das auf den Erkenntnissen der Projekte **GrünPlusSchule** und **GRÜNEzukunftSCHULEN** anknüpft und sich mit der Entwicklung von Finanzierungsmodellen als Grundlage für Ausrollen von grüner Infrastruktur in und an Schulen beschäftigt.

2. Begrünungen sind keine Kunstwerke – Zur Integration der Begrünungen in den Schulalltag

Bevor eine Begrünung in Schulen angedacht werden kann, sind einige Punkte im Kollegium zu klären und eine verschränkte Zusammenarbeit zu organisieren. Pflanzen sind lebende Materialien und benötigen neben Licht, Nährstoffe und Wasser auch Pflege. In der Hinsicht auf die Pflege ist es gleich, ob kostenintensive technische Systeme angebracht werden oder selbstgebaute Begrünungen (wie z. B. begrünte Pergolen). Die notwendigen Pflege- und Wartungsschritte brauchen unterschiedlich viel

Zeit und Aufwand, der allerdings von Beginn an des Planungsprozesses mitberücksichtigt werden muss, denn grüne Wände sind keinesfalls mit Kunstwerken an der Wand zu vergleichen!

Zusammenfassend gesprochen gilt, dass nur Schulen mit technischen Begrünungssystemen ausgestattet werden sollen, die sich dies 1) wünschen 2) engagierte, grünaffine und interessierte Direktionen und Lehrpersonen an der Schule haben 3) sich der Grünpflege und technischen Wartung sowie 4) sich der Implementierung in die Schulkultur und den Schulalltag bewusst sind.

Folgend sind die wichtigsten Punkte, die von Beginn an zu beachten und zu bedenken sind aufgelistet. Die Aufzählung gibt einen Einblick welche Schritte gesetzt werden können, um eine gute Integration in den Schulalltag und somit eine optimale Aufteilung und Organisation der Pflege und Wartung zu erarbeiten.

2.1. Punkte, die vor der Installation einer Begrünung zu beachten sind

- Abklären von **Interesse im Schulteam**: Ohne der Mithilfe mehrerer Kolleginnen und Kollegen, die die grüne Wand per Sicht kontrollieren, verwelkte Blätter zupfen und gegebenenfalls Pflanzen nachziehen und setzen, können die vertikalen Begrünungen nicht lange in der Schule existieren. Es handelt sich um lebende Pflanzen, die mit Wasser und Nährstoffen versorgt und gepflegt werden müssen.
- Gründen einer **Arbeitsgruppe mit interessierten Lehrpersonen**, mit denen gemeinsam die Planung sowie ein erstes Konzept für die Pflege und Implementierung in die Schulkultur erarbeitet werden kann.
- **Ausarbeitung der Grünpflege und Wartung** mit der Arbeitsgruppe im Detail. Berücksichtigung der Ferienzeiten und das laufende Anwerben neuer Kolleginnen und Kollegen, um das Fortbestehen der Arbeitsgruppe und das Aufteilen zu garantieren. Einbinden der Schulwartinnen und -warte. Die Handbücher (verfügbar unter <https://smartcities.at/projects/gruenezukunftschulen/>) enthalten Pflegekonzepte sowie die einzelnen Grünpflegeschritte der beiden Pilotschulen. (Anregung: Es könnte auch ein Ausgleichsystem überlegt werden, dass Lehrpersonen, die sich um die Grünpflege der Wände kümmern ein Gutstundenrepertoire ansammeln und dieses für Gangaufsichten und ähnliches einlösen können.)
- Die errichtete grüne Wand ist **nicht nur Dekoration**. Deswegen macht es Sinn die Begrünungen in verschiedenen Fächer für praktische Übungen einzubinden. Bereitstellen von Unterrichtsmaterialien für die Lehrpersonen (siehe <https://smartcities.at/projects/gruenezukunftschulen/>), um erste Ideen und Anknüpfungspunkte für die Integration der grünen Wände zu schaffen.
- **Regelmäßiges Treffen der Arbeitsgruppe** und Austausch über die Pflege. Vorziehen von Pflanzenstecklingen im Biologieunterricht zum Nachsetzen bei kleinen Ausfällen. Übertragen der Sichtkontrollen und Grünpflegetätigkeiten an die Schülerinnen und Schüler in den jeweiligen Unterrichtsstunden

2.2. Anregungen und Tipps für eine erfolgreiche Implementierung in die Schulkultur:

- **Verantwortung - top-down**: Das Engagement sowie die Motivation müssen primäre von der Direktorin bzw. dem Direktor ausgehen. So ist es für die Direktorinnen und Direktoren denkbar besonders in der Vorbereitungszeit vor der Begrünung und zu Beginn der Begrünung die

Lehrkräfte für die Arbeitsgruppen freizustellen und für die Sommermonate innovative Modelle der Zeitabgeltung (Ausgleichssystem – für Grünpflege wird ein Gutstundenrepertoire angesammelt, das für Gangaufsichten und ähnliches eingelöst werden kann) anzudenken. Ohne die Unterstützung der Direktion ist es für Lehrkräfte schwer entsprechende Formate wie Arbeitsgruppen und zeitliche Ressourcen für Abstimmungen zu finden. Mit diesen Maßnahmen werden neue Strukturen und Modelle geschaffen, die der Grundstein für die nachhaltige Verankerung der Pflege und Wartung in die Schulkultur sind. Nachdem alle Schulen unterschiedliche Arbeitsweisen und Abläufe haben, ist es wichtig die Pflege und Wartung maßgeschneidert den Bedürfnissen der Schule anzupassen.

- Arbeitsgruppen und Zuständigkeiten:** Aufbauend auf der Schaffung von neuen Strukturen, Modellen und Möglichkeiten gilt es die Verantwortung für die Begrünungen von der Direktorin bzw. dem Direktor an Lehrkräfte zu übertragen. Hilfreich ist es eine Gruppe zu formieren, die sich aus Interesse zusammenfindet oder einer themenverwandten bereits bestehenden Lehrkräfte-Gruppe zu übertragen. In allen Fällen ist es wichtig, dass mehrere Personen für die Grünpflege und technische Wartung sowie für die Sichtkontrolle zuständig sind und auch neue interessierte Kolleginnen und Kollegen in die Gruppen integriert werden. Die Verteilung der Arbeiten auf mehrere Personen und Klassen hat zum Vorteil, dass die Arbeit einerseits überschaubar bleibt, viele Klassen integriert werden, die Voraussetzungen für fächerübergreifende Unterricht bestärkt wird und andererseits bei Krankheit, Pensionierung, oder ähnlichem nicht mit einer Person das gesamte Fachwissen im Team fehlt. Ebenfalls wichtig ist einen Plan über die Sommermonate zu erstellen und einen guten Austausch mit den Schulwartinnen, Schulwarten und dem Reinigungspersonal zu pflegen.
- Regelmäßige Sichtkontrolle:** Die regelmäßige Sichtkontrolle ist das Um und Auf einer Begrünung, denn je schneller Fehler und Probleme erkannt werden, desto besser können Lösungen ergriffen werden. Im Team können die Sichtkontrollen aufgeteilt und in den Sommerferien Schulwartinnen und Schulwarte sowie das Reinigungspersonal instruiert werden.
- Einbringen in den Unterricht:** Grüne Wände eignen sich optimal Themenfelder des Lehrplans mit anschaulichen Projektarbeiten, praktische Übungen und in unterschiedlichen Vermittlungsformaten (wie z. B.: Peer-to-Peer-Learning) einzusetzen. Erst durch die aktive Einbindung verschiedener Aktivitäten in den Unterricht ist die Integration in den Schulalltag gesichert und bringen einen Mehrwert für den Unterricht. Neben inhaltlichen Verknüpfungen im Unterricht ist es sinnvoll auch die Pflege und Wartung in den Lehrplan zu integrieren. So könnte die Verantwortung für die grünen Wände einer Klasse in einem Unterrichtsfach übertragen werden. Auch die Übergabe kann mit dem Peer-to-Peer Prinzip gestaltet werden, indem die pflegende Klasse die zukünftig verantwortliche Klasse einschult. Anregungen und Tipps, wie grüne Wände in verschiedenen Unterrichtsfächern mit unterschiedlichen Methoden eingebunden werden können befinden sich im Dokument „Unterrichtsmaterialien zu den grünen Wänden in Schulen“ kostenlos heruntergeladen werden (<https://smartcities.at/projects/gruenezukunftschulen/>).
- Zusätzliche Begrünungen:** Durch das gesteigerte Wohlbefinden mit der grünen Wand können in Schulen auch weitere Ideen und Projekte entstehen, wie zusätzliche Aufenthaltsqualitäten geschaffen werden. So können bauliche do-it-yourself Begrünungen für die unterschiedlichsten Orte im Innenraum oder Freiraum (Dachterrassen, Höfe, etc.) entstehen oder Schülerinnen und Schüler selbst aktiv werden und ihren Klassenraum mit Topfpflanzen von zu Hause begrünen.

- **Schulumfeld einbeziehen:** In Schulaktivitäten und Festen bringt es für die Schule Vorteile die grünen Wände als einen fixen Bestandteil zu integrieren. So wird der Unique-Selling-Proposition (USP) der Schule deutlich hervorgehoben. Die Räume mit den Begrünungen könnten entweder als Veranstaltungsort dienen oder es werden Führungen für die Besucherinnen und Besucher durch Schülerinnen und Schüler angeboten. Besonders Schülerinnen und Schüler erzählen sehr anschaulich über ihre Erfahrungen mit den grünen Wänden.
- **Öffentlichkeitsarbeit:** Schulen mit Begrünungen und innovativen Projekten heben sich deutlich von anderen Schulen ab- und hervor. Daher können diese als Unique-Selling-Proposition (USP) für Webseiten, Tag der offenen Türen, Newsletter, etc. verwendet werden.

3. Technische Möglichkeiten

3.1. Fassadenbegrünung

Die im Projekt installierten Fassadenbegrünungssysteme im Außenraum umfassen zwei wandgebundene Systeme. Ein sogenanntes Trogsystem mit in linearer Bauweise übereinander verlaufenden Trogreihen, welche das Substrat und die Pflanzen aufnehmen und ein Kassettensystem, aufgebaut aus rechteckigen Modulen, die den Substratspeicher beinhalten und mit Aussparungen zur Aufnahme der Pflanzen versehen sind.

Eine gute Erreichbarkeit und Zugänglichkeit vorausgesetzt erweisen sich beide Systeme hinsichtlich des Grünpflegeaufwandes im laufenden Betrieb als robust. Das Kassettensystem erfordert jedoch in den ersten Wochen der Anwuchsphase an sommerheißen Tagen gegebenenfalls eine zusätzliche händische Bewässerung. Zudem sind Nachpflanzungen am Kassettensystem etwas aufwändiger durchzuführen. Darüber hinaus ist im Gegensatz zum Trogsystem eine tägliche (automatische) Bewässerung notwendig, was das Grünsystem bei Wasserausfällen insgesamt störungsanfälliger macht, aber im 3-jährigen Projektzeitraum nicht vorgekommen ist.

An wandgebundenen Grünsystemen sind im Jahr mehrere Pflegearbeiten erforderlich. Schulen können kleinere gut erreichbare Grünwände sehr gut über die Schulgemeinschaft selbst pflegen. Bei größeren und eventuell höher angebrachten Grünwänden kann es vorteilhaft sein mit der Pflege und Wartung eine Grünpflege-Fachfirma zu beauftragen.

Empfehlung: Möglichst dickschichtige Fassadensystemaufbauten wählen, beispielsweise mit „richtigem“ Dachgartensubstrat. Dies vermindert die Störungsanfälligkeit bei Ausfall der Bewässerungsanlage, sehr hohen Temperaturen und anderen Klimaeinflüssen.

3.2. Pergola

Neben den eher hochpreisigen wandgebundenen Grünsystemen gibt es zahlreiche Möglichkeiten auch mit weniger Budget Begrünungen in, an und auf Schulen umzusetzen. Im Zuge des Projektes wurde beispielsweise eine Pergola auf der Dachterrasse des BRG 16 gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern errichtet. Aufgrund der leichten Zugänglichkeit und der überschaubaren Größe lassen sich derartige Begrünungen leicht pflegen. Zur Sicherstellung der Grünpflege über die Ferienzeit in den Sommermonaten ist ein Wasseranschluss in der Nähe sehr hilfreich. Für die Bewässerung ist in der Regel eine herkömmliche automatische Bewässerungsanlage für Gärten völlig ausreichend. Mit der passenden Pflanzenauswahl und der richtigen Auswahl des Pflanzsubstrates stellt die Grünpflege für die Schulgemeinschaft kein Problem dar. Nach 2 bis 3 Jahren ist die Pergola im Allgemeinen üppig

bewachsen, ist Schattenspender und Sitzgelegenheit zugleich und der perfekte Klassenraum im Freien. Die Preise für eine Schulpergola beginnen im Selbstbau bei etwa € 2.000.-

3.3. Innenraumbegrünung

Nachfolgende Tabelle 1 gibt eine Übersicht zur Eignung der verwendeten Systeme (Aluminiumtrogsystem und Vliestaschensystem) in Hinblick auf die untersuchten Parameter Vegetationsträger, Beleuchtungsmittel und Bewässerung.

Die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Eignung der untersuchten Vegetationsträger, zeigen deutlich, dass das mineralische Substrat einem Geotextil vorzuziehen ist. In die Bewertung flossen die Parameter Pflanzenvitalität, Deckungsgrad, Pflanzeneignung, Nachpflanzungsaufwand, Wasserverbrauch und Resilienz ein.

In Bezug auf die Wahl des Beleuchtungsmittels, wirkt sich der geringere Stromverbrauch des LED-Scheinwerfers positiv auf die Eignung aus. Sämtliche anderen Parameter, wie Lichtverteilung und Lichtintensität, sprechen allerdings für die Verwendung einer LED-Leiste.

Bei der Bewässerung spricht einzig der geringere Wasserverbrauch für eine Verwendung von Tanksystemen. Die Bewertung aller anderen Parameter (Keimbelastung, Anschaffungskosten, Wartungsintensität und Platzbedarf) führt zu einer Verwendung von Systemen ohne Tanklösungen.

EMPFEHLUNG: Für die Anwendung im Innenraum ist ein Systemaufbau mit mineralischem Substrat, einer Beleuchtung mittels LED-Leiste und einer direkten Bewässerung ohne Tank zu empfehlen

Tabelle 2 gibt eine Übersicht zur Dimensionierung von Innenraumbegrünungen unter Berücksichtigung der Parameter technische Lüftung, manuelle Lüftung und Verdunstungsleistung der Pflanzenart.

Die Begrünung von Räumen mit technischer, als auch mit manueller Lüftung ist möglich. Bei manueller Lüftung ist allerdings auf ein richtiges Lüftungsverhalten (8-10 Stoßlüftungen pro Tag) zu achten. Bei richtigem manuellen Lüftungsverhalten ist mit einer geringsten Dimensionierung der Begrünung (0,08 m² pro m² Klassenfläche) das Behaglichkeitsoptimum von 45 % relativer Luftfeuchtigkeit zu erreichen. Um eine möglichst hohe Verdunstung zu erzielen, sollten Arten wie Grünlilie und Efeutute verwendet werden.

EMPFEHLUNG: Bei der Dimensionierung von Innenraumbegrünungen müssen neben der Lüftungsart auch die Verdunstungsleistung der Pflanzen berücksichtigt werden. Pflanzenart mit hoher Verdunstung sollten bevorzugt zur Anwendung gebracht werden. Die Umsetzung ist sowohl bei technischer als auch manueller Lüftung gut möglich. Bei der manuellen Lüftung muss jedoch auf ein richtiges Nutzungsverhalten geachtet werden.

Essentiell bei der Planung von Innenraumbegrünungen ist die Abstimmung der Begrünungsdimension auf den zu begrünenden Raum. Die Untersuchungen lassen eine klare Empfehlung dazu ableiten: Bei der Dimensionierung von Innenraumbegrünungen müssen neben der Lüftungsart auch die Verdunstungsleistung der Pflanzen berücksichtigt werden. Pflanzenart mit hoher Verdunstung sollten bevorzugt zur Anwendung gebracht werden.

Tabelle 1: Bewertung der Systeme für den Innenraum

BEWERTUNG DER SYSTEME FÜR DEN INNENRAUM						
	Vegetationsträger		Beleuchtungsmittel		Bewässerung	
	Mineralisches Substrat	Geotextil	LED-Scheinwerfer	LED-Leiste	Mit Tanklösung	Ohne Tanklösung
Kriterien	hohe Pflanzenvitalität	geringe Pflanzenvitalität	geringer Stromverbrauch	hoher Stromverbrauch	geringer Wasserverbrauch	hoher Wasserverbrauch
	hoher Deckungsgrad	geringer Deckungsgrad			Gefahr einer Keimbelastung	keine Keimbelastung
	viele Pflanzen geeignet	wenige Pflanzen geeignet	inhomogene Lichtverteilung	homogene Lichtverteilung	hohe Anschaffungskosten	geringe Anschaffungskosten
	Nachpflanzungen unaufwändig	Nachpflanzungen aufwändig			hohe Wartungsintensität	geringe Wartungsintensität
	geringer Wasserverbrauch	hoher Wasserverbrauch	geringe Lichtintensität	hohe Lichtintensität	hoher Platzbedarf	geringer Platzbedarf
	Resilienz hoch	Resilienz gering				
Eignung	sehr gute Eignung	keine Eignung	mäßige Eignung	gute Eignung	mäßige Eignung	gute Eignung
Empfehlung	Für die Anwendung im Innenraum ist ein Systemaufbau mit mineralischem Substrat, einer Beleuchtung mittels LED-Leiste und einer direkten Bewässerung ohne Tank zu empfehlen.					

Tabelle 2: Dimensionierung Innenraumbegrünung – Lüftung

	DIMENSIONIERUNG INNENRAUMBEGRÜNUNG			
	technische Lüftung		manuelle Lüftung	
	<i>Umwälzung 1x pro Stunde</i>	<i>Umwälzung <1x pro Stunde</i>	<i>gutes Nutzerverhalten*</i>	<i>schlechtes Nutzerverhalten**</i>
	45 % relative Luftfeuchtigkeit (Optimum Behaglichkeit)			
Dimensionierung Begrünung [m ²]	0,2***	0,1***	0,08***	Umsetzung problematisch

* 8-10 Stoßlüftungen pro Tag - ** weniger als 8 Stoßlüftungen pro Tag - *** pro m² Klassenfläche

Tabelle 3: Dimensionierung Innenraumbegrünung – Pflanzenarten

DIMENSIONIERUNG INNENRAUMBEGRÜNUNG				
Verdunstungsleistung der Pflanzenarten				
<i>Grünlilie</i>	<i>Drachenbaum</i>	<i>Efeutute</i>	<i>Bogenhanf</i>	<i>Schwertfarn</i>
hohe Verdunstungsleistung angestrebt				
hohe Verdunstung	geringe Verdunstung	hohe Verdunstung	geringe Verdunstung	geringe Verdunstung
EMPFEHLUNG				
Bei der Dimensionierung von Innenraumbegrünungen müssen neben der Lüftungsart auch die Verdunstungsleistung der Pflanzen berücksichtigt werden. Pflanzenart mit hoher Verdunstung sollten bevorzugt zur Anwendung gebracht werden. Die Umsetzung ist sowohl bei technischer, als auch manueller Lüftung gut möglich. Bei der manuellen Lüftung muss jedoch auf ein richtiges Nutzungsverhalten geachtet werden.				

EMPFEHLUNG: Auch in Innenräumen ist Systemen mit Pflanzsubstraten und einem eher dickschichtigeren Aufbauten der Vorzug zu geben. Empfehlenswert sind darüber hinaus auch automatische Bewässerungssysteme, die über einen direkten Wasserzu- und Wasserablauf verfügen, d. h. ohne zwischengeschaltete Tanks und zusätzliche Wasserpumpen auskommen, die in Summe einen erhöhten Wartungsaufwand nach sich ziehen können und störungsanfällig sein können. Bei Neubauten empfiehlt es sich Vertikalbegrünungen möglichst von Beginn an mit einzuplanen, um die Steuerungs- und Regelungstechnik bezüglich Bewässerung und Belichtung möglichst einfach halten zu können.

4. Wirkung

Wirkung auf...	Innenbegrünung	Fassadenbegrünung
Luftfeuchtigkeit	<p>Innenraumbegrünung verbessert im Winter das hygrothermische Raumklima in allen untersuchten Schulen unabhängig von ihrer Bauweise.</p> <p>Die zu geringe Raumlufftfeuchtigkeit kann durch die Begrünung erhöht. Diese steigert das Wohlbefinden und hat langfristig positive gesundheitliche Auswirkungen.</p> <p>Speziell in Räumen mit Lüftungsanlagen kann es zu besonders trockener Luft kommen, wodurch sich die Wirkung der Begrünung auf die Luftfeuchtigkeit besonders stark bemerkbar macht.</p> <p>Auch im Sommer führt, die durch die Begrünung erhöhte Luftfeuchtigkeit nicht zu unbehaglichen Bedingungen bei richtiger Dimensionierung.</p> <p>Bei der Dimensionierung von Innenraumbegrünungen müssen neben der Lüftungsart auch die Verdunstungsleistung der Pflanzen berücksichtigt werden. Pflanzenart mit hoher Verdunstung sollten bevorzugt zur Anwendung gebracht werden. Die Umsetzung ist sowohl bei technischer als auch manueller Lüftung gut möglich. Bei der manuellen Lüftung muss jedoch auf ein richtiges Nutzungsverhalten geachtet werden.</p>	<p>Außen ist das Luftvolumen im Verhältnis zum begrünten Volumen sehr klein und der Luftaustausch groß. Weswegen die Auswirkungen einer grünen Wand keine spürbare Wirkung auf die Luftfeuchtigkeit hat.</p> <p>Die Einflüsse der Außenbegrünung auf die Innenraumluft sind vernachlässigbar.</p> <p>Das gilt für alle untersuchten Schulen unabhängig von ihrer Bauweise.</p>
Lufttemperatur (Sommerliche Überwärmung)	<p>Die Auswirkungen der Begrünung auf die Lufttemperatur im Sommer sind abhängig von der Bauweise und dem Vorhandensein einer Lüftungsanlage.</p> <p>In Schulgebäuden mit Lüftungsanlagen ist eine Temperaturreduktion in Abhängigkeit des Begrünungsvolumens nachweisbar. In Schulgebäuden ohne Lüftungsanlage ist die Temperaturreduktion sehr gering und aufgrund der gleichzeitig steigenden Luftfeuchtigkeit ist keine Steigerung der Behaglichkeitsbedingungen zu erreichen.</p> <p>Innenraumbegrünung alleine ist keine wirksame Maßnahme gegen sommerliche Überwärmung.</p>	<p>Die Auswirkung der Fassadenbegrünung auf die Lufttemperatur im Außenbereich ist abhängig von der Größe der begrünten Fläche und wirkt sich nicht auf das Gebäudeinnere, sondern auf die Abkühlung der Außenluft in direkter Umgebung außen aus.</p> <p>Durch die Verdunstungsleistung von Fassadenbegrünung können der Umgebung ca. 2 kWh/m² pro Tag Wärme entzogen werden.</p> <p>Diese Auswirkungen wurden auch durch die Greenpass-Methode untersucht und werden nachstehend erläutert.</p>

Oberflächen- temperatur	Unabhängig von der Bauweise des Schulgebäudes, wirkt sich Innenraumbegrünung nicht auf die Oberflächentemperaturen im Innenraum aus.	<p>Fassadenbegrünung schützt die Konstruktion vor direkter solarer Strahlung im Sommer. Deshalb heizt sich die Konstruktion an Sommertagen nicht so stark auf und speichert infolge dessen weniger Wärme. Auf die Oberflächentemperaturen im Innenraum gibt es kaum Auswirkungen.</p> <p>Im Vergleich zu herkömmlichen Fassaden ist die Albedo von begrünten Fassaden gering wodurch sich der angrenzende Straßenraum weniger aufheizt. Fassadenbegrünung stellt daher eine wirksame Maßnahme gegen den Urban Heat Island Effekt (UHI) dar.</p> <p>Im Winter bietet Fassadenbegrünung einen Schutz vor Witterungseinflüssen wie Schlagregen, Schnee, Wind etc. Dadurch werden die Transmissionswärmeverluste durch die Konstruktion bei nicht gedämmten Schulgebäuden reduziert.</p>
Dämmung / Energieersparnis	<p>In der Heizperiode führt Innenraumbegrünung nicht zu einer Einsparung von Heizenergie.</p> <p>Aussagen über den Zusammenhang zwischen Innenraumbegrünung und Kühlenergiebedarf bei klimatisierten Schulgebäuden können aufgrund fehlender Untersuchungen nicht getroffen werden. Es besteht Forschungsbedarf, um hier fundierte Aussagen tätigen zu können.</p>	<p>An ungedämmten Schulgebäuden verbessert Fassadenbegrünung die Dämmung der Fassade. Die Wirkung kann durch starke Hinterlüftung der Fassadenkonstruktion verringert werden. Deshalb empfiehlt es sich, die Hinterlüftungsöffnungen möglichst klein zu halten.</p> <p>Je schlechter die thermische Qualität der Konstruktion ist, desto höher ist die erzielte Wirkung.</p> <p>Wärmebrücken durch Befestigungselemente können bei ungedämmten Fassaden normalerweise vernachlässigt werden. Bei gedämmten Konstruktionen ist darauf zu achten, dass die Befestigungselemente thermisch entkoppelt sind und somit die Wärmebrücken möglichst reduziert werden.</p> <p>Während an ungedämmten Fassaden eine Verbesserung des U-Wertes von ca. 20 % gemessen werden konnte, ist bei gedämmten Schulgebäuden aufgrund der bereits hohen thermischen Qualität die Wirkung minimal.</p>

Schallschutz und Akustik	<p>Die Nachhallzeit wird in allen Frequenzbereichen durch Innenraumbegrünung, unabhängig von der Bauweise reduziert, was zu einer höheren Sprachverständlichkeit im Klassenraum führt. Dies ist insbesondere für den Fremdsprachenunterricht wichtig. Das Begrünungssystem verhält sich wie ein hochwertiger poröser Absorber und bietet sich als Verbesserungsmaßnahme der Raumakustik an.</p>	<p>Die Auswirkung von Fassadenbegrünung auf das Schalldämm-Maß wurde noch nicht untersucht. Hier besteht Forschungsbedarf! Die Schallabsorption der Fassadenbegrünung wurde in allen untersuchten Objekten nachgewiesen und diese wirkt sich positiv auf die unmittelbare Umgebung aus.</p>
CO₂ Konzentration	<p>– Pflanzen nehmen CO₂ auf und geben Sauerstoff ab. Eine geringe Reduktion der CO₂-Konzentration durch die Innenraumbegrünung wurde messtechnisch nachgewiesen. Da die CO₂-Konzentration in Schulklassen jedoch von vielen Faktoren abhängt, ist die durch Innenraumbegrünung erreichte Reduktion im Schulalltag nicht relevant und kann regelmäßiges Lüften nicht ersetzen.</p>	<p>Die Untersuchung der Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf die CO₂-Konzentration im Außenraum war nicht Bestandteil des Projektes, hier besteht weiterer Forschungsbedarf</p>
Schimmelsporenkonzentration	<p>Bei regelmäßiger Wartung, wurde unabhängig von der Bauweise keine erhöhte Schimmelsporenkonzentration durch Innenraumbegrünung gemessen.</p>	<p>Nicht relevant, aufgrund der Größe der begrüneten Fläche im Verhältnis zum Außenraum.</p>
Feinstaubkonzentration	<p>Pflanzen binden Staub. Eine geringe Reduktion der Staubkonzentration wurde bei allen Partikelgrößen durch die Innenraumbegrünung messtechnisch nachgewiesen. Da die Staubkonzentration in Schulklassen jedoch von vielen Faktoren abhängt, ist die durch Innenraumbegrünung erreichte Reduktion im Schulalltag nicht relevant. Die Staubkonzentration im Innenraum ist stark von der Staubkonzentration in der Außenluft abhängig.</p>	<p>In diesem Projekt wurde die Staubkonzentration im Außenraum lediglich als Referenzwert gemessen. Aufgrund der Größe der begrüneten Fläche im Verhältnis zum Außenraum wirkt sich Außenbegrünung nicht spürbar aus.</p>

4.1. GREENPASS-Methode

Mit der GREENPASS Methode wurde anhand der Parameter Thermischer Abluftstrom, Thermischer Komfort, Thermische Speicherfähigkeit, Abflussbeiwert und CO₂ Speicherung die unterschiedlichen Begrünungsszenarien (WC = Worst Case, MAX = Maximale Begrünung, Planung) der Neubauschule KLG Gänserndorf untersucht. Dabei wurde auf die Rahmensituation einer Schule, und somit auf die Nutzergruppe Kinder/Jugendliche bzw. SchülerInnen, Rücksicht genommen. Dafür wurde die PET (gefühlte Temperatur) speziell für diese Zielgruppe angepasst, zu relevanten und aussagekräftigen Zeitpunkten, ausgewertet.

01 | Thermischer Abluftstrom (TLO):

Die Planungsvariante hat einen Abluftstrom von + 0.289 °C und gibt an das angrenzende Quartier somit im Vergleich zur WC Variante, eine um bis zu durchschnittlich ca. 0.1 °C geringere Belastung weiter. Vergleicht man die Planungsvariante mit der MAX Variante so wird deutlich, dass die Planung beinahe die Performance der MAX begrünten Variante vorweist, im Vergleich zur SQ jedoch nicht ganz herankommt.

02 | Thermischer Komfort (TCS):

Die Planungsvariante weist mit einem TCS von 51.79 Punkten einen höheren Komfort vor als die SQ Variante (51.01 TCS) sowie WORST CASE Variante mit 41.19 TCS. Mit der Planungsvariante können ca. 60 % des maximal möglichen thermischen Komforts erreicht werden, wie die 58.98 TCS für das MAX Szenario zeigen

03 | Thermische Speicherfähigkeit (TSS):

Das Modell der Planungsvariante speichert in den Materialien 32.69 Wattsekunden Energie und hat damit eine leicht schlechtere Performance als die SQ und MAX Variante. Die Differenz zur WC Variante beträgt mehr als 7 Wattsekunden Energie.

04 | Abflussbeiwert (ROS):

Der Abflussbeiwert der Planung beträgt 0.41. Die WC Variante hat mit 0.9 einen sehr hohen Abflussbeiwert. Der Abflussbeiwert von 0.27 für die MAX Variante zeigt, dass die Planung im Vergleich zur MAX Variante noch Potential aufweist, jedoch im Vergleich zur SQ Variante (0.50) besser performt.

05 | CO₂ Speicherung (CSS):

Die CO₂-Speicherung der Planungsvariante liegt mit ca. 2.866 kg/Jahr über der Bestandsvariante (SQ) und bei ca. 50 % der maximal möglichen Speicherung der MAX Variante mit 5.325 kg/Jahr. In der WC Variante liegt diese aufgrund der totalen Versiegelung bei 0.00 kg/ Tag.

EMPFEHLUNG Unter Berücksichtigung der ausgewählten Parameter, kann eine für die NutzerInnen passgenaue Lösung identifiziert werden.

5. Gut zu wissen

5.1. Installation

Bereits bei der Installation sind die späteren notwendigen Arbeiten zur Grünpflege und Wartung zu berücksichtigen. Es ist dementsprechend darauf zu achten, dass die Begrünungssysteme in einer mit herkömmlichen Mitteln **erreichbaren Höhe** installiert werden. Sobald der Einsatz eines Hubsteigers notwendig ist, steigt nicht nur der Aufwand bei der Installation, sondern auch für die regelmäßigen Grünpflegetätigkeiten.

Elemente der Begrünungssysteme wie z.B. Pumpen oder weitere Teile des Bewässerungssystems sind darüber hinaus so einzusetzen, dass sie jeder Zeit **gut zugänglich für Kontrollen** sowie für die Reinigung sind.

Ebenso ist auf die Wahl der Verankerungen Acht zu geben, da die Anzahl sowie die Art der Befestigungspunkte entscheidend für die Entstehung bzw. **Minimierung von Wärmebrücken** sind.

Unabdingbar ist in jedem Fall eine **lückenlose Dokumentation** der Installation in Form von Protokollen, Plänen und Fotos. Diese ist nicht nur wichtig für die spätere Wartung, sondern ist auch im Fall eines Problems äußerst hilfreich für eine schnelle Behebung.

5.2. Wartung

Wichtig ist ein **täglicher Inspektionsblick**, um die Vitalität und den Zustand der Pflanzen schnell zu erfassen. Dabei ist mit einem Blick zu kontrollieren, ob die Stromversorgung für Bewässerung und Beleuchtung funktioniert und wie ganz allgemein der Zustand der Pflanzen ist. Im Laufe der Zeit entwickelt man ein Gespür für die Begrünung und erkennt bereits mit einem kurzen Blick, ob die Pflanzen sich vital entwickeln oder ob eine Veränderung der Bewässerungs- oder Belichtungszeiten oder der Nährstoffmenge nötig ist.

Bei den **regelmäßigen Sicht- und Feuchtekontrollen**, die bestenfalls zweimal pro Woche stattfinden, wird die Begrünung genauer betrachtet. Einerseits werden die Pflanzen auf Schädlinge bzw. Krankheiten untersucht, andererseits wird die Feuchtigkeit des Trägermedium (Erde, Substrat, Vlies, ...) der Pflanzen geprüft. Jeweils in Abhängigkeit des **Bewässerungssystems** ist darauf zu achten, dass den Pflanzen ausreichend, aber auch nicht zu viel Wasser zugeführt wird. Die Bewässerung mittels Tropfschlauch erfordert eine regelmäßige Kontrolle der Tropfschläuche (ca. 1 Mal pro Monat), da die Tropfer z.B. durch Kalkablagerungen verstopfen können. Die Wassermenge muss je nach Jahreszeit und Witterung angepasst werden.

Diese Kontrollen sind wichtig, da auf diese Weise Probleme schnell identifiziert und rasch Lösungen ergriffen werden können. Auch während der schulfreien Zeit müssen diese gewährleistet sein. Der Inspektionsblick kann von allen Personen durchgeführt werden, ganz gleich, ob diese regelmäßig mit den Begrünungen zu tun haben oder nur diese eine Aufgabe übernehmen.

Die Tätigkeiten betreffend Grünpflege und Wartung unterscheiden sich je nach Standort und System. Die Pflege- und Wartungsarbeiten von Begrünung im Innenraum- und Außenraum beinhalten aber jedenfalls einen Rückschnitt der Pflanzen sowie Nachpflanzungen von Fehlstellen oder kaputten Pflanzen, Kontrollen der Beleuchtung, Bewässerung und Düngung und die Instandhaltung des technischen Systems. Hierzu zählen vor allem Reinigungsarbeiten betreffen die Außenhülle, Wassertank und Pumpe. Eine optimale Aufteilung der Arbeiten in der Schulgemeinschaft sowie eine erfolgreiche Implementierung in die Schulkultur sind in Kapitel 1 beschrieben.

6. Interesse an einer Schulbegrünung

Bei Interesse an der Umsetzung einer Begrünung in oder an einer Schule sowie beim Wunsch nach weiterführenden Informationen stehen folgende Dokumente zur Verfügung, die im Rahmen des Forschungsprojekts GRÜNEzukunftSCHULEN entstanden sind.

Im Rahmen des Forschungsprojekts sind folgende Dokumente entstanden:

Projektwebseite GRÜNEzukunftSCHULEN – Projektdokumentation der grünen Wände und der wichtigsten Aktivitäten in den Pilotschulen; online unter: www.gruenezukunftschulen.at
<https://smartcities.at/projects/gruenezukunftschulen/>

Leitfaden – Grüne Architektur im Schulbau – grundlegende Informationen für alle interessierten Personen im schulischen Kontext sowie für Planerinnen und Planer

Fragen & Antworten rund um Grüne Schulen in Österreich – beantwortet Fragen rund um Begrünungen im Innenraum, an der Fassade und im Freiraum

Unterrichtsmaterialien zu den grünen Wänden in Schulen – Anregungen und ausgearbeitete Materialien, wie Pflanzen in verschiedene Unterrichtsfächer eingebunden werden können

Grundlagen zu Pflege & Wartung von Vertikalbegrünungen an Schulen – umfassende und grundlegende Informationen zur Grünpflege der Pflanzen und Wartung der technischen Systeme

Grüne Selbstbauwand – Do-it-yourself Anleitung – Anleitung zum Bau eines Grünwandregals

Soziale Wirkungen von Begrünungen an Schulen. Vergleichende Ergebnisse von drei Online-Befragungen – Ergebnisse aus drei Befragungsdurchgängen mit Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und nicht lehrendem Personal

Endbericht zum Forschungsprojekt GRÜNEzukunftSCHULEN – Informationen über das Forschungsprojekt generell mit erreichten Zielen, Forschungsfragen und Auswertungen

Alle Dokumente online unter:

<https://smartcities.at/projects/gruenezukunftschulen/>

Als Ansprechpartner bei Interesse an weiteren Informationen zu einer Umsetzung von Begrünungen steht das Innovationslabor GRÜNSTATTGRAU zur Verfügung: <https://gruenstattgrau.at/>