

DAS NULLVERSIEGELUNGSHAUS

Masterthese zur Erlangung des akademischen Grades
“Master of Engineering”

eingereicht bei

Ass.Prof.in i.R. Univ.Lektorin Dipl. Ing. Dr.in techn. Karin Stieldorf

Arch. Dipl.Ing. Günter Katherl

08527126

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **ARCH. DIPL.ING. GÜNTER KATHERL**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Masterthese, "DAS NULLVERSIEGELUNGSHAUS", 121 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich das Thema dieser Arbeit oder Teile davon bisher weder im In- noch Ausland zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 30.09.2022

Unterschrift

DAS NULLVERSIEGELUNGSHAUS



- Wie man trotz Bauens der Flächenversiegelung Einheit bieten,
- bzw mit einem Gebäude einen positiven Versiegelungsbeitrag leisten kann.

Kurzfassung

Seit Anbeginn der Menschheit hat diese allein durch ihr Dasein in die Natur und deren Oberflächen eingegriffen, egal ob durch Abholzung, Anpflanzung oder durch den Bau von Häusern bis hin zu Städten: Willkommen im Anthropozän!

Auch aktuell und in unserem Land wird täglich eine Unmenge von Land versiegelt und so für immer der dauerhaften biologischen Produktion entzogen.

Und nein, wir werden nicht plötzlich aufhören, unsere Gewinne zu maximieren und der ewigen Prämisse Fortschritt durch Wachstum hinterherzuhecheln!

Und nein, wir werden auch nicht aufhören zu bauen!

Doch gibt es vielleicht eine Möglichkeit zu bauen, ohne einen höheren Versiegelungsgrad zu bewirken?

Beziehungsweise ist es vielleicht denkbar, dass wir Gebäude errichten, die der Versiegelung sogar entgegenwirken?

Frei nach dem Motto: Jedes weitere Haus verringert die Gesamtversiegelung um einen bestimmten Wert x ?

In dieser Arbeit werden existierende Gebäude anhand eines bestehenden und eines im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Tools auf ihren Versiegelungsgrad hin analysiert und ausgewertet. Ziel dieser Empirie ist es, Prototypen vorzustellen, die nicht nur versiegelungsneutral, sondern versiegelungsmindernd wirken, sprich Häuser zu entwickeln, die allein durch ihre Existenz den Versiegelungsfaktor ihrer Umgebung verringern:

Mit jedem dieser neuen Häuser wird unsere Umwelt ein klein wenig besser!

Bis dato gibt es dabei einen bestimmenden Faktor, um Versiegelung entgegenzuwirken: den Begrünungsfaktor!

Im Rahmen der Arbeit wird schnell klar, dass ein weiterer Faktor wichtige Bedeutung hat: der sogenannte Hubfaktor, also das Abheben des Gebäudes vom Grund.

Allerdings – und etwas überraschend – wird zum Abschluss noch ein dritter Faktor entdeckt ...

Abstract

Since the beginning of mankind, it has interfered with nature and its surface by its very existence, whether by deforestation, planting or by building houses and cities: welcome to the anthropocene!

Still nowadays and in our country, an enormous amount of land is sealed every day and thus forever withdrawn from permanent biological production.

And no, we will not suddenly stop maximizing our profits and chasing the eternal premise of progress through growth.

And no, we will not stop building either!

But maybe, there is a way to continue building without causing a higher degree of sealing?

Or could it be possible to erect buildings that actually counteract sealing?

Freely according to the motto, each additional house reduces the total sealing by a certain value x ?

In this thesis, existing buildings are analyzed and evaluated for their degree of sealing using an existing tool and a tool developed within the framework of this thesis. the aim of this empirical study is to present prototypes that not only have a sealing-neutral effect, but also a sealing-reducing effect, i.e. to develop houses that positively influence the sealing factor of their surroundings simply by their existence:

With each of these new houses, our environment becomes a little bit better!

To date, there is one determining factor to counteract sealing: the greening factor!

In the course of this thesis, it quickly becomes clear that another factor is important: the so-called lift factor, i.e. the elevation of the building from the ground.

However, and somehow surprisingly, a third factor is discovered in the end.....



Es ist ein Haus und gleichzeitig ein Garten. Ein Garten mit einem Dach. Eine nach außen verlagerte Architektur. Garten und Architektur überlagern sich. (Fujimoto, 2012: 192)

Sou Fujimoto

Inhaltsverzeichnis



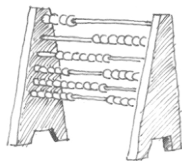
1. EINFÜHRUNG IN DAS THEMA 9

- Einleitung 10
- Motivation 11
- Zentrale Fragestellung 12
- Methodik 13
- Zielsetzung 14



2. PROBLEMSTELLUNG 15

- Versiegelung in Österreich 16



3. RECHENANSÄTZE 22

- Florian Betzler, GDF –
Green Density Factor 23
- Der Versiegelungsfaktor SLF –
Sealing Level Factor 27
- Beispielrechnung 32



4. ANALYSEN UND KONZEPTE 33

- Untersuchungen am Einfamilienhaus 34
 - Haus Rod (Analyse) 35
 - Haus H (Analyse) 40
 - Haus Mesh (Analyse) 45
 - Haus am Berg (Analyse) 50
 - Haus Hrs (Analyse) 55
 - Haus Lina (Analyse) 60
 - Haus Lina ++ (Konzept und Analyse) 65
- Schlussfolgerung 70



- Wohnbau in der Stadtperipherie 72
- Wohnbau „Mietgestalten“ (Analyse) 73
- Wohnbau „Mietgestalten ++“
(Konzept und Analyse) 80
- Hochhaus Simmering 87
 - Originalhaus 89
 - Hubeffekt 91
 - Grüneffekt 93
 - Radiatoreffekt 95
 - Fazit 99
- Gebäude im Stadtzentrum 100
- Beispiel (Konzept, Analyse und Fazit) 101

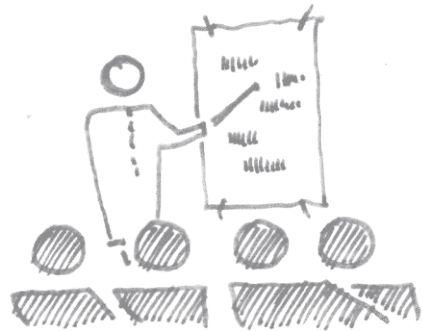
5. SCHLUSSFOLGERUNG 108

6. ZUSAMMENFASSUNG 114

7. ANHANG 117

- Literaturverzeichnis 118
- Abbildungsverzeichnis 120

1 EINFÜHRUNG IN DAS THEMA



Einleitung



Seit der Mensch existiert, verändert er die Oberfläche der Erde ununterbrochen. Das Ergebnis ist unbestritten und erschütternd:

Der zum Großteil von Menschenhand gemachte Klimawandel und der daraus resultierende Temperaturanstieg verursachen weltweit eine Zunahme extremer Wetterereignisse und Naturkatastrophen wie Starkregen, Überflutungen, Hitzewellen, Dürren, Waldbrände, Stürme etc. Die Gletscher schmelzen, die Meeresspiegel steigen, die Böden erodieren, Ernten bleiben aus. Mensch und Tier werden aus ihren beheimateten Regionen vertrieben.

Gleichzeitig wächst die Weltbevölkerung unaufhörlich und das bei steigendem Wohlstand. Ausgehend von einem derzeitigen Bevölkerungsstand von knapp 8 Milliarden Menschen werden schon Mitte dieses Jahrhunderts an die 10 Milliarden Erdbewohner erwartet, welche dann annähernd 50 % der eisfreien Erdoberfläche bevölkern sollen. (Hooke, Pedraza & Martin-Duque, 2012) Aufgrund des Bevölkerungswachstums und des zukünftig größeren Verbrauchs pro Kopf werden also immer mehr Ressourcen ausgebeutet und natürliche Flächen für die menschliche Nutzung umgewandelt. Sowohl vermehrte Rodung als auch die fortschreitende Versiegelung verringern die Versickerung des Wassers im Boden enorm. Das hat konsequenterweise Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit im Boden, was sich wiederum auf die verbliebene Vegetation und dadurch auch auf deren Verdunstungsrate auswirkt: Nicht nur der lokale, sondern auch der globale Wasserkreislauf wird durch die angesprochenen Veränderungen massiv gestört!

Motivation



Die beschriebenen Veränderungen auf unserem Planeten zeichnen sich mehr oder weniger bereits überall auf der Erde durch ihre negativen Erscheinungen auf uns Menschen und unsere Umwelt ab. Unbestritten ist, die Weltbevölkerung wird weiter anwachsen und darum wird weiter gebaut werden. Unbestritten ist auch, die Anzahl der Menschen in unserem Land wird wachsen und ja, wir werden weiter bauen (müssen)!

Und auch wenn wir dabei weit mehr und besser als bisher auf die Umweltverträglichkeit jedes einzelnen Bauwerks und vor allem seiner Verörtlichung achten werden, bedeutet doch jeder weitere Bau einen Zuwachs an neu versiegelter Oberfläche, weniger natürlicher Vegetation und logischerweise einen Einfluss auf unser Ökosystem:

Das Wasser kann nicht mehr versickern, hat keine Möglichkeit zu verdunsten, gelangt direkt in unser Kanalsystem und steigert somit die Hochwassergefahr bei Starkregenereignissen.

Dazu kommen Hitzeeffekte durch Veränderungen des Mikroklimas im verdichteten städtischen Bereich. Außerdem geht die ursprüngliche biologische Funktion samt der Produktivität des Bodens beziehungsweise seine biologische Vielfalt verloren. Da unversiegelte Böden Staub binden können und versiegelte nicht, geht auch dieser naturgegebene Vorteil verloren.

Es muss also etwas passieren und zwar umgehend, indem wir bauen und trotzdem unsere Umwelt erhalten! Diese Arbeit hilft uns hoffentlich dabei.

Zentrale Fragestellung

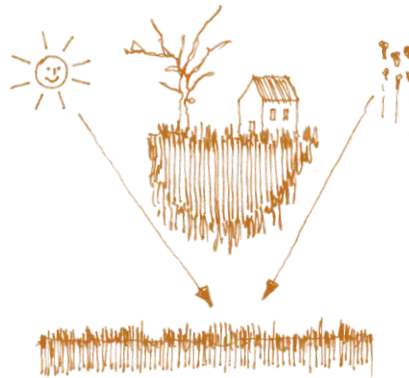


Es stellt sich nun die Frage, ob es für uns ArchitektInnen, Stadt- und RaumplanerInnen Möglichkeiten gibt, die fortschreitenden, negativen Entwicklungen nicht nur einzudämmen, sondern diesen sogar entgegenzuwirken? Und nein, es ist keine Frage, ob es möglich ist, sondern es darf nur darum gehen, wie es möglich ist!

Folgende Fragen sollen dabei beantwortet werden:

- Gibt es bereits Tools zur Bemessung des Grades der Versiegelung?
- Kann man daran etwas verbessern beziehungsweise ein neues Tool entwickeln?
- Kann man im kleinen Maßstab versiegelungsneutral bauen?
(Ganz abgesehen von der Überlegung, ob es überhaupt noch opportun ist, zum Beispiel ein freistehendes Einfamilienhaus zu errichten?)
- Nachdem versiegelungsneutral aber „nur“ bedeutet, dass wir unsere Umwelt durch ein neues Gebäude nicht schlechter werden lassen, stellt sich vor allem die Frage, ob wir ein versiegelungsnegatives Haus bauen können, also eines, mit dem wir den Grad der ursprünglichen Versiegelung unserer Umwelt allein durch dessen Errichtung verbessern?
- Sind die gewonnenen Erkenntnisse auch auf größere Bauvorhaben übertragbar?
- Und sind die Ergebnisse auch in unsere Stadtzentren transferierbar?
- Können wir also schlussendlich sogar Gebäude errichten in dem Wissen, dass wir damit - zumindest versiegelungstechnisch betrachtet - unsere Umwelt verbessern?

Methodik



Zuerst wird der recherchierte GreenDensityFactor von Florian Betzler erläutert und probeweise angewandt. Aus dessen Analyse erfolgt dann die Entwicklung eines eigenen Tools, des Versiegelungsfaktors SealingLevelFactor. Dieser basiert zum Unterschied des GreenDensityFactors, welcher nur auf Grünflächen am Gebäude fokussiert, auf dem Thema Wasser, welches als Basis jeglichen Grüns auch weitere Aufschlüsse über verwendete Oberflächen geben kann. Nachdem hierfür vor allem Speicherefähigkeit und Durchlasswiderstände der Untergründe maßgeblich sind, wird eine mathematische Formel auf Basis der DIN 1986-100 und der dort normierten Abflussbeiwerte entwickelt.

Beide Tools werden in der Folge bei 6 verschiedenen Einfamilienhausprojekten aus der Feder von Caramel architekten eingesetzt und die Ergebnisse miteinander verglichen. Als Ergebnis entsteht ein fiktives 7. Haus, welches sämtliche empirisch erarbeiteten positiven Faktoren aufnimmt und so zum gewünschten Ergebnis führt. Selbiges geschieht hernach bei Bauvorhaben in größeren Dimensionen in der Stadtperipherie. An einem Hochhaus werden schlussendlich die drei wichtigsten Parameter des SLF ausprobiert und die Ergebnisse verglichen. Zwei dieser Parameter waren Basis dieser Thesis (der Grüneffekt und der Hubeffekt). Dass am Beispiel Hochhaus vor allem aber auch ein dritter Faktor, nämlich der Radiatoreffekt, eine zentrale Rolle spielt, zählt zu den Erkenntnissen dieser Arbeit. Schlussendlich werden an einem fiktiven Innenstadtprojekt ein letztes Mal die bis dahin erarbeiteten Grundprinzipien ausprobiert und rechnerisch belegt.

Zielsetzung



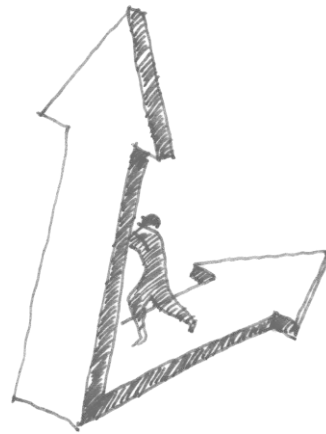
Ziel dieser Arbeit ist es, die derzeit bestehenden Defizite in der Bodenversiegelung aufzuzeigen, zu quantifizieren und schlussendlich über die Erstellung von zwei Modellhäusern - ein freistehendes im ländlichen Raum und ein städtisches im fiktiven Stadtzentrum - Wege zur Entsiegelung des Landes aufzuzeigen.

Als Prolog dazu werden die Begriffe Versiegelung und Bodenverbrauch erläutert und es wird die derzeitige Versiegelungssituation in Österreich - nach Bundesländern getrennt - detailliert aufgearbeitet, historisch betrachtet, analysiert und die Probleme dieses Flächenverbrauchs aufgezeigt.

Ziel dieser Thesis ist es vorrangig, nicht raum- und städteplanerische Vorgaben für die Entsiegelung des Landes zu suchen, sondern allein eine Lösung aus architektonischer Sicht zu ermöglichen.

Grundlage dieses Weges ist es, ein neues Tool zu entwickeln, welches das Versiegelungs- beziehungsweise das Nichtversiegelungspotential eines Bauprojektes bereits in der Planungsphase mathematisch erfassbar macht und so als Grundlage einer zukünftigen Masterplanung dienen kann, indem es durch einfach ermittelte Werte leicht vergleichbar mit anderen Projekten wird und damit auch als Basisparameter für zukünftige Planungen dienen kann, so wie es bis dato die geläufigen Parameter „GFZ“ (Geschoßflächenzahl § 56 Absatz 2 Satz 1 Salzburger Raumordnungsgesetz 2009) und „GRZ“ (Grundflächenzahl § 32 Absatz 6 Satz 3 OÖ. Raumordnungsgesetz 1994) mit dem Ziel tun, diesen Faktor schlussendlich als allgemeine Richtlinie zu den bestehenden Baugesetzen hinzuzufügen, um die zukünftige Entwicklung unseres Landes besser abschätzen, vorhersehen und vor allem steuern zu können.

2 PROBLEMSTELLUNG



Versiegelung in Österreich

Was ist Versiegelung?

Versiegelung ist die Abdeckung des Bodens mit einer wasser- und luftundurchlässigen Schicht, wodurch das Bodenleben abstirbt. Versiegelung bedeutet daher den dauerhaften Verlust biologisch produktiven Bodens für Siedlungs- und Verkehrszwecke, aber auch für intensive Erholungsnutzungen, Deponien, Abbauflächen, Kraftwerksanlagen und ähnliche Intensivnutzungen.

(Umweltbundesamt GmbH 2022)

Was ist Flächeninanspruchnahme?

Unter Flächeninanspruchnahme versteht man den Verlust biologisch produktiven Bodens durch Verbauung für Siedlungs- und Verkehrszwecke, aber auch für intensive Erholungsnutzungen, Deponien, Abbauflächen, Kraftwerksanlagen und ähnliche Intensivnutzungen.

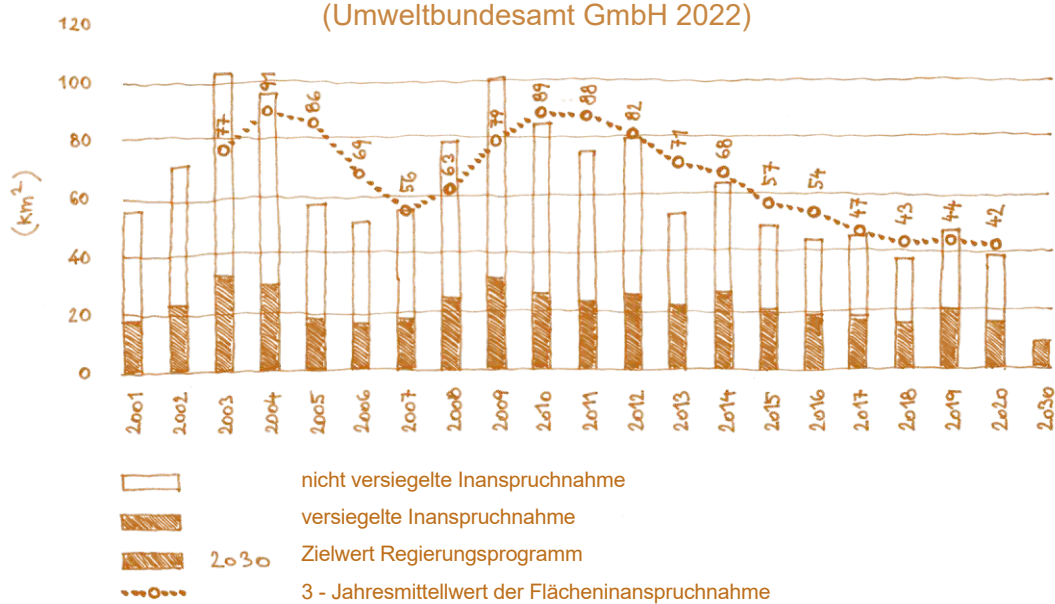
(Umweltbundesamt GmbH 2022)

Bis zum Jahr 2020 wurden in Österreich circa 7 % der Landesfläche im Ausmaß von 5.768 km² in Anspruch genommen, was in etwa 18 % unseres Dauersiedlungsraums ausmacht.

Im Jahr 2020 verbrauchten wir 39 km² und haben somit um diese Fläche weniger produktive Böden zur Verfügung. Der Verbrauch schwankte in den letzten 20 Jahren erheblich: zwischen mindestens 38 km² und maximal 104 km². Um diese Schwankung im Verbrauch auszugleichen und die nebenstehende Tabelle besser lesbar zu machen, wurde der Mittelwert der letzten drei vorangegangenen Jahre ermittelt und abgebildet (punktierte Linie im Diagramm). Dieser Wert liegt derzeit bei 42 km² pro Jahr, das entspricht circa 11,5 Fußballfeldern* an verbrauchten Flächen pro Tag!

Laut aktuellem Regierungsprogramm (2020 – 2024) soll der Flächenverbrauch so weit wie möglich reduziert werden und der jährliche Zuwachs bis 2030 auf 9 km² pro Jahr sinken, was immer noch 2,5 Fußballfelder pro Tag bedeutet (Diagrammbalken 2030). Der Bedarf für tatsächlich versiegelte Flächeninanspruchnahme schwankte in den letzten 20 Jahren grob zwischen 16 und 34 km² pro Jahr, weist also eine deutlich geringere Schwankungsbreite als die allgemeine Flächeninanspruchnahme auf. In den letzten drei Jahren betrug die Versiegelung jeweils zwischen 15 und 20 km² pro Jahr, somit immer noch knapp 5 Fußballfelder pro Tag.

Jährlicher Zuwachs der Flächeninanspruchnahme in Österreich (km² / Jahr)
(Umweltbundesamt GmbH 2022)



* Annahme: 1 Fußballfeld $\approx$ 10.000 m²

Wie teilt sich nun die Flächeninanspruchnahme auf die verschiedenen Sektoren auf?

Von den 39 km² in Anspruch genommenen Flächen des Jahres 2020 in Österreich entfallen laut Umweltbundesamt GmbH 2022:

- + 10,6 km² auf Betriebsflächen
- + 23,0 km² auf Wohn- und Geschäftsflächen
- + 1,8 km² auf Erholungs- und Abbauflächen
- + 5,5 km² auf Straßen und
- 1,5 km² auf die Bahn*

In Österreich werden derzeit also pro Tag überschlagsmäßig folgende Flächen in Anspruch genommen:

- + 3 Fußballfelder für Betriebe
- + 6 Fußballfelder für Wohnungen und Geschäfte
- + ½ Fußballfeld für Erholung und Abbau
- + 1,5 Fußballfelder für Straßen
- ½ Feld für die Bahn*
- = Insgesamt also 10,5 Fußballfelder!!

- Also grob 1,5 für Straßen
- Und 9 für Betriebe, Wohnungen und Geschäfte

Laut Umweltbundesamt liegt der tatsächlich versiegelte Anteil dabei bei 41 % - 42 %.

2020: Flächeninanspruchnahme / Tag in Sektoren (Umweltbundesamt GmbH 2022)



*Besondere Flächen der Bahn wie zum Beispiel Bannwälder waren früher in der Kategorie „Schienenverkehrsanlagen“ ausgewiesen, werden jetzt aber nach und nach der Kategorie „Wald“ zugewiesen, daher kann der Sektor Bahn schrumpfen!

Wie viel Fläche haben wir nun eigentlich zur Verfügung?

Unter Dauersiedlungsraum versteht man jenen besiedelbaren und wirtschaftlich nutzbaren Raum, der nach Abzug von Wald, alpinem Grünland, Ödland und Gewässern für Siedlungsentwicklung, Infrastruktur, und landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung steht. Besonders in Österreich mit seinem hohen Anteil an alpinen Flächen kommt diesem Raum eine große Bedeutung zu.

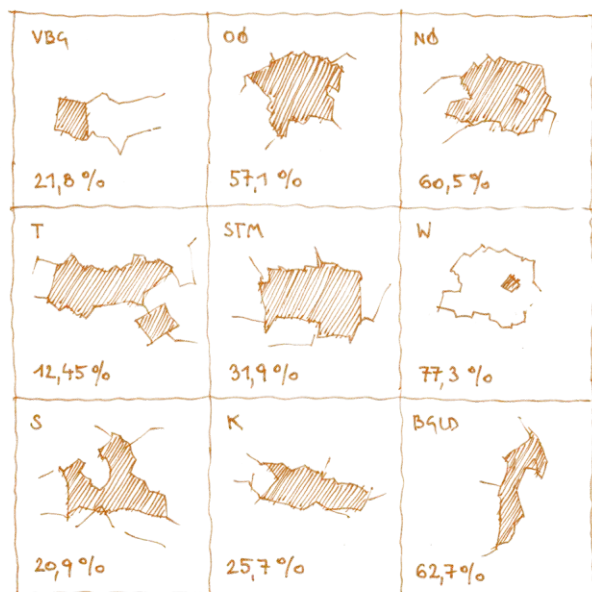
Der Dauersiedlungsraum österreichweit beträgt „nur“ 38,8 % der Gesamtfläche, wir haben also nicht 84 tsd km² zur Verfügung sondern nur 32,6 tsd km². Aufgrund der verschiedenen geografischen Gegebenheiten ist der Dauersiedlungsraum auch bundesländerweit sehr unterschiedlich und schwankt zwischen etwa 12,5 % in Tirol und 77,3 % in Wien.

Von den österreichweiten 32,6 tsd km², die zur Nutzung als Dauersiedlungsraum zur Verfügung stehen, wurden bereits 5,8 tsd km² konsumiert, somit verbleiben noch 26,8 tsd km². Wenn wir also weiterhin 42 km² pro Jahr konsumieren, haben wir zwar noch etwas mehr als 600 Jahre Zeit, bis das Land vollständig bebaut ist, dafür kann dann allerdings kein einziger Landwirt mehr sein Feld bestellen!

Der Dauersiedlungsraum in Österreich: (Örok 2022)



Der Dauersiedlungsraum in den Bundesländern: (Örok 2022)



Das Problem am Bodenverbrauch

Das größte Problem am Bodenverbrauch ist, dass dieser meist landwirtschaftlich genutzte Flächen betrifft, was sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Auswirkungen hat.

Wirtschaftlich deshalb, weil die versiegelten Flächen nicht nur errichtet, sondern auch gewartet werden müssen, was zu Lasten unserer Allgemeinkosten über das Budget passiert. Außerdem und vor allem wird durch den Verlust von landwirtschaftlichen Flächen aber unser Selbstversorgungsgrad bei landwirtschaftlichen Produkten wie Getreide, Gemüse und Hülsenfrüchten jedes Jahr geringer, und wir werden mehr und mehr von Lebensmittelimporten abhängig.

Die negativen ökologischen Effekte sind zahlreich:

- Verlust der biologischen Funktionen:

Werden Böden versiegelt, gehen alle biologischen Funktionen verloren. Dieser Prozess ist schwer rückgängig zu machen. Die Entsiegelung von Böden ist ein kostspieliger und zeitaufwendiger Prozess. Zu bedenken ist auch, dass die Bodenneubildung langwierig ist, denn die Neubildung von 1 cm Humus dauert 100 bis 200 Jahre.

- Verlust der Produktivität:

Historisch bedingt liegen die meisten Siedlungen in Regionen mit fruchtbarem Ackerland. Siedlungserweiterungen bedingen somit automatisch einen weiteren Verlust von produktiven Böden. Angesichts steigender Energiepreise und der höheren Nachfrage von Böden für die Produktion von Nahrungsmitteln und Biomasse gewinnen innerhalb der EU produktive Böden zunehmend an Bedeutung. In Österreich werden jährlich Böden im Ausmaß von rund 40 km² für Wohnen, Gewerbe, Industrie und Freizeit in Anspruch genommen und somit der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen. Dieser Produktionsverlust entspricht dem jährlichen Nahrungsbedarf von etwa 20.000 Personen.

- Gefährdung der biologischen Vielfalt:

Durch zunehmenden Straßenbau werden Landschaften zerschnitten und die Ausbreitung und Wanderung von Pflanzen und Tieren unterbunden. Die Zerschneidung von Lebensräumen kann durch Verschlechterung von Habitatbedingungen zur Abwanderung oder gar zum Verschwinden ganzer Arten führen.

- Erhöhtes Hochwasserrisiko:

Hohe Versiegelungsdichten in hochwassergefährdeten Siedlungen erhöhen die Gefahr von Überschwemmungen. Ein Hektar funktionseller (unversiegelter) Boden kann 2.000 m³ Wasser speichern. Im Zuge der Klimaveränderung nehmen die Starkregenereignisse und somit die Überschwemmungen zu. Die Unterbindung der Versickerung von Wasser durch den Boden verhindert die Filterung von Schadstoffen aus dem Wasser und erhöht den Bedarf für die Ableitung von Oberflächenwasser über ein Kanalsystem und kann damit das Hochwasserrisiko verstärken.

- Verlust der Staubbindung:

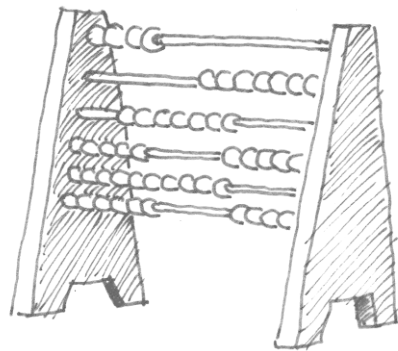
Unversiegelte Böden können Staubpartikel binden. In Städten und stadtnahen Gebieten, wo die Staubbildung besonders hoch ist, liefern unversiegelte Stadtböden einen besonders positiven Beitrag zur Luftverbesserung.

- Hitzeeffekte:

Versiegelter Boden kann kein Wasser verdunsten. In Siedlungsräumen mit hohen Versiegelungsraten führt dies zur Veränderung des Mikroklimas und zum Anstieg der lokalen Temperaturen. Daher sind Parkanlagen und „grüne Inseln“ besonders wichtig.

(Umweltbundesamt GmbH 2022)

3 RECHENANSÄTZE



Florian Betzler, GDF – Green Density Factor

Florian Betzler sucht in seiner Dissertation Methoden, um grüne Dächer und grüne Fassaden in den Planungsprozess von ArchitektInnen und PlanerInnen zu integrieren. Dazu entwickelt er ein System zur Berechnung von Einflüssen der Gebäudebegrünung in Relation zur versiegelten Gebäudefläche mit dem Ziel, die eingeführten Faktoren im Rahmen der Stadtplanung anzuwenden, um Umweltparameter eines Gebäudes zu standardisieren.

Dabei verwendet er zwei Faktoren: den Green Density Factor (GDF) und den Green Cooling Factor (GCF). Das Ziel dabei ist, diese als quantitatives und qualitatives Maß des Grünvolumens zu etablieren und im Planungsrecht gleichzusetzen mit etablierten Faktoren wie „GFZ“ (Geschoßflächenzahl § 56 Absatz 2 Satz 1 Salzburger Raumordnungsgesetz 2009: *die Geschoßflächenzahl ist das Verhältnis der Gesamtgeschoßfläche zur Fläche des Bauplatzes*) und „GRZ“ (Grundflächenzahl § 32 Absatz 6 Satz 3 OÖ. Raumordnungsgesetz 1994: *ist das Verhältnis der überbauten Grundfläche des oberirdischen Baukörpers bei lotrechter Projektion auf die waagrechte Projektionsfläche zur Fläche des Bauplatzes*).

Durch die Einfachheit der Faktoren in ihrer Anwendung können diese mit Leichtigkeit in zukünftigen Entwicklungsprogrammen, Bebauungs- und sonstigen Planungsrichtlinien Eingang finden, und somit nicht nur Hilfsmechanismen, sondern sogar Vorgaben für ArchitektInnen, StadtplanerInnen, EntwicklerInnen und sonstige EntscheidungsträgerInnen werden. Die Faktoren helfen den AnwenderInnen bei der Konzeption von Gebäuden, um diese – und in weiterer Folge ganze Städte – durch Außenbegrünung und Form hinsichtlich ihrer Umweltfreundlichkeit zu optimieren.

Der in weiterer Folge zu Vergleichszwecken verwendete Green Density Factor (GDF) (Betzler 2016: 6,7)

setzt dabei die Fläche der Gebäudebegrünung (Fassaden und Dach) ins Verhältnis zur versiegelten Grundfläche des Gebäudes. Je mehr Außenbegrünung ein Gebäude aufweist, desto höher ist der GDF-Faktor. In diesem Ansatz ist es möglich, durch Außenbegrünung den negativen Einfluss auf das Stadtklima zu kompensieren, den versiegelte Flächen verursacht haben – mit anderen positiven Nebeneffekten, die eine Begrünung mit sich bringt. Natürlich können nicht alle negativen Effekte der Flächenversiegelung in Städten (z.B. auf den Boden und das Grundwasser) durch Gebäudebegrünung alleine korrigiert werden.

Um die generellen Anwendungsmöglichkeiten der Faktoren zu demonstrieren, werden diese im Rahmen der Arbeit auf verschiedene Beispielgebäude angewandt, die sich in verschiedenen Klimazonen befinden, sowie aufgrund unterschiedlicher Umgebungen und Stadtdichten unterschiedliche Anforderungen an die nachhaltige Stadtentwicklung stellen.

In den betrachteten Fällen wird eine Fassadenbegrünung von 25 % Flächenanteil und eine Dachbegrünung von 80 % Flächenanteil angenommen.

Für die weitere Betrachtungsweise ist es wichtig, dass der Autor dieser Masterarbeit davon ausgeht, dass das aus folgenden Gründen passiert:

- Am Dach wird ein Prozentsatz von 80 für die Begrünung angesetzt, weil davon ausgegangen werden muss, dass sonstige Aufbauten, Anschlüsse und Durchbrüche die vollen 100 % nicht zulassen. Eine genauere Analyse dazu mit etwaigen Abstufungen erfolgt nicht.
- Für die Fassadenbegrünung werden 25 % der Gesamtfläche angesetzt, damit die Begrünung über sämtliche Fassadenflächen gleich berechnet werden kann, egal wie groß der Anteil an Fenstern bzw. Verglasungen dahinter ist.

Die vorliegende Arbeit geht im einzelnen und detailliert auf die verglichenen Projekte ein und erlaubt sich die Faktoren der jeweiligen Situation anzupassen.

GDF, Definition (Betzler 2016: 84,86):

Der Green Density Factor vergleicht die Fläche des oberflächigen Gebäudegrüns mit der Projektionsfläche (Footprint) des Gebäudes. Ein höherer Grad an Begrünung am Gebäude bedeutet somit einen höheren GDF-Faktor.

Die Basisformel lautet:

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA (m}^2\text{)} + \text{GFA (m}^2\text{)}}{\text{FP (m}^2\text{)}}$$

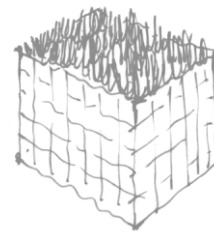
Folgende Faktoren gehen in die Berechnung ein:

GRA: Green Roof Area

= Dachfläche x Begrünungsfaktor

Begrünungsfaktor: gibt Auskunft über den Anteil der begrünzten Fläche

(In den Beispielen immer 80 %, in dieser Arbeit an die örtlichen Gegebenheiten angepasst!)

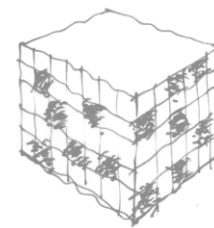


GFA: Green Facade Area

= Fassadenfläche x Begrünungsfaktor

Begrünungsfaktor: gibt Auskunft über den Anteil der begrünzten Fläche

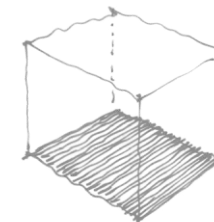
(In den Beispielen immer 25 %, in dieser Arbeit an die örtlichen Gegebenheiten angepasst!)



FP: Footprint Area

= Länge x Breite

(In den Beispielen immer genau die Grundfläche der Gebäude, in dieser Arbeit an die örtlichen Gegebenheiten angepasst: die Versiegelungsfläche ist meist größer als das Gebäude an sich! Deshalb werden hier festversiegelte, wasserundurchdringliche Flächen um das Gebäude ebenso zum Footprint gezählt)



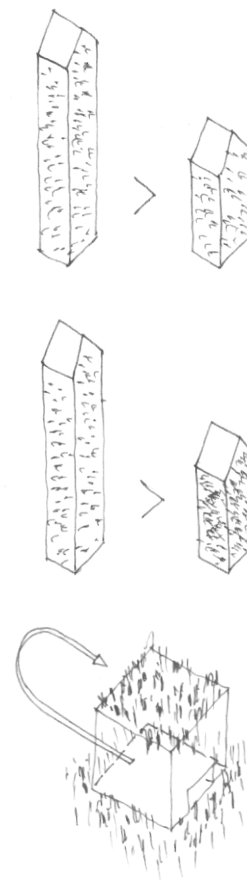
Nun haben konsequenterweise höhere Gebäude mit begrünter Fassade einen höheren GDF, weil mehr Fassadenfläche zur Verfügung steht.

Auch höhere Gebäude mit geringer Fassadenbegrünung können einen besseren Faktor als niedrigere Gebäude mit intensiver Fassadenbegrünung haben.

Ein Faktor größer 1 repräsentiert ein Gebäude, welches die Menge an verdrängtem Grün auf dem Bauplatz durch Begrünungen am Gebäude überkompensiert!

Nach dieser Berechnungsweise wäre also ein Gebäude mit dem Faktor 1 ein Nullversiegelungshaus!

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden alle behandelten Beispiele zusätzlich auch mit der eben vorgestellten Methode bewertet.



Der Versiegelungsfaktor

SLF – Sealing Level Factor

Der Autor dieser Arbeit ist nun der Meinung, dass der alleinige Flächenvergleich von Grünflächen zwar ein hervorragendes Element für einen ersten Ansatz zur Bewertung von Gebäudebegrünungen ist, für eine genauere Analyse zur Bewertung des Versiegelungsausgleichs aber weitere Faktoren betrachtet werden sollten.

Dazu wollen wir uns noch einmal die Nachteile der Versiegelung vor Augen führen:

Aufzählung nach (Umweltbundesamt GmbH 2022):

- *Verlust der biologischen Funktion*
- *Verlust der Produktivität*
- *Verlust/Gefährdung der biologischen Vielfalt*
- *Erhöhtes Hochwasserrisiko*
- *Verlust der Staubbindung*
- *Hitzeeffekte*

Mit Ausnahme der beiden Themen Hochwasserrisiko und Hitzeeffekte in der Stadt (darauf bezieht sich im übrigen die Dissertation von Florian Betzler im Abschnitt GCF – Green Cooling Factor) scheinen die angeführten Themen schwer in ein mathematisches Korsett zu passen.

Trotz allem ist diese Arbeit auf der Suche nach Lösungen, wie ein allfälliger Schaden so gut wie möglich korrigiert werden kann. Aber wer bestimmt nun, wie dick zum Beispiel eine Humusschicht sein muss, damit sie zumindest gleichwertig einer

natürlich gewachsenen Schicht ist? Beziehungsweise wer maßt sich an, dies zu bestimmen, eben deshalb, weil dabei unzählige Faktoren zu beachten sind?

Das Thema Wasser – als Basis allen Lebens – könnte dazu geeignet sein. Vorrangig stellt sich die Frage, „Kann, beziehungsweise wie kann man versiegeltes Land wieder gut machen?“ Prinzipiell ist natürlich jeder Eingriff in die Natur unumkehrbar! Allein durch ihr Dasein hat die Menschheit von Anfang an in die Natur und deren Oberflächen eingegriffen, egal ob durch Rodungen, Bepflanzungen oder durch die Errichtung von Behausungen bis hin zu Dörfern und Städten, daher auch der Name unseres Zeitalters: Anthropozän!

Nun verändert jeder Eingriff in unsere Natur nicht nur den lokalen Wasserkreislauf, sondern die Wasser-Energie-Austauschzyklen in der gesamten Atmosphäre, beeinflusst also das globale Klima insgesamt.

Wobei das große Problem die detaillierte Quantifizierung dieser Phänomene ist, die ein derzeit nur unzureichend vorhandenes weltweites Langzeitmonitoring des Landverbrauchs und der daraus resultierenden klimatischen Folgen benötigt.

Klar und eindeutig ist nur, dass wir durch Veränderungen in der Bodennutzung auch den Wasserkreislauf verändern, weil wir durch Versiegelung die Versickerung von Wasser im Boden verringern und deshalb auch konsequenterweise die Wasserverfügbarkeit im Boden reduzieren.

Und natürlich: je weniger Wasser im Boden, desto weniger kann über Pflanzen verdunsten und desto geringer ist die Wasseransammlung in unserer Atmosphäre, mit dem Endeffekt, dass es insgesamt weniger regnet. Andererseits kann Vegetation Wasser speichern und damit seine Verdampfung steigern um schlussendlich eine bessere Luftqualität herzustellen.

Somit steht und fällt offensichtlich alles mit der Menge des Wassers im Boden. Und hier könnte man mit der Lösung des Problems auch ansetzen: Weil es für die Bewegung von Wasser auf und in verschiedenen Untergründen sehr wohl wissenschaftlich hinterlegte Werte gibt, weil das Thema Regenwassermanagement, wenn auch aus anderen Gründen, immer schon relevant war und ist.

Nun haben wir uns aber sehr lange Zeit damit beschäftigt, wie schnell wir Wasser loswerden können, und erst langsam ist ein Umdenken eingeleitet, weil wir mehr und mehr entdecken, dass es viel wichtiger ist, so viel Wasser wie möglich zurückzuhalten.

Grundlage einer mathematischen Lösung kann zum Beispiel das Beiblatt Regenwasserbewirtschaftung mit Gründächern zur ÖNORM L 1131 sein.

In dieser steht vor allem der nachhaltige Umgang mit Regenwasser, sowie die Verdunstungs- und Retentionsleistung im Vordergrund. Durch den Rückhalt von möglichst viel Regenwasser soll eine hohe Verdunstungsleistung von Dachbegrünungen zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserkreislaufs erzielt werden. Eine erhöhte Wasserspeicherung trägt auch zu einer höheren Biodiversität bei, steigert die Verdunstungsleistung der Vegetation und entlastet dabei gleichzeitig das Kanalsystem. Dies kann vor allem durch einen entsprechenden Gründachaufbau mit erhöhter Substratschicht beziehungsweise durch technische Komponenten unter der Substratschicht erreicht werden (Wasseranstaup bzw. Retentionsdach).

Bei der Bemessung der Dachentwässerung ist der sogenannte Abflussbeiwert C heranzuziehen (ÖNORM EN 12056-3). Dieser Wert ist zudem bei der Berechnung des Regenwasserabflusses (l/s) zu verwenden.

Jahresabflussbeiwerte sind wichtige Kenngrößen für die Regenwasserbewirtschaftung. Im besonderen werden sie als empfohlene Richtwerte für die Bemessung von Retentionsräumen herangezogen.

Abflussbeiwerte sind aber auch in diversen Normen geregelt, zum Beispiel in

- ÖNORM EN 12056-3: 2000-12: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung (hat den Status einer Deutschen Norm. 2001-01)
- DIN 1986-100:2016-12: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
- ÖNORM B 2501: 2016-08: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Planung, Ausführung und Prüfung - Ergänzende Richtlinien zu ÖNORM EN 12056 und ÖNORM EN 752

Wobei sich die genaueste und umfangreichste Aufschlüsselung von Abflussbeiwerten in der DIN 1986 – 100: „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“ befindet, weshalb diese als Grundlage der vorliegenden Arbeit herangezogen wird.

DIN 1986-100: 2016-12:

DIN 1986-100:2016-12

14.2.3 Abflussbeiwerte

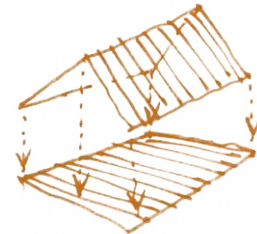
Tabelle 9 — Abflussbeiwerte C zur Ermittlung des Regenwasserabflusses

Nr.	Art der Flächen Die Abflussbeiwerte beziehen sich ausschließlich auf Flächen, die potentiell einen Abfluss zum Entwässerungssystem haben.	Spitzenabflussbeiwert C_s	Mittlerer Abflussbeiwert ^c C_m Berechnung von V_{RRR}
1	Wasserundurchlässige Flächen, z. B. Dachflächen — Schrägdach — Metall, Glas, Schiefer, Faserzement — Ziegel, Abdichtungsbahnen — Flachdach (Neigung bis 3° oder etwa 5 %) — Metall, Glas, Faserzement — Abdichtungsbahnen — Kiesschüttung — Begrünte Dachflächen ^a — Extensivbegrünung (> 5°) — Intensivbegrünung, ab 30 cm Aufbaudicke (≤ 5°) — Extensivbegrünung, ab 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°) — Extensivbegrünung, unter 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°) Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege) — Betonflächen — Schwarzdecken (Asphalt) — befestigte Flächen mit Fugendichtung, z. B. Pflaster mit Fugenverguss Rampen — Neigung zum Gebäude, unabhängig von der Neigung und der Befestigungsart	 1,0 1,0 1,0 1,0 0,8 0,7 0,2 0,4 0,5 1,0 1,0 1,0	 0,9 0,8 0,9 0,9 0,8 0,4 0,1 0,2 0,3 0,9 0,9 0,8 1,0
2	Teildurchlässige und schwach ableitende Flächen, z. B. Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege) — Betonsteinpflaster, in Sand oder Schlacke verlegt, Flächen mit Platten — Pflasterflächen, mit Fugenanteil > 15 %, z. B. 10 cm × 10 cm und kleiner oder fester Kiesbelag — wassergebundene Flächen — lockerer Kiesbelag, Schotterrasen, z. B. Kinderspielplätze — Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Drainsteine — Rasengittersteine (mit häufigen Verkehrsbelastungen, z. B. Parkplatz) — Rasengittersteine (ohne häufige Verkehrsbelastungen, z. B. Feuerwehrezufahrt) Sportflächen mit Drainung — Kunststoff-Flächen, Kunststoffrasen — Tennenflächen — Rasenflächen	 0,9 0,7 0,9 0,3 0,4 0,4 0,2 0,6 0,3 0,2	 0,7 0,6 0,7 0,2 0,25 0,2 0,1 0,5 0,2 0,1
3	Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten — flaches Gelände — steiles Gelände	 0,2 ^b 0,3 ^b	 0,1 0,2
^a	Siehe auch [7] für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, die dort genannten Werte sind C_s -Werte		
^b	Bei diesen Flächen ist für den Überflutungsnachweis ein möglicher höherer Abflussbeitrag je nach örtlichen Gegebenheiten (z. B. Gefälle, Boden, Vegetation) zu prüfen.		
^c	Aufgrund der Anwendung einer einheitlichen Wiederkehrzeit ($T = 2$ a) und des begrenzten Anwendungsspektrums für die Bemessung von V_{RRR} wird hier jeweils nur ein Wert für C_m genannt. Die in den DWA-Regelwerken genannten Wertespektren beziehen sich auf unterschiedliche Wiederkehrzeiten und Planungssituationen.		

BEST BeuthStandardsCollection • Stand 2017-03

Für sämtliche folgende Berechnungen werden die mittleren Abflussbeiwerte C_m verwendet.

Bei der Bemessung ist als wirksame Dachfläche die im Grundriss projizierte Dachfläche zu verwenden. (siehe Abb. rechts)



Die abflusswirksame Grundstücksfläche ist aus dem Außenanlagenplan unter Berücksichtigung der Abflussbeiwerte zu ermitteln.

Die abflusswirksame Fläche A_u ergibt sich aus der Multiplikation der befestigten Fläche im Grundriss mit dem jeweils zugehörigen Abflussbeiwert C_m , also $A_u = A \times C_m$.

(DIN 1986-100: 2016-12)

schlussendlich werden alle festgestellten abflusswirksamen Flächen zu einer gesamt-abflusswirksamen Fläche „ A_u nach“ addiert

$$A_u \text{ nach} = A_1 \times C_{m1} + A_2 \times C_{m2} + A_3 \times C_{m3} + \dots + A_n \times C_{mn}$$

als Vergleich dient nun die abflusswirksame Fläche auf dem Grundstück vor Projektbeginn

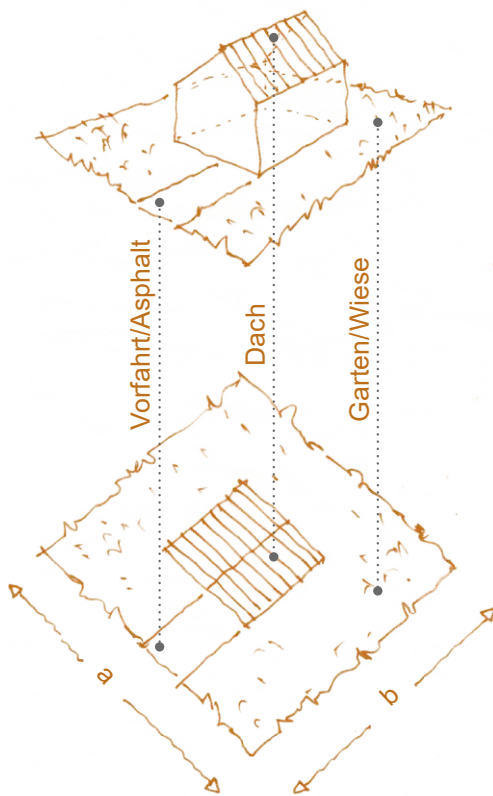
$$A_u \text{ vor} = A \text{ vor} \times C_m \text{ vor}$$

den gewünschte Versiegelungsfaktor, hier genannt **SLF** SealingLevelFactor, erhält man schlussendlich, indem man die abflusswirksame Fläche nach Bebauung des Grundstücks durch die davor dividiert:

$$\text{SLF} = \frac{A_u \text{ nach}}{A_u \text{ vor}}$$

*Die verbesserte Hochwasserbewältigung ist nicht vorrangiges Ziel, sondern nur positives Nebenprodukt dieser Arbeit, weshalb der Spitzenabflussbeiwert nicht relevant scheint. Aus dem gleichen Grund und da es hier mehr um allgemeine Basiswerte für die Vergleichbarkeit und weniger um geografisch projektspezifische Werte von Projekten geht, werden in dem Zusammenhang auch bewusst die örtlichen Regenspenden vernachlässigt, welche normalerweise Basis der normierten Berechnungsgrundlagen sind.

Beispielrechnung



$Au_{\text{Garten}} = \text{Fläche Garten} \times \text{Cm Wiese}$
 $Au_{\text{Vorfahrt}} = \text{Fläche Vorfahrt} \times \text{Cm Asphalt}$
 $Au_{\text{Dach}} = \text{projizierte Fläche Dach} \times \text{Cm Dach}$
 $Au_{\text{nach}} = \sum Au_{\text{Garten}} + Au_{\text{Vorfahrt}} + Au_{\text{Dach}}$

$Au_{\text{vor}} = \text{Grundstücksfläche } (a \times b) \times \text{Cm Wiese}$

$$SLF = \frac{Au_{\text{nach}}}{Au_{\text{vor}}}$$

Ein Ergebnis über 1 bedeutet eine Verschlechterung der Versiegelungssituation,

Ein SLF von 2 ist somit genau doppelt so schlecht wie die Ausgangssituation, ein SLF von 3 drei Mal so schlecht...

Ein Ergebnis von genau 1 ist versiegelungsneutral und bedeutet rechnerisch, dass das angepeilte Nullversiegelungshaus erreicht ist.

Ein Ergebnis unter 1 bedeutet eine Verbesserung der Ursprungssituation, wir sprechen dabei vom Minusversiegelungshaus!

4 ANALYSE UND KONZEPTE



Untersuchungen am Einfamilienhaus

Im folgenden Kapitel werden sechs mehr oder weniger freistehende Einfamilienhäuser aus der Hand von Caramel architekten zt gmbh in Wien* miteinander in ihrem Bezug auf Versiegelung verglichen.

Dabei wird jeweils der zuvor konzipierte Versiegelungsfaktor SLF betrachtet, gleichzeitig aber auch gegenübergestellt, wie ein Ergebnis mit dem bereits etablierten GreenDensityFactor GDF aussehen könnte.

* Bei den umgesetzten Arbeiten von Caramel architekten liegt meist ein besonderer Fokus auf spar- und sorgsamem Umgang mit Flächenverbrauch. Bis dato gab es aber keinerlei Bewertungstools für diesen Umgang mit den vorhandenen Flächenressourcen. Diese Arbeit gilt unter anderem auch dem Versuch der Quanti- und Qualifizierung dieser Vorgangsweise.

Haus Rod

Caramel architekten
Wien 2010



Projektbeschreibung

Eine Familie mit einem Kind – und dem Wunsch nach weiteren Kindern – möchte von einer innerstädtischen Wohnung an den Stadtrand ins Grüne ziehen. Im Traum spielen Kinder auf der Wiese, die Eltern sitzen mit Freunden dazwischen und ringsherum nur Garten, Bäume, freie Natur. Das erworbene Grundstück ist ca. 500 m² groß, mit Bäumen und Wiese bewachsen.

Auf zwei oberirdischen und einem unterirdischen Geschoß sollen insgesamt 300 m² Wohnraum geschaffen werden. Der Anbau an das Nachbargebäude – also die gekuppelte Bauweise – ist widmungsrechtlich vorgegeben.

Um den Charakter des unbebauten Gartens zu erhalten, werden der Wohn- und Essbereich im Erdgeschoß und der Garten mit einer großen Schwingungsbewegung vereint. Dadurch entsteht atmosphärisch ein 500 m² Wohnzimmer aus Freiraum und Innenraumbereichen. Die Schwingung setzt sich im Wohnmaßstab mit Sitzgruben, geschwungenen Möbeleinbauten, runden Pool- und Terrassenformen fort.

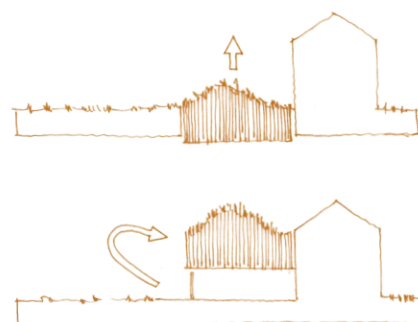
Darüber auf dem Dach wird mit einer begrüntem Hügellandschaft das entnommene Gartenstück des Erdgeschoßes als Garten wieder eingesetzt.

Detail am Rande: Baurechtlich gilt der Hügel am Dach als Walmdach!

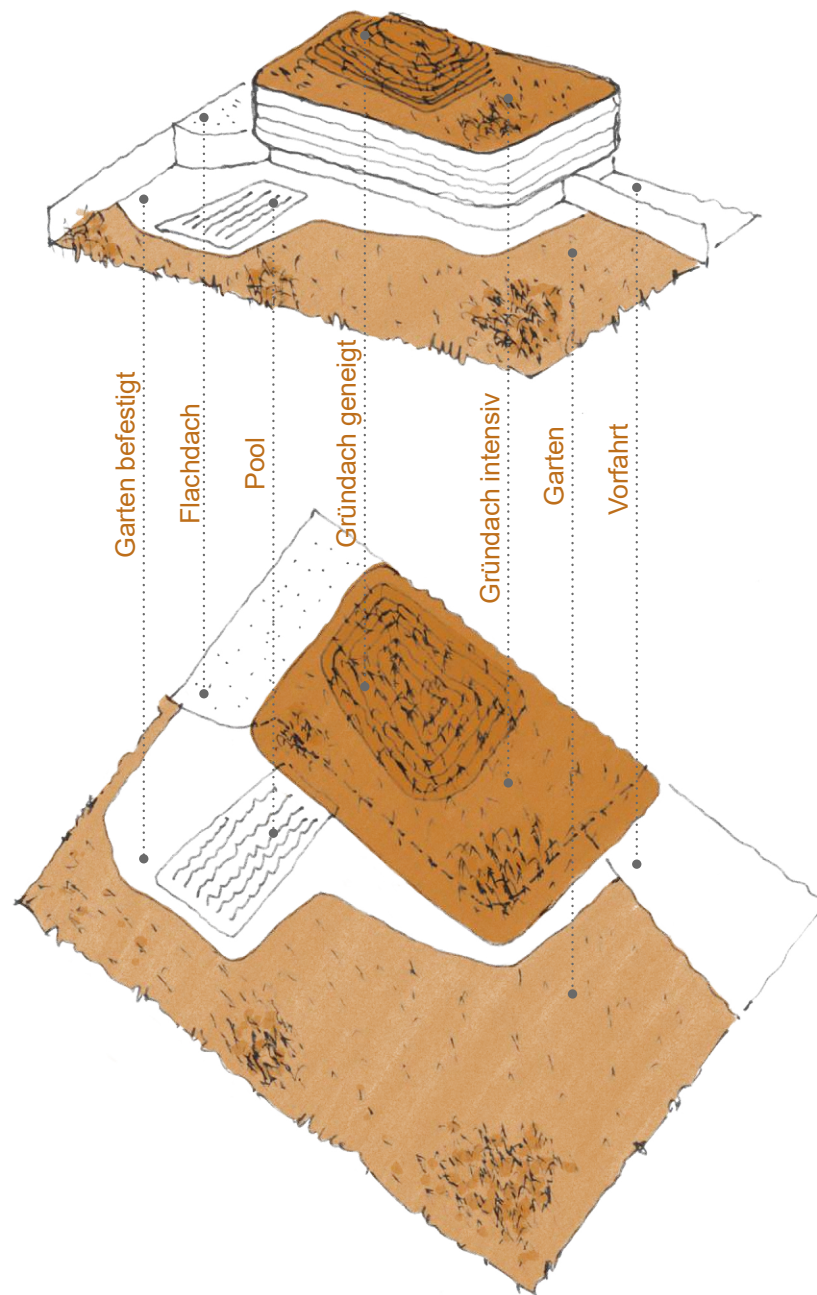
Grundprinzip

Der vorhandene Hügel auf dem Baufeld wandert zwei Stockwerke höher auf das Dach.

Die bebaute Fläche des Erdgeschoßes wird durch die Bepflanzung des Dachhügels mit Gräsern, Bäumen und Sträuchern der Natur fast zur Gänze wieder zurückgegeben.



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich am Baufeld:



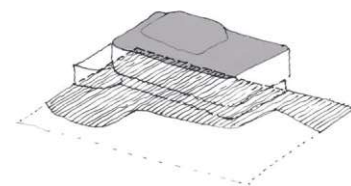
horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Flachdach	Kies	30	0,8	24
Gründach	intensiv	90	0,1	9,0
Gründach	geneigt	43	0,4	17,2
Vorfahrt	Asphalt	40	0,9	36,0
Pool	Wasser	24	0,9	21,6
Garten befestigt	Beton	56	0,9	50,4
Garten	Wiese	232	0,1	23,2
Au gesamt, nach				181,4
Au vor	Wiese	515	0,1	51,5

* Beim Pool handelt es sich um einen Naturpool, nachdem aber davon ausgegangen werden kann, dass die natürliche Retentionskapazität nur für das vorhandene Wasser ausreichend ist, und die Wasserspeicherkapazität von Wasser nur 0 sein kann, das Becken aber durchgehend betoniert ist, wird von einem Cm Wert von 0,9 wie bei Beton ausgegangen.

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{181,4}{51,5} = 3,5 > 1 \quad (\text{Sollwert bei weitem nicht erfüllt})$$

Vergleich GDF

Nachdem der Autor sämtliche fest versiegelten Flächen zur Berechnung als Footprint heranzieht, ist dieser mehr als doppelt so hoch wie der des eigentlichen Gebäudes, was auch zu einem sehr ungünstigem GDF von ca. 0,5 führt. Nachdem der Ausgangswert des unberührten Grundstücks 1 ist, hat sich mit dieser Berechnungsmethode der Wert durch den Bau um den Faktor 2 verschlechtert.



GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach intensiv	90
Gründach geneigt	43
Fläche gesamt	133
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach gesamt	133
Nebengebäude	30
Garten befestigt	56
Vorfahrt Asphalt	40
Pool	24
Fläche gesamt	283
GDF green density factor	0,5

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(133 + 0)}{283} = 0,5 < 1$$

(Sollwert nicht bzw. nur zu 50 % erfüllt)

Fazit



Trotz des hehren Ziels der Reorganisierung der Natur am und um das Haus, muss man leider feststellen, dass das Ergebnis ernüchternd ist, weil sich der Versiegelungsfaktor auf dem Grundstück durch den Bau mehr als verdreifacht hat.

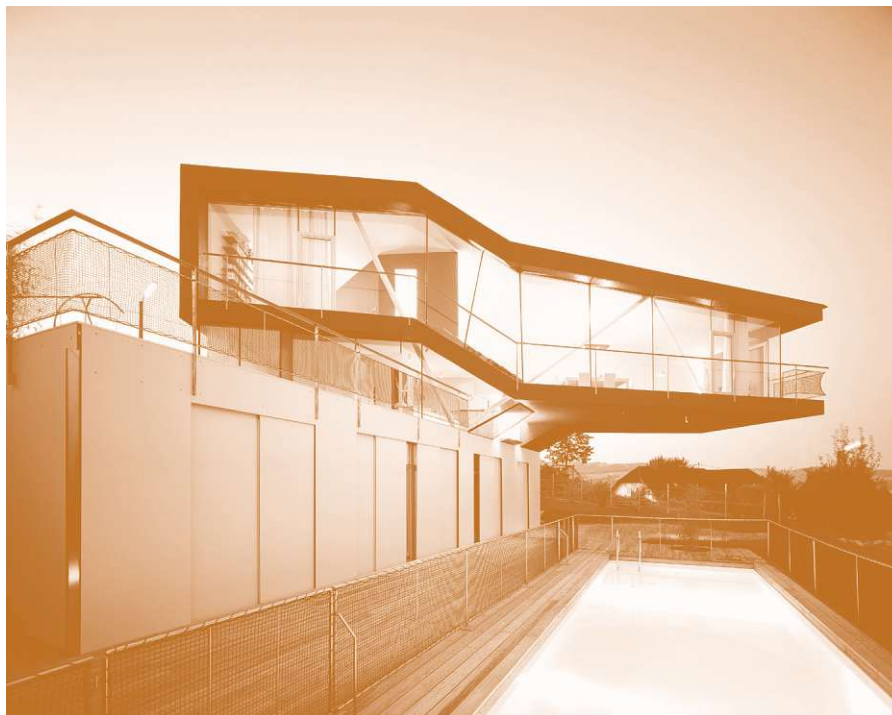
Maßgebliche Faktoren dafür sind:

- die Neigung des Gründachs (schneller Wasserabfluss),
- die Bekiesung des Flachdachs vom Nebengebäude,
- die großen versiegelten Flächen der Freianlagen bzw. vor allem die dafür angewandten Materialien
- und ganz besonders die Entwurfsidee von ineinander verwobenen Außen- und Innenräumen mittels durchgehender Materialität:

Im konkreten Fall des von innen nach außen gleitenden Betonbodens wird dieser zum Problem für das Projekt, weil die großen Betonflächen im Außenbereich auch durch andere begleitende Maßnahmen nicht wettgemacht werden können.

Haus H

Caramel architekten
Linz 2002



Projektbeschreibung

Als die BauherrInnen sich entschlossen, das Grundstück am Linzer Pöstlingberg zu erwerben, waren die ArchitektInnen bereits in die Entscheidung eingebunden. Der grandiose Ausblick vom Südosthang über Linz rechtfertigte den Grundstückspreis; Vorgabe an die ArchitektInnen war aber, die knappen Freiraumressourcen (ca. 820 m²) ideal zu nutzen. So rückt das Haus auf dem Grundstück direkt an drei der vier gesetzlich bestimmten Mindestabstandslinien, unterirdisch werden diese sogar unterschritten; die Grundstücksform ist somit Vorgabe für die Baukörpersituierung.

Die vertikale Staffelung der Funktionen führt außerdem zu höchst sparsamer „Verbauung“; lediglich 46 m² des Grundstückes sind nicht als Freiraum nutzbar!

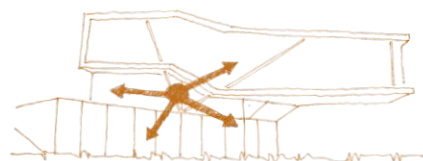
Raumschleife um zentralen Knotenpunkt:

Ausgehend vom zentralen Gebäudeknotenpunkt auf Eingangsniveau „Küche + Spielen“, entwickeln sich die Raumbereiche Wohnen, Büro und Schlafen als auskragende oder eingegrabene Raumschleifen in die Tiefe des Grundstückes. Alle Raumschleifenteile gehen ineinander über und haben einen direkten Bezug zum Knotenpunkt. Der Außenraum wird durch dieses Raumgefüge jeweils entlang der Schleifen bis zum Zentrum geführt.

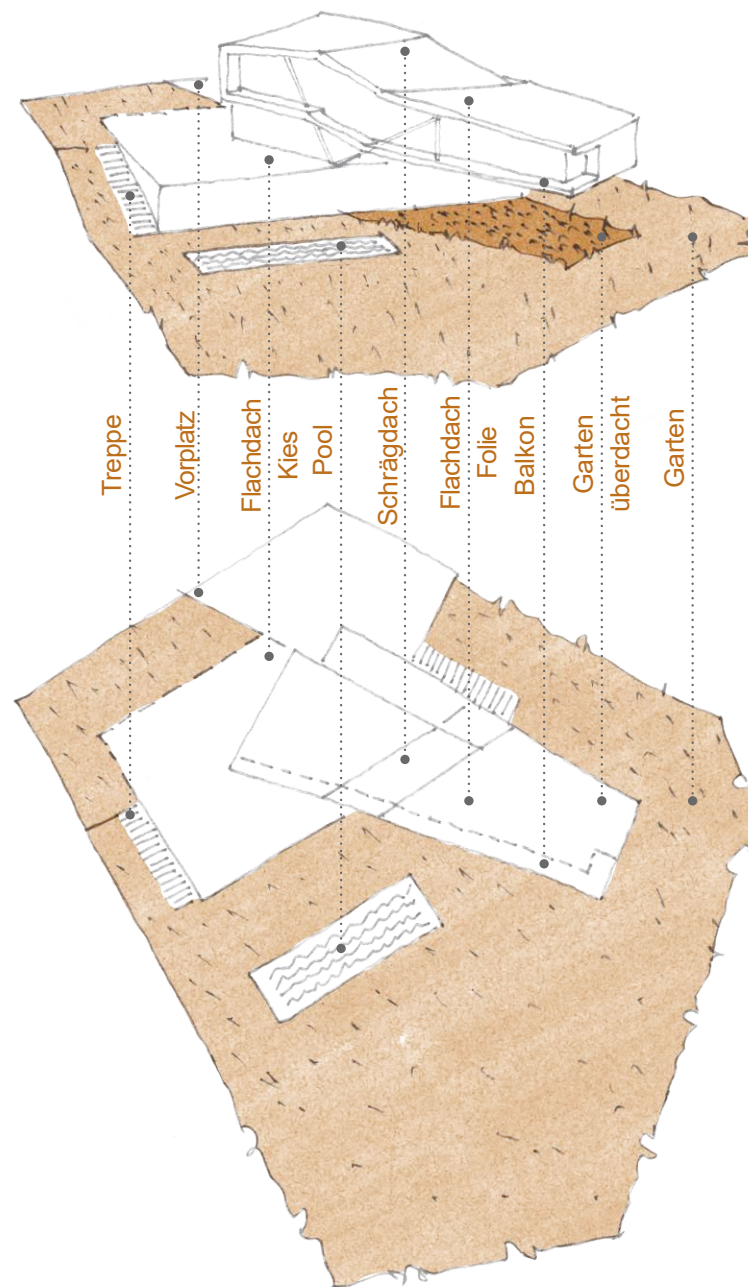
Grundprinzip

Das Schlafgeschoß ist zur Gänze eingegraben, das Wohngeschoß kragt fast gänzlich aus, mit der Küche als sogenanntem Cockpit gibt es nur einen Footprint von 46 m².

Allerdings gibt es am Gebäude keinerlei Begrünung außer dem bestehenden Gelände unter dem auskragenden Teil.



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich auf dem Baufeld:



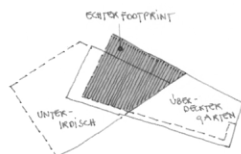
horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Flachdach	Folie	100	0,9	90
Schrägdach	Folie	22	0,8	17,6
Flachdach	Kies	67	0,8	53,6
Pool	Wasser	27	0,9	24,3
Vorplatz	Kies	59	0,6	35,4
Treppen	Beton	11	0,9	9,9
Garten	Wiese	533	0,1	53,3
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Garten	Wiese	59	0,1-1	-53,1
Balkon	Folie	12	0,9-1	-1,2
Au gesamt, nach				229,8
Au vor	Wiese	819	0,1	81,9

* Das Poolbecken ist durchgehend betoniert, weshalb von einem Cm Wert von 0,9 wie bei Beton ausgegangen wird.

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{229,8}{81,9} = 2,8 > 1 \quad (\text{Sollwert bei weitem nicht erfüllt})$$

Vergleich GDF

GRA green roof area	Fläche (m²)
Begrünung unter Gebäude	59
Fläche gesamt	59
FP footprint area	Fläche (m²)
Dach gesamt	122
Pool	27
Fläche gesamt	149
GDF green density factor	0,4



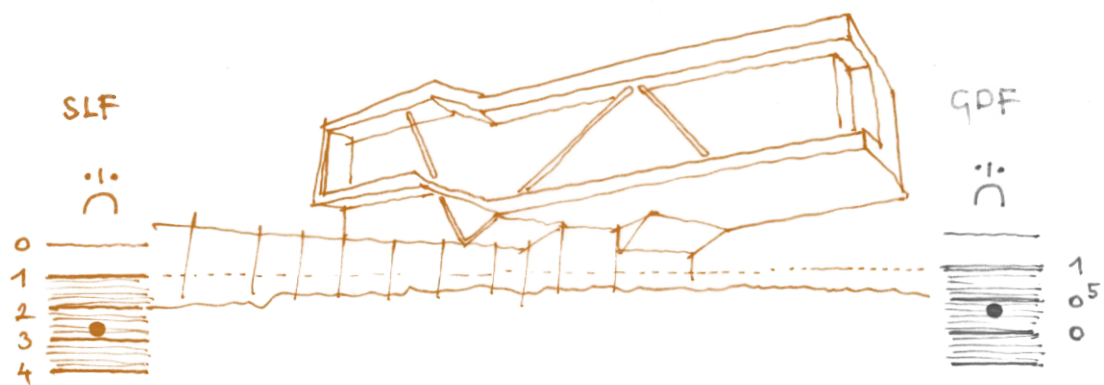
$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(59 + 0)}{149} = 0,4 < 1$$

(Sollwert nicht erfüllt)

Das Gebäude ist nach der herkömmlichen GDF Methode kaum zu berechnen beziehungsweise stellt sich die Frage, ob der vergrabene Teil zum Footprint zählt und es gibt keine Vorgabe, wie der überdeckte Garten zu bewerten ist. Hier werden folgende Annahmen getroffen:

- Der unterirdische Teil hat genügend Überdeckung und ist somit nicht Teil des Footprints,
- Der nichtbegrünte Footprint des Gebäudes ist kleiner als das Gebäude an sich, dafür ist die Berechnung nicht vorgesehen, deshalb wird die Begrünung unter dem Gebäude als Gründach in die Rechnung eingefügt.

Fazit



Obwohl keinerlei Gebäudebegrünung ausgeführt ist, wird das Projekt im Versiegelungsfaktor SLF besser bewertet als sein Vorgänger in Beispiel 1. Das Bemühen des Entwurfs um einen kleinen Fußabdruck hat sich offensichtlich doch bewährt.

Nichtsdestoweniger ist das Projekt von der erwünschten Versiegelungsneutralität (Wert ≤ 1) meilenweit entfernt!

Positive Faktoren sind:

- der kleine Footprint wegen
- des eingegrabenen Garten-Geschoßes
- und des großen auskragenden Teils.

Negative Faktoren sind:

- die fehlende Begrünung in allen Bereichen,
- der große freiliegende Pool.

Dass auch der GrenDensityFactor negativ ausfällt, ist ob der fehlenden Begrünung selbstredend.

Haus Mesh

Caramel architekten
Hagenberg 2020



Projektbeschreibung

Wesentliches Ziel des Entwurfes und Wunsch der BauherrInnen war ein zukunftsorientierter Umgang mit Materialien und ein in die Umgebung eingebundener Baukörper.

Ein großzügiges begrüntes Dach als ausgeschnittene und hochgefaltete Landschaft bildet das größte raumbildende Element des Hauses. Der Verschnitt des massiven Terrassenplateaus mit der Geländekante bildet nur partiell eine Anpassung an die Topografie, daher hebt sich der Baukörper nord-/westseitig aus dem Gelände.

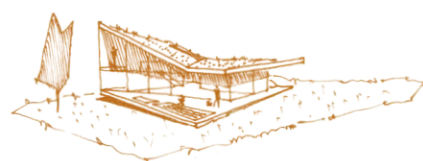
Die durch den Aushub entnommene Vegetationsschicht wird der Landschaft auf dem Dach wieder zurückgegeben.

Das Herzstück des Hauses bildet der teils fünf Meter hohe, ebenerdige Wohnraum, von dem sämtliche Räume, der Garten und das Terrassenplateau mit dem Pool erschlossen sind. Fließend gehen Räume und Oberflächen ineinander über, ebenso der Betonboden und die Untersicht des Daches, die sich beide durch die rahmenlose Glasfassade von innen nach außen weiterziehen. Das Einbeziehen von Natur und Umgebung wird durch diese Gesten noch einmal mehr betont.

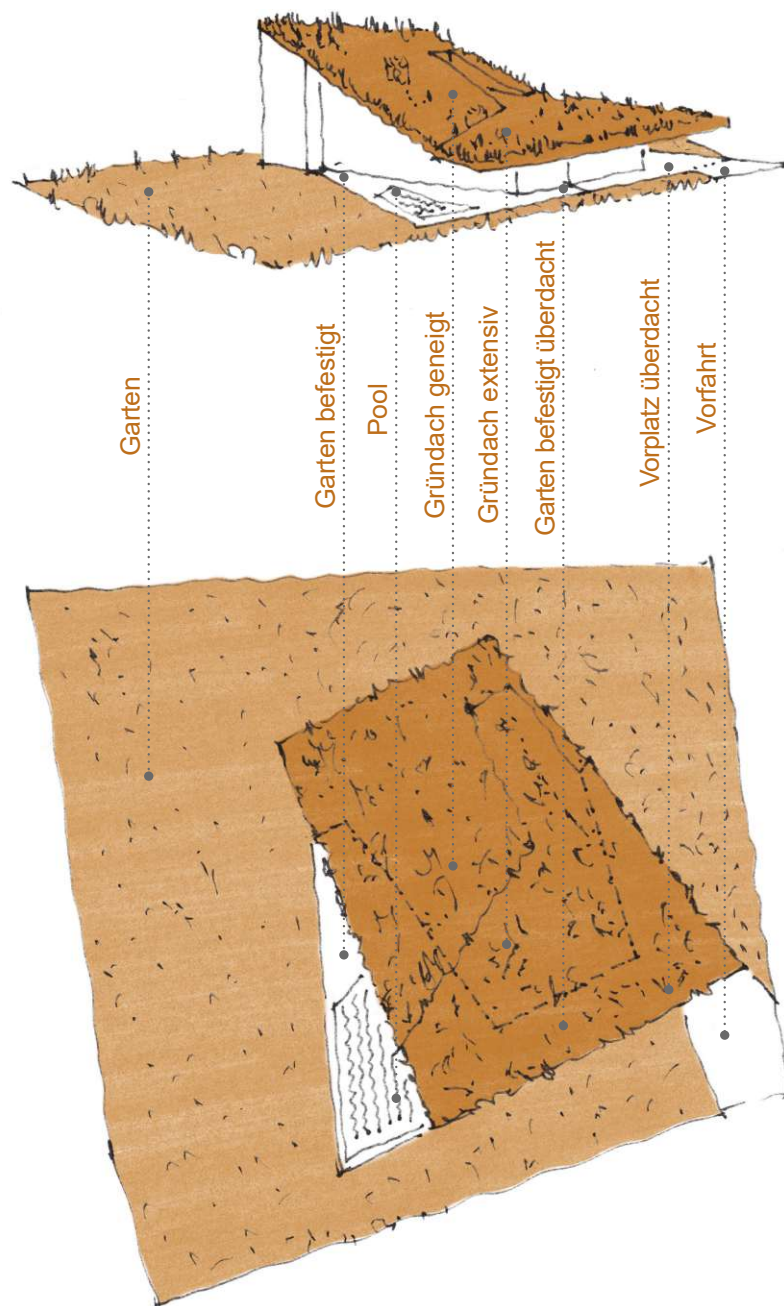
Das Gebäudeklima wird einerseits durch die fertige, polierte und gewachste, als Speichermasse dienende Betonoberfläche des Fußbodens und andererseits durch das scheinbar überdimensionierte Gründach gebildet, welches im Südwesten als baulicher Sonnen- und Wärmeschutz dient und zusätzlich, begünstigt durch seine dicke Vegetationsschicht, das Vor-Ort-Klima reguliert.

Grundprinzip

Ein großflächig dimensioniertes begrüntes Dach beherbergt annähernd sämtliche versiegelten darunterliegenden Flächen. Außer der Zufahrt gibt es dafür keinen weiteren Bedarf mehr.



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	134	0,3	40,2
Gründach	geneigt	112	0,4	44,8
Vorfahrt	Kies	20	0,7	14,0
Pool	Wasser	20	0,9	18,0
Garten befestigt	Beton	13	0,9	11,7
Garten	Wiese	553	0,1	55,3
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Garten befestigt	Beton	44	0,9 - 1	-4,4
Vorplatz	Kies	79	0,7 - 1	-23,7
Au gesamt, nach				155,9
Au vor	Wiese	852	0,1	85,2

* Teilweise liegen Flächen unter dem auskragenden Dach, es kommt also zu einer Flächenvermehrung, was prinzipiell positiv zu sehen ist. In der Rechnung würden allerdings solche doppelten Flächen die abflusswirksame Fläche vergrößern bzw. verschlechtern und somit den finalen SLF-Wert erhöhen. Damit dies nicht der Fall ist, trifft der Autor für diese zusätzlichen Flächen die Annahme, dass jeglicher Wert, der besser als der Maximalwert 1 ist, um die Differenz von diesem Wert 1 vom Gesamtergebnis abgezogen werden darf!

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{155,9}{85,2} = 1,8 > 1 \quad (\text{Sollwert nicht erfüllt})$$

Vergleich GDF

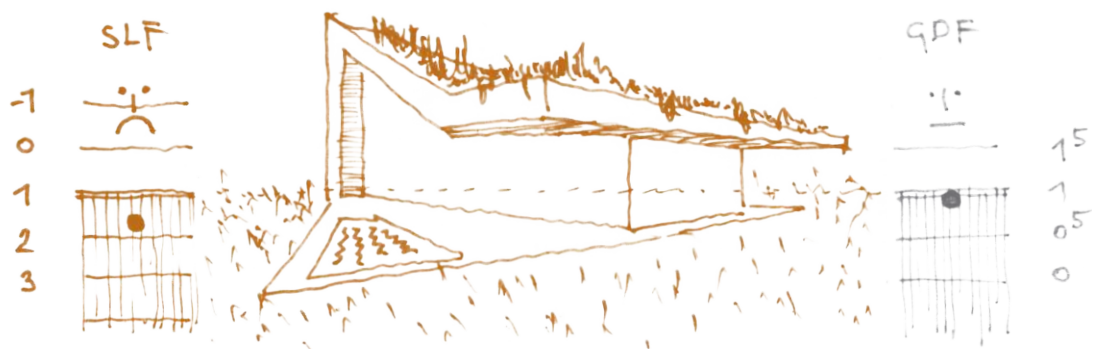
Nachdem fast der gesamte Footprint des Hauses begrünt ist, beträgt auch der GDF annähernd 1, das Gebäude ist also fast GDF- versiegelungsneutral!

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(246 + 0)}{279} = 0,9 \leq 1$$

(Sollwert annähernd erfüllt)

GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach extensiv	134
Gründach geneigt	112
Fläche gesamt	246
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach gesamt	246
Garten befestigt	13
Pool	20
Fläche gesamt	279
GDF green density factor	0,9

Fazit



Trotz des fast flächendeckenden Gründachs hat sich die abflusswirksame Fläche durch die Bebauung immer noch nahezu verdoppelt!

Negative Faktoren dabei sind:

- die Neigung des Gründachs (schneller Wasserabfluss),
- der zu geringe Aufbau des Gründachs.

Positive Faktoren sind:

- die große Fläche des Gründachs,
- die Verschiebung eines Großteils der versiegelten Außenflächen unter das Dach.

Die Entwurfsidee scheint bestechend, das Manko mit dem Pool außerhalb des Daches lässt sich aber nicht leugnen. Und obwohl die wahre Länge/Oberfläche des Daches größer ist als die gesamte befestigte Fläche auf dem Grundstück, kann die Bebauung die versiegelte Fläche nicht ausgleichen:

Die Berechnungsmethode für schräge Dächer scheint benachteiligend, macht aber wegen des darin stattfindenden schnelleren Wasserabflusses durchaus Sinn.

Haus am Berg

Caramel architekten
Götzendorf 2018



Projektbeschreibung

Den Bauherrn, einen naturverbundenen Bergmenschen, schlägt es nach einigen Jahren in der Großstadt mit seiner Familie ins flache, ländliche Niederösterreich. Natur pur, das einzige, was ihm fehlt sind die Berge, darum haben ihm Caramel Architekten einen „Hausberg“ gebaut. Mit Aussicht und Rodelwiese lässt es sich so auch im Flachland aushalten.

Der Holzbau unterstreicht den ländlichen Charakter, ohne dabei ins Volkstümliche abzudriften. Das auskragende Obergeschoß, der Gipfel des „Berges“, schafft einen gedeckten Bereich, der gleichzeitig als geschützter Auto-, Fahrradabstellplatz und Eingangsbereich fungiert. So gelangt man trockenen Fußes direkt vom Auto ins Hausinnere.

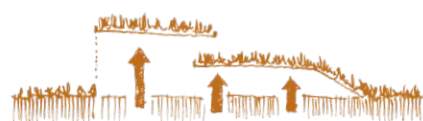
Die Situierung des Wohnraumes mit offener Küche am „Gipfel“ ermöglicht nordwestseitig weite Fernsicht über die Ebene mit langläufigen Pferdekoppeln, Äckern und Sträuchern. Im Südosten, auf der Hangseite, öffnet sich der Raum maximal zum begrünten Außenraum und lässt ihn mit dem Innenraum verschmelzen. Die Terrasse geht fließend über in eine Liegewiese, in den Hang zum Rodeln und Runterkugeln. Auch das Dach über dem „Gipfel“ ist als Gründach ausgeführt.

Die Holzkonstruktion wurde aus vorgefertigten Holzpaneelelementen und einer vorgefertigten, mehrschichtig verleimten Vollholzdecke mit Untersicht aus Weißtanne innerhalb von drei Tagen aufgestellt. Die schlichte Innenausstattung ist auf maximale Funktionalität ausgerichtet.

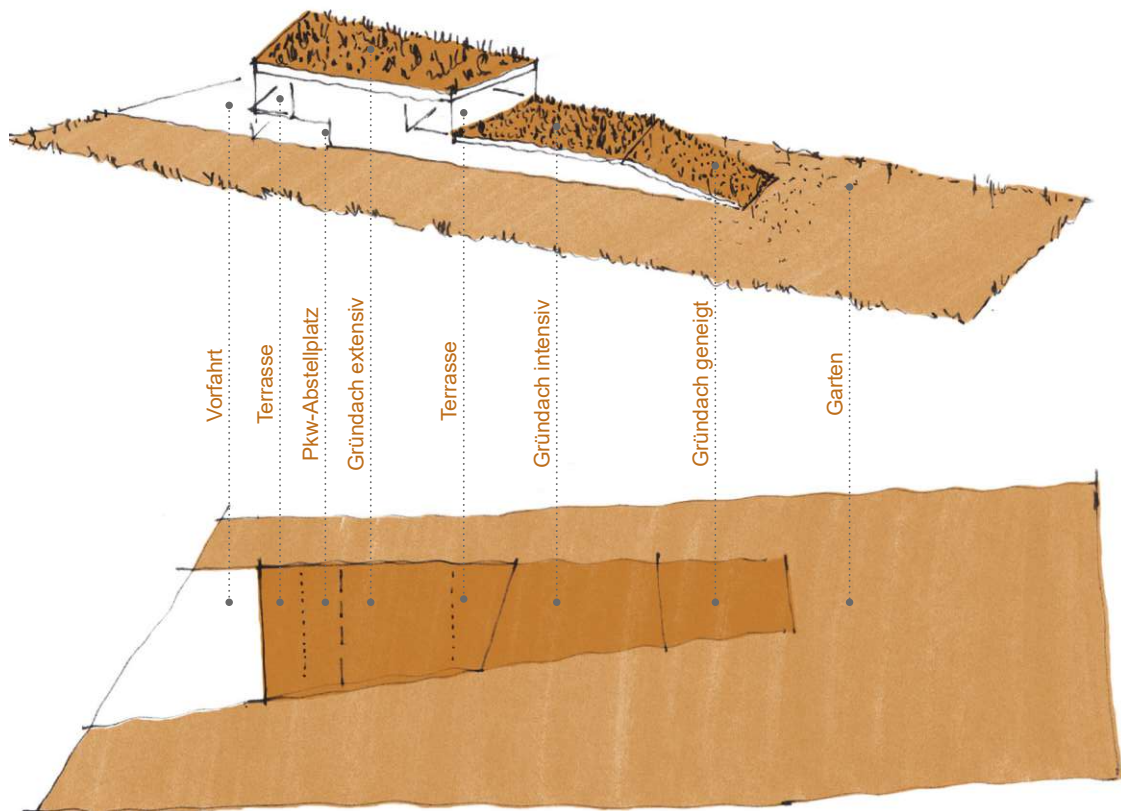
Die Böden innen und auf den Terrassen bestehen aus geschliffenen, im Innenraum beheizten und gewachsen, Betonplatten.

Grundprinzip

Erneut wurde versucht, die gesamte vom Gebäude versiegelte Fläche durch ein Gründach zu ersetzen beziehungsweise wurden zusätzlich notwendige versiegelte Flächen in den Außenanlagen (Pkw-Abstellplätze) unter das Gebäude inklusive Gründach verschoben und somit minimiert.



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich auf dem Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	112	0,3	33,6
Gründach	intensiv	54	0,1	5,4
Gründach	geneigt	35	0,4	14,1
Vorfahrt	Kies	64	0,7	44,7
Garten	Wiese	838	0,1	83,8
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Pkw Abstellplatz	Beton	40	0,9-1	-4,04
Terrassen	Beton	45	0,9-1	-4,5
Au gesamt, nach				173,2
Au vor	Wiese	1103	0,1	110,3

* Der Pkw-Abstellplatz liegt unter dem Haus, die Fläche würde deshalb doppelt in die Rechnung eingehen und das Ergebnis verschlechtern, wenn man sie einfach hinzuaddiert. Deshalb trifft der Autor für diese zusätzlichen Flächen die Annahme, dass, da eine Vermehrung von Flächen prinzipiell positiv zu sehen ist, jeglicher Wert, der besser als 1 ist, um die Differenz von diesem Wert 1 vom Gesamtergebnis abgezogen werden darf!

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{173,2}{110,3} = 1,6 > 1 \quad (\text{Sollwert nicht erfüllt})$$

Vergleich GDF

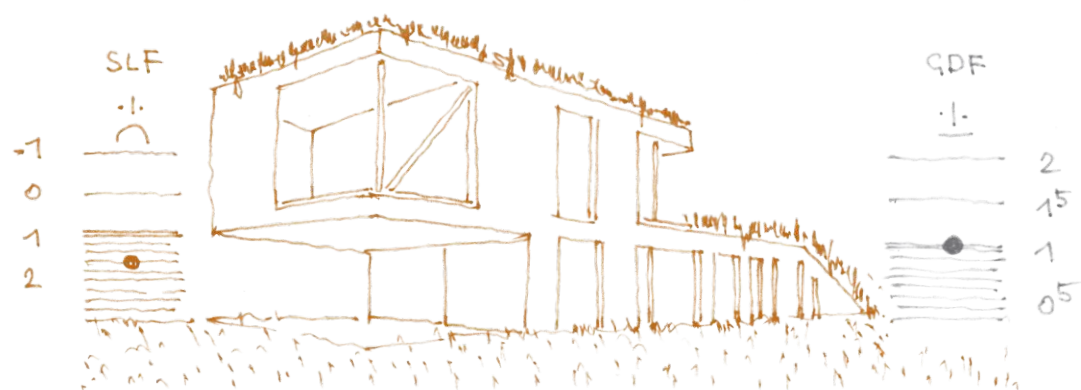
GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach extensiv	112
Gründach intensiv	54
Gründach geneigt	35
Fläche gesamt	201
FP footprint area	Fläche (m²)
Haus gesamt	201
Fläche gesamt	201
GDF green density factor	1,0

Nachdem der ganze Footprint des Hauses auch begrünt ist (wegen der wahren Länge der schrägen begrünt Fläche eigentlich sogar mehr!) ist der GDF genau = 1

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(201 + 0)}{201} = 1$$

(Sollwert erfüllt)

Fazit



Die abflusswirksame Fläche hat sich durch die Bebauung nur noch knapp vereinenhalbfacht!

Negative Faktoren dabei sind:

- die Neigung des Gründachs,
- der zu geringe Aufbau des oberen Gründachs,
- die sonstigen versiegelten Flächen der Freianlagen,
- bzw. die dafür verwendeten Materialien.

Positive Faktoren sind:

- die Parkplatzfläche unter dem Gebäude,
- die Begrünung der gesamten Grundrissfläche.

Vordergründig gibt es nicht viel auszusetzen am Entwurf mit seinem vollständig übergrüntem Fußabdruck. Ein durchgängiges Intensivdach (im oberen Teil aus Gewichtsgründen nicht ausgeführt) und ein versickerungsfähiger Boden am gedeckten Vorplatz bzw. ein verbesserter Boden bei der Vorfahrt hätten wohl ein versickerungsneutrales Gebäude ermöglicht.

Haus Hrs

Caramel architekten

Timelkam 2012



Projektbeschreibung

Eine reduzierte Wohnbox hebt ab an der Hangkante, welche das steile Grundstück von den ebenen landwirtschaftlich genutzten Flächen trennt.

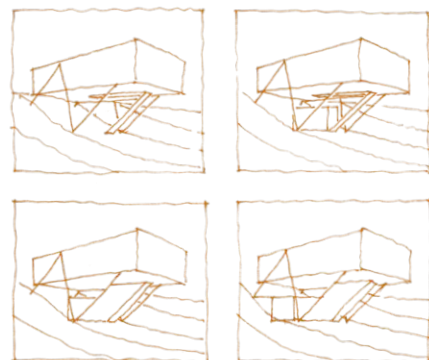
Auf einem massiven Fuß, der die Aufgangstreppe birgt, und wenigen filigranen Stahlstützen wurde eine leichte, vorgefertigte Holzkonstruktion aufgesetzt; nach Ost und West zeigt sich die Wohnbox gläsern; zu den bebauten Nachbargrundstücken im Norden sowie im Süden ist die Fassade bis auf wenige Lichtpunkte geschlossen. Über eine in den Baukörper eingeschnittene, überdachte Terrasse ist der Garten mit der Wohnebene verbunden.

Die Fassade der Wohnbox ist mit einer glasfaserverstärkten Kunststoffmembran verkleidet und wird an der Boxuntersicht gespannt.

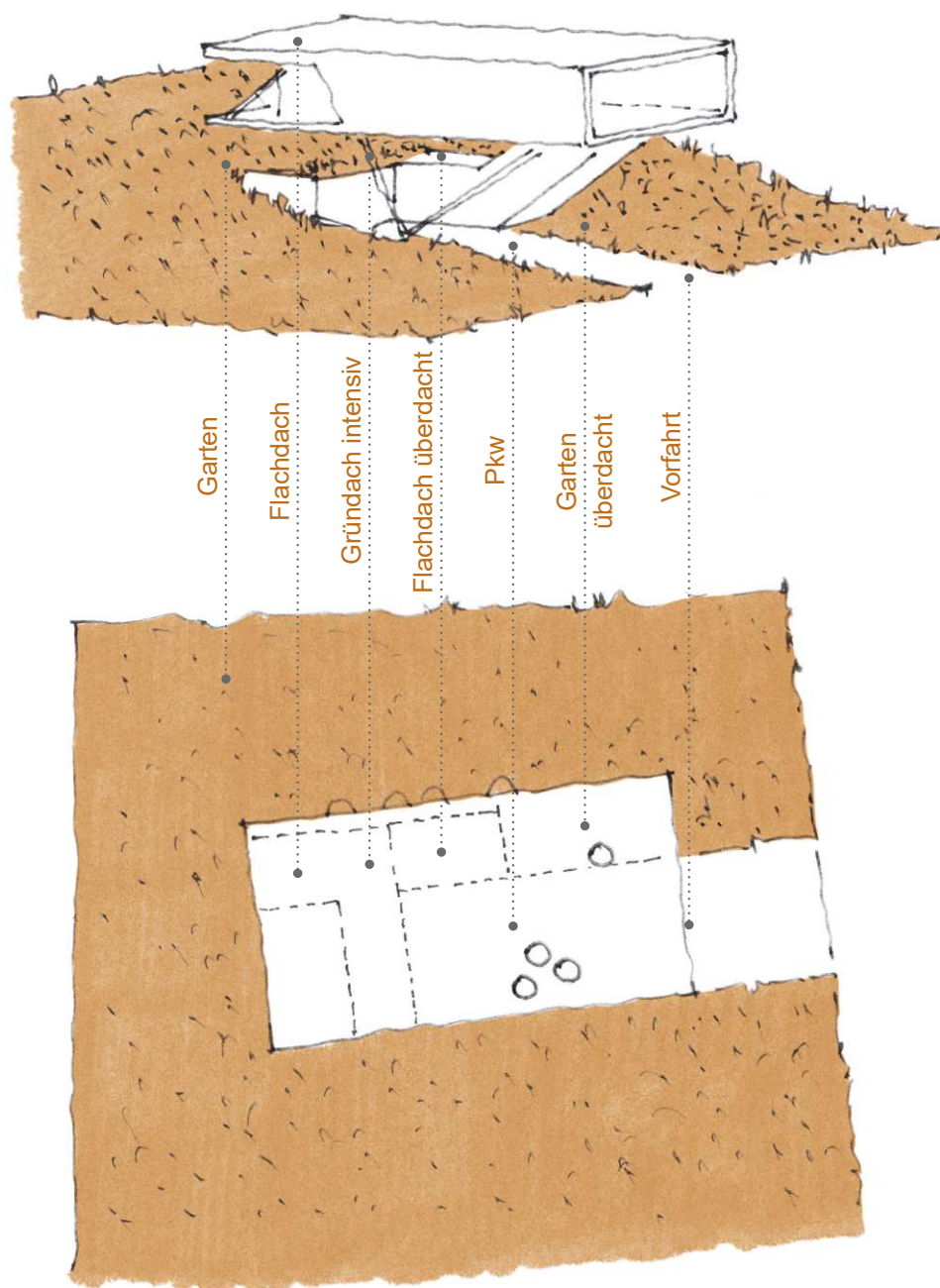
Beheizt wird das Gebäude mittels Luft-Wasser Wärmepumpe. Ökologisch vorbildlich zeigt sich das Gebäude weiters durch die kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung und die Verwendung hochwärmedämmender, aus Altpapier gewonnener Wärme-dämmung in Kombination mit Holzwerkstoffen. Den nötigen Temperaturpuffer verleiht der Leichtkonstruktion der massive, monolithische, thermisch aktivierte Terrazzoboden.

Grundprinzip

Ein völlig neuer Ansatz: Es wird auf eine Begrünung verzichtet, stattdessen versucht das Gebäude, durch sein Abheben vom Boden den Fußabdruck zu minimieren. Unter dem Haus kann die bestehende Natur, eingeschränkt nur durch die im Berg versenkte Garage und den Treppenfuß, ungehindert durchfließen.



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Flachdach	Folie	125	0,9	112,5
Vorfahrt	Asphalt	25	0,9	22,5
Garten	Wiese	765	0,1	76,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Garten	Wiese	52	0,1-1	-46,8
Gründach über Garage	intensiv	28	0,1-1	-25,2
Flachdach über Garage	Kies	10	0,8-1	-2
Pkw Abstellplatz	Asphalt	35	0,9-1	-3,5
Au gesamt, nach				134,0
Au vor	Wiese	915	0,1	91,5

* Teilweise liegen Flächen unter dem Haus, würden deshalb doppelt in die Rechnung eingehen und das Ergebnis verschlechtern, wenn man sie einfach hinzuaddiert. Deshalb trifft der Autor für diese zusätzlichen Flächen die Annahme, dass, da eine Vermehrung von Flächen prinzipiell positiv zu sehen ist, jeglicher Wert der besser als 1 ist, um die Differenz von diesem Wert 1, vom Gesamtergebnis abgezogen werden darf!

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{134,0}{91,5} = 1,5 > 1 \quad (\text{Sollwert nicht erfüllt})$$

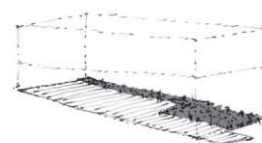
Vergleich GDF

GRA green roof area	Fläche (m²)
Begrünung unter Gebäude	55
Fläche gesamt	55
FP footprint area	Fläche (m²)
Flachdach	125
Vorfahrt	25
Fläche gesamt	150
GDF green density factor	0,4

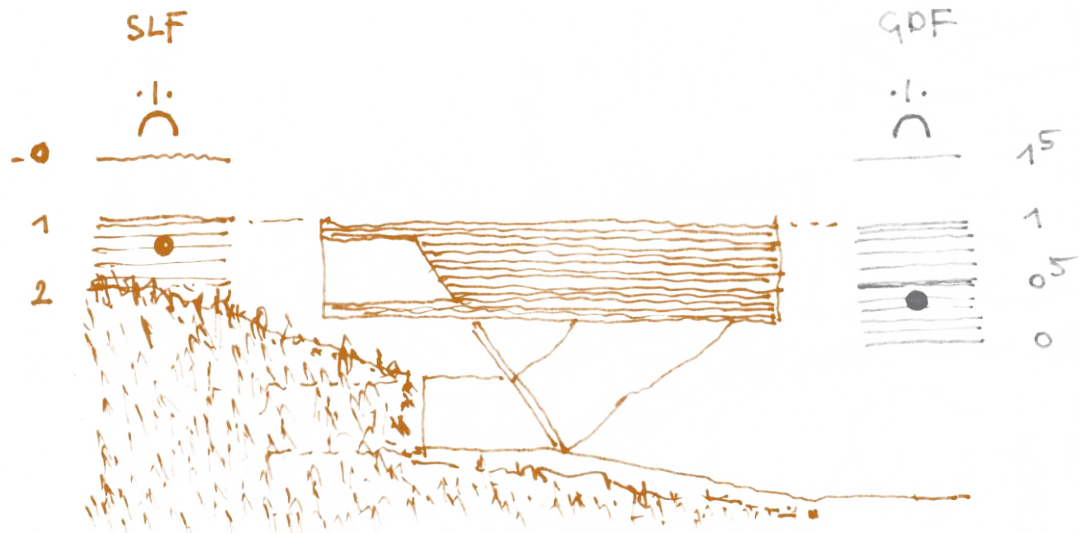
$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(55 + 0)}{125 + 25} = 0,4 < 1$$

(Sollwert nicht erfüllt)

Der nichtbegrünte Footprint des Gebäudes ist kleiner als das Gebäude an sich, dafür ist die Berechnung nicht vorgesehen, deshalb wird die Begrünung unter dem Gebäude als Gründach in die Rechnung eingefügt : der GDF beträgt trotzdem nur 0,4!



Fazit



Die abflusswirksame Fläche hat sich durch die Bebauung um weniger als 50 % verschlechtert!

Positive Faktoren dabei sind:

- durch die Aufständigung des Gebäudes wurde mit Ausnahme des Treppenaufganges beziehungsweise geringfügig der Garage so gut wie keine Fläche versiegelt: Der Fußabdruck des Gebäudes besteht im wesentlichen nur aus dem Treppen Kern!

Negative Faktoren sind:

- keinerlei Begrünung am Gebäude.

Überraschenderweise bringt es offensichtlich mehr, den echten Fußabdruck so gering wie möglich zu halten, als ein Gebäude zu begrünen.

Trotzdem hat das Haus selbstverständlich noch Verbesserungspotential:

- durch die Ausführung eines Gründaches,
- beziehungsweise durch eine versickerungsfähige Vorfahrt könnte seine Performance noch deutlich verbessert werden.

Haus Lina

Caramel architekten
Linz 2004



Projektbeschreibung

Der als Zubau eingereichte, in sich jedoch autonome Baukörper, dient als Heimstätte für eine Mutter mit Kind und ist am teilweise bewaldeten Grundstück der Großeltern des Kindes am Südwesthang des Linzer Pöstlingberges situiert.

Infrastrukturell an den Altbau „angedockt“, enthält der Baukörper jedoch sämtliche Primärfunktionen wie Bad, Küche, Heizung, Warmwasseraufbereitung.

Die Vorgaben bezüglich Bauplatz und Finanzressourcen beschränken den Bau auf seine Ausmaße; eine konsequent rationale Planung sorgt für Bauzeit- und Kosteneinsparung. So wurden z.B. die Abmessungen und der Konstruktionsraster des Baukörpers auf die Liefermaße der Grobspanplatten ausgelegt, die Gesamtkonstruktion in Leichtbau mit hohem Wärmedämmaufbau geplant. Die teilvorgefertigten Elemente konnten so in wenigen Tagen auf die davor ausgeführten Stahlträger, welche punktuell mit Schraubfundamenten verbunden sind, aufgesetzt werden.

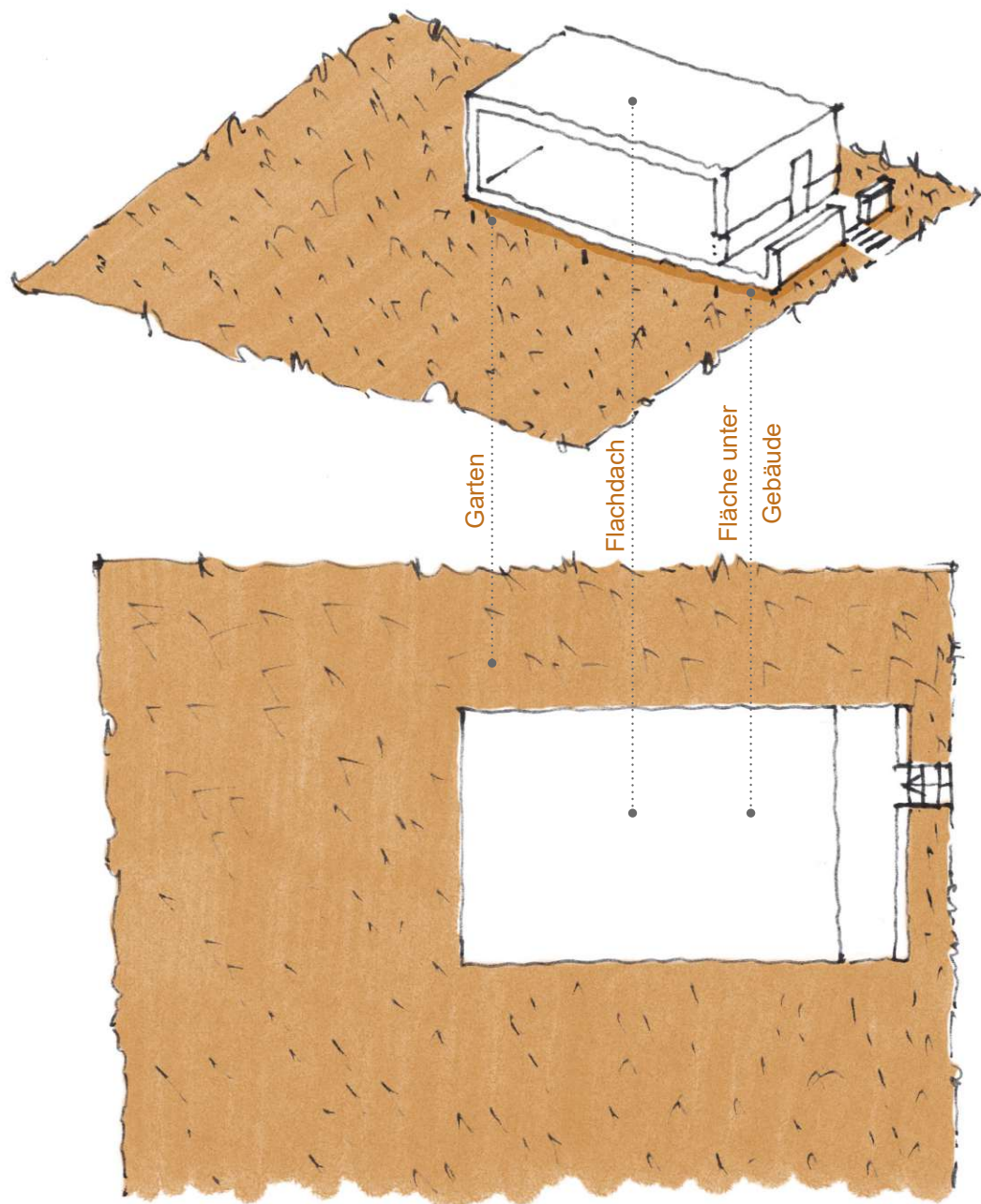
Der Bau wurde bewusst „nicht für die Ewigkeit“ konzipiert, er kann je nach zukünftiger Lebenssituation leicht wieder entfernt, jedoch auch erweitert werden; eine nahe stehende Gartenhütte dient als „Bauplatzreserve“.

Grundprinzip

Das gesamte Gebäude wird angehoben und mit Ausnahme der Schraubfundamente gibt es keinerlei Versiegelung!



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Flachdach inkl. Terrasse	Folie	75	0,9	67,5
Garten	Wiese	325	0,1	32,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Fläche unter Gebäude	unversiegelt	75	0,1-1	-67,5
Au gesamt, nach				32,5
Au vor	Wiese	400	0,1	40,0

* Eine unversiegelte Fläche liegt unter dem Haus und würde deshalb doppelt in die Rechnung eingehen und das Ergebnis verschlechtern, wenn man sie einfach hinzuaddiert. Deshalb trifft der Autor für diese zusätzlichen Flächen die Annahme, dass, da eine Vermehrung von Flächen prinzipiell positiv zu sehen ist, jeglicher Wert der besser als 1 ist, um die Differenz von diesem Wert 1, vom Gesamtergebnis abgezogen werden darf!

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{32,5}{40,0} = 0,8 < 1 \quad (\text{Sollwert übererfüllt})$$

Vergleich GDF

GRA green roof area	Fläche (m²)
Fläche unter Gebäude	75 x 0,5 = 37,5
Fläche gesamt	37,5
FP footprint area	Fläche (m²)
Flachdach	75
Fläche gesamt	75
GDF green density factor	0,5

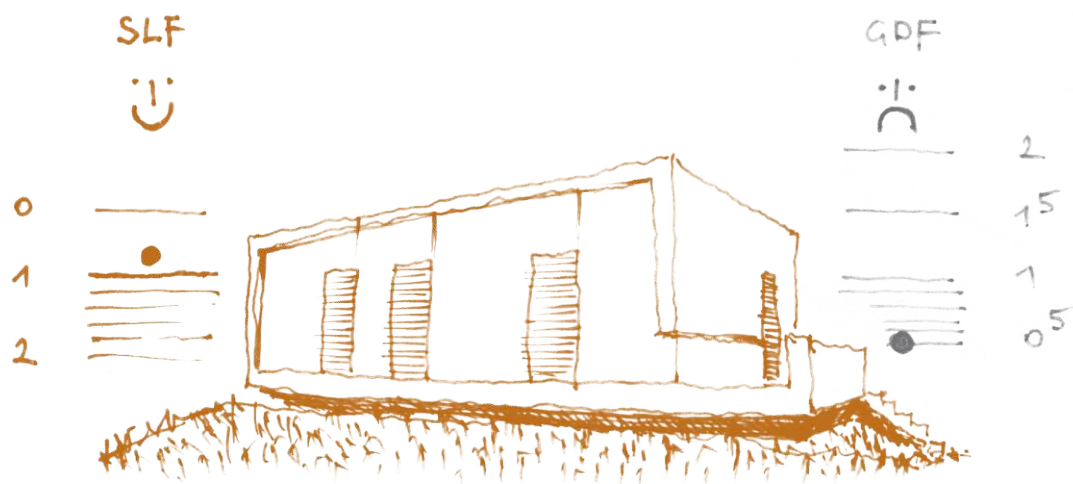
$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(37,5 + 0)}{75} = 0,5 < 1$$

(Sollwert nicht erfüllt)

Der nichtbegrünte Footprint des Gebäudes ist nicht vorhanden, dafür ist die Berechnung nicht vorgesehen, deshalb wird die Begrünung unter dem Gebäude zu 50 %* als Gründach in die Rechnung eingefügt: der GDF beträgt 0,5!

* Die geringe Hubhöhe belässt zwar den Untergrund im ursprünglichen Zustand, eine ordentliche Begrünung ist dabei aber nicht möglich, was den Autor zu einer Annahme von 50 % bewegt.

Fazit



Die abflusswirksame Fläche hat sich durch die Bebauung verbessert!

Dies ergibt sich dadurch, dass das Gelände unverändert bleibt und zusätzlich auch durch das Foliendach eine verzögernde Wirkung des Wasserabflusses eintritt!

Positive Faktoren dabei sind:

- es wird keine Fläche versiegelt,
 - es gibt keine Zufahrt zum Gebäude,
- also auch keine Versiegelung in den Außenanlagen.

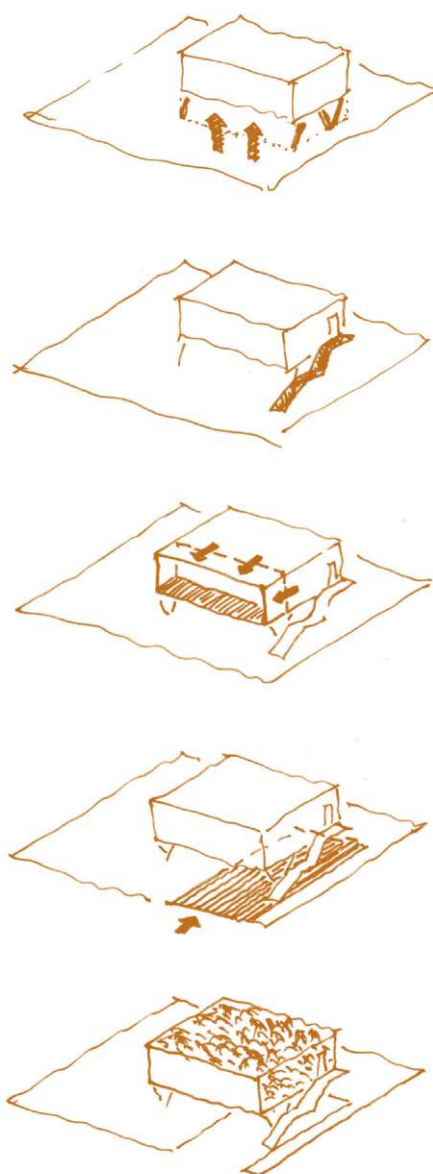
Negative Faktoren sind:

- keinerlei Begrünung am Gebäude.

Trotz fehlender Begrünung scheint das Gebäude nahezu perfekt und verbessert auch den Versiegelungsfaktor des Areals allein durch seine Anwesenheit. Noch dazu wäre es ein Leichtes, den Wert durch die Ausführung eines Gründaches weiter Richtung 0 zu senken.

Ein erstmaliger SLF von unter 1 besagt, dass nicht nur keine weitere Versiegelung zugelassen, sondern, im Gegenteil, der Versiegelung positiv entgegengewirkt wird.

Haus Lina ++



Projektbeschreibung

Nun handelt es sich beim Haus Lina keineswegs um ein Standardhaus, weil es offiziell als Zubau fungiert und somit unter anderem keine Zufahrt hat und auch keine Fläche zum Parken eines Fahrzeugs vorhanden ist. Dennoch will der Autor – ohne ihn zu propagieren – den ortsüblichen Standard abbilden, zu dem wohl ein Fahrzeug inklusive Abstellplatz gehört.

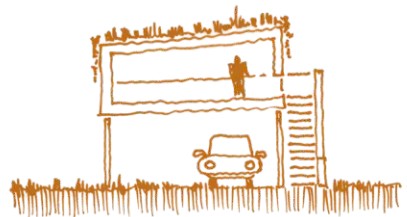
Nun kann man das Gebäude weiter anheben auf eine Höhe, die es erlaubt, darunter zu gehen und zu fahren. Dadurch wird zusätzlich eine verschattete und vor allem nutzbare Fläche unter dem Gebäude geschaffen, welche zumindest teilweise mit befahrbaren Rasengittersteinen versehen wird. Dieselben Rasengittersteine bilden auch eine zusätzliche Vorfahrt bis hin zur Grundstücksgrenze.

Des weiteren wird das Haus mit einem dringend nötigen Vordach Richtung Süden ergänzt. Durch das Herunterklappen des eingangsseitigen Balkons und dessen Umwandlung zur Treppe wird der notwendige Ausgang geschaffen.

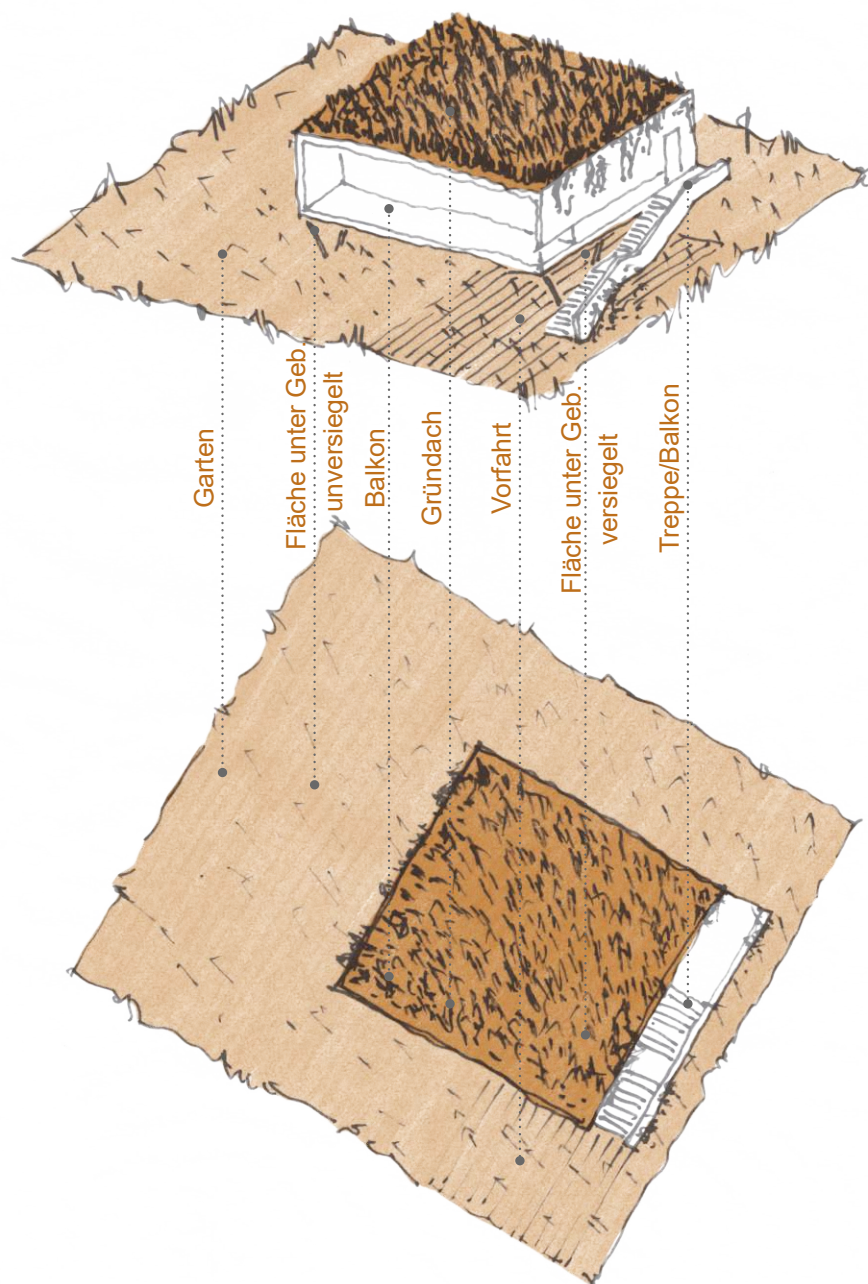
Da der Ausgang vom Wohnraum direkt in den Garten nun nicht mehr möglich ist, wird der Baukörper auch mit einem südseitigen Balkon versehen, beziehungsweise durch dessen Überdachung eine Loggia geschaffen. Selbstverständlich wird das gesamte Dach intensiv begrünt.

Grundprinzip

Das vollends begrünte Gebäude wird soweit angehoben, dass einerseits die Landschaft darunter durchfluten kann und andererseits genügend Höhe für diverse Nutzungen vorhanden ist.



Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	intensiv	80	0,1	8
Treppe + Eintrittsbalkon	Beton	15	0,9	13,5
Vorfahrt	Rasengitter	20	0,2	4,0
Garten	Wiese	285	0,1	28,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Fläche unter Gebäude	unversiegelt	50	0,1-1	-45,0
Fläche unter Gebäude	Rasengitter	45	0,2-1	-36,0
Balkon	Folie	18	0,9-1	-1,8
Au gesamt, nach				-28,8
Au vor	Wiese	400	0,1	40,0

* Teilweise liegen Flächen unter dem Haus und würden deshalb doppelt in die Rechnung eingehen und das Ergebnis verschlechtern, wenn man sie einfach hinzuaddiert. Deshalb trifft der Autor die Annahme, dass, da eine Vermehrung von Flächen prinzipiell positiv zu sehen ist, jeglicher Wert der besser als 1 ist, um die Differenz von diesem Wert 1, vom Gesamtergebnis abgezogen werden darf!

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{-28,8}{40,0} = -0,7 < 1 \quad (\text{Sollwert übererfüllt!})$$

Vergleich GDF

GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach intensiv	80
Begrünung unter Gebäude	95
Fläche gesamt	175,0
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach	80
Treppe + Eintrittsbalkon	15
Fläche gesamt	95
GDF green density factor	1,8

Der gesamte Footprint des Gebäudes ist eine unversiegelte Fläche, dafür ist die Berechnung nicht vorgesehen; da wir in diesem Beispiel durch den großen Abstand zum darüberliegenden Dach aber davon ausgehen können, dass sehr wohl eine Bepflanzung möglich ist, wird die Begrünung unter dem Gebäude mit 100% als Gründach in die Rechnung eingefügt:

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(80 + 95 + 0)}{95} = 1,8 > 1$$

(Sollwert übererfüllt)

Fazit



Das Nullversiegelungshaus beziehungsweise das Minusversiegelungshaus ist nun endlich Wirklichkeit!

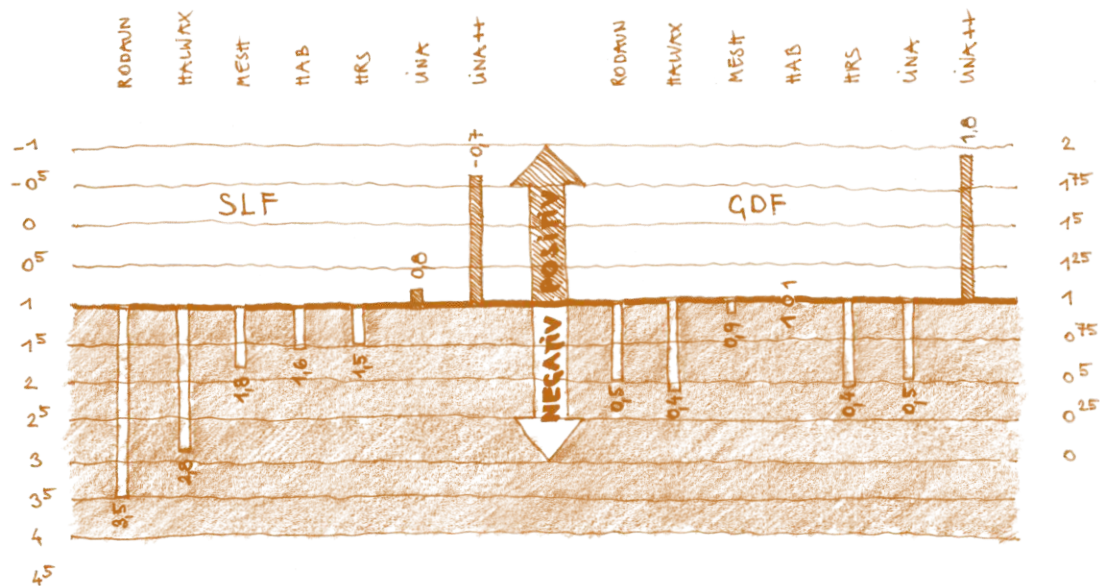
Möglich wird dies, weil einerseits keine Flächen am ursprünglichen Gelände versiegelt werden, sondern im Gegenteil – so grün wie laut derzeitig technischem Stand möglich – verbleiben, andererseits gibt es durch den Neubau einen großen Flächenanteil, welcher zusätzlich und intensiv begrünt ist, was auch die mathematisch nachgewiesenen herausragenden Zahlen leicht und plausibel in Worte zusammenfassen lassen: Nachdem die Grünflächen am Grundstück nach Baufertigstellung eindeutig mehr geworden sind, muss auch der Versiegelungsfaktor besser sein als zuvor!

Nochmals herausgehobene positive Faktoren:

- es werden keine Flächen versiegelt,
- auch die Rasengittersteine der Zufahrt haben einen herausragenden Abflussbeiwert,
- das Dach ist intensiv begrünt,
- die Wände sind, soweit möglich, mit einer Bepflanzung versehen.

Negative Faktoren dabei sind nicht vorhanden beziehungsweise nicht erkennbar!

Schlussfolgerung



Der Versiegelungsfaktor SLF verringert sich in chronologischer Reihenfolge, was bei genauer Betrachtung auch Sinn macht. Der GDF-Faktor hingegen ist stark schwankend, verständlicherweise nur abhängig von der Begrünung des Gebäudes.

Nun stellt sich aber im Zuge der Arbeit mehr und mehr heraus, dass die Begrünung nicht das einzige Merkmal einer erfolgreichen Entsiegelungsstrategie sein kann. Zumindest zwei einflussreiche Faktoren haben sich bis dato herauskristallisiert:

- als Basis der Grünfaktor, der auch alleinige Grundlage des GDF ist,
- hinzu kommt allerdings eindeutig auch der im folgenden als „Hubfaktor“ titulierte Einfluss des „Hochhebens“ eines Gebäudes. Allein die Tatsache, dass dadurch eine zweite Entwässerungs- beziehungsweise Versickerungsebene entsteht, bringt unbestritten einen Mehrwert, der im GDF nicht, beziehungsweise nur unzureichend zum Ausdruck kommen kann.

Mit der Kombination beider Faktoren, wie im vorangegangenen abschließenden Projekt beschrieben, scheint der Weg in die Zukunft, in der wir Gebäude für Gebäude zur Entsiegelung des Landes beitragen, also geebnet!

Aber wir dürfen nicht vergessen, dass wir nur von einem kleinen Teil des Problems der Versiegelung sprechen, noch haben wir nicht die Ursache, sondern nur einen Teil der Folgen des Problems gelöst. Aber diese Arbeit wird auch aus der Sicht von ArchitektInnen geschrieben, um Regeln für eben diese zum sorgsam Umgang mit der Ressource Boden zu erstellen.

Für eine gesamtheitliche Lösung braucht es selbstverständlich auch adäquate Regeln im Bereich der Raumplanung. Denn nach wie vor schreitet die Zersiedelung unseres Landes voran, und es werden viele Häuser an Stellen gebaut, wo sie einfach nichts zu suchen haben.

Außerdem wird in dieser Arbeit das Problem nur sehr lokal behandelt, eben auf dem Grundstück, das durch Widmung zur Verbauung freigegeben wurde. Immer noch braucht dieses Grundstück seine Aufschließung und Anbindung an das vorhandene Straßennetz. Wenn wir also nicht behutsam mit der Verortung unserer Gebäude umgehen, ist nur sehr wenig gewonnen.

Aber immerhin ein Anfang könnte gemacht sein, wenn wir im ersten Schritt zumindest am Bauplatz dafür sorgen, dass der derzeitige Versiegelungsgrad unseres Landes peu à peu zurückgehen kann.

Ganz sicher reicht es aber nicht aus, Lösungen nur für das Einfamilienhaus am Land oder auch in der Stadt vorzuschlagen, es ist bei der weiteren Betrachtung daher notwendig:

1. sich auch an größeren Bauvolumen zu orientieren und
2. schlussendlich auch zu versuchen, vergleichbare Regeln für die dichte Kernstadt zu finden.

Wohnbau in der Stadtperipherie

Wieder wird ein Projekt von Caramel architekten unter die Lupe genommen, dieses Mal ein Wohnbau in einem Nachverdichtungsgebiet in Stadtrandlage.

Wie bei den vorangegangenen Projekten wird auch hier zuerst das gebaute Objekt untersucht und die beiden Faktoren SLF und GDF ermittelt.

Danach wird ein Verbesserungsvorschlag unternommen, mit dem Ziel, auch hier den Status Nullversiegelungshaus zu erreichen.

Wohnbau

„Mietgestalten“

Caramel architekten

Wien 2020



Projektbeschreibung

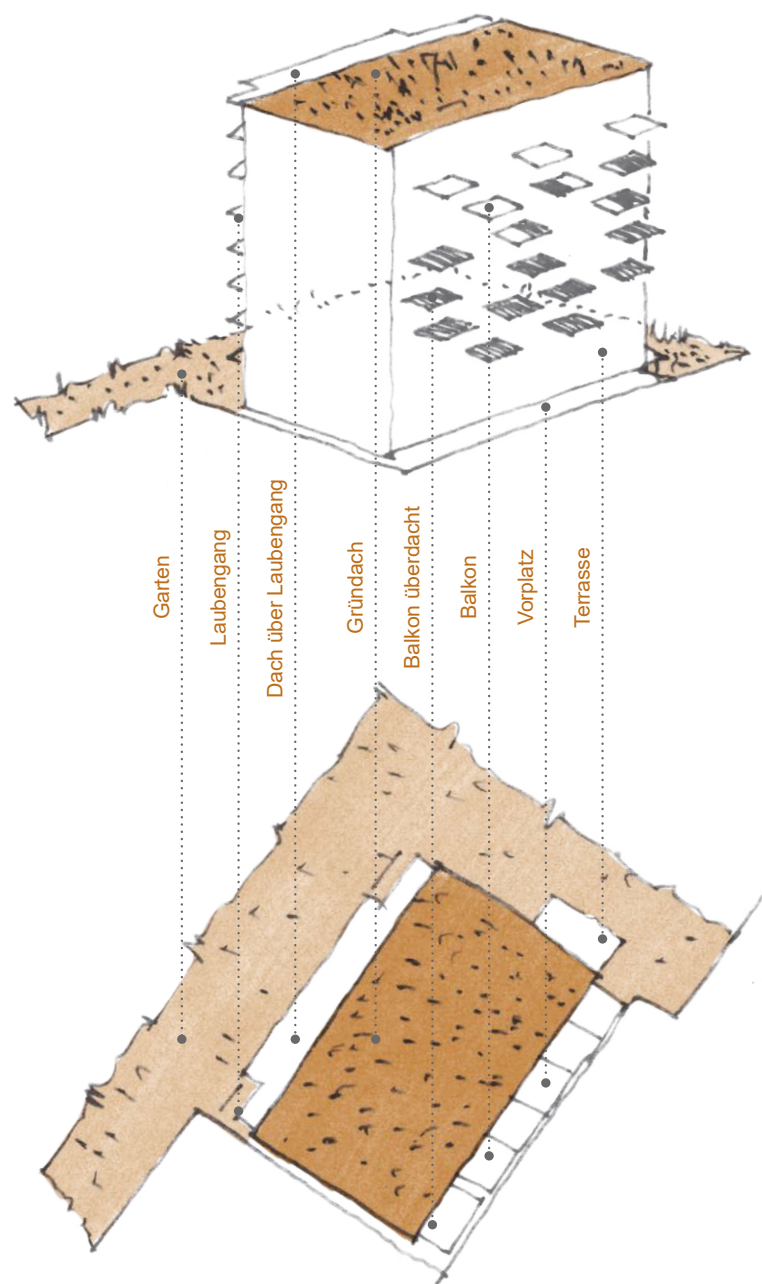
Der Wohnbau „Mietgestalten“ Wildgarten ist ein Mietwohnungsbau, bei dem aber wie bei einem Baugruppenprojekt die Eigentümer - hier die zukünftigen MieterInnen – in einem gemeinschaftlichen, in dieser Form neuartigen, partizipativen Planungsprozess mit den PlanerInnen die Ausführung der Gemeinschaftsflächen und der Wohnungen erarbeiten. Mit Hilfe des Entwurfshilfeprogramms EVA wurde im Vorfeld ein großes Spektrum an möglichen Grundrisslayouts entwickelt. Diese wurden dann im Zuge des gemeinschaftlichen Planungsprozesses mit den MieterInnen in individuell angeeignete Gemeinschaftsflächen und Wohnungen transferiert. So entstanden neben den stark diversifizierten Gemeinschaftsflächen 44 individuelle Wohnungen, die, durch die Anordnung um wenige vertikale Versorgungsstränge und Stützen, auch für zukünftige MieterInnen wieder adaptierbar sind. Die Wohnungen sind auf zwei Häuser, ein hohes Punkthaus und ein niedriges Langhaus mit gemeinsam genutzter Dachterrasse aufgeteilt, die im Erdgeschoß durch gemeinschaftlich nutzbare Innen- und Außenräume miteinander verbunden sind.

Mitbestimmung bei der Planung von Siedlungsbauten wird derzeit meist in Baugruppenprojekten praktiziert. Da dies immer auf Eigentum basiert, schränkt es die teilnehmenden Personen auf den Kreis der Vermögenden ein. Bei diesem neuartigen Projekt „Mietgestalten“ konnten hingegen die MieterInnen trotz der niedrigen Sozial-Wohnbau-Wohnungsmieten wie bei einem Baugruppenprojekt die Planung in einem gemeinschaftlichen Prozess mitgestalten und dies nicht nur bei den Gemeinschaftsflächen, sondern auch in mehreren Einzelplanungsworkshops mit den PlanerInnen bei der individuellen Gestaltung ihrer jeweiligen Wohnung. Um auch für zukünftige MieterInnen wieder eine neue Adaptierung zu ermöglichen, wurden rund um wenige Vertikalstränge sehr diversifizierte Wohnungstypologien entwickelt.

Das Projekt besteht aus einem sogenannten Punkt-, und einem Langhaus, die in der Folge getrennt betrachtet werden.

Punkthaus

Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich schlussendlich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	253	0,3	75,9
Dach über Laubengang	Beton	49	0,9	44,1
Balkon	Pflaster	47	0,7	32,6
Terrasse	Pflaster	12	0,7	8,4
Garten	Wiese	370	0,1	37,0
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon	Pflaster	111	0,7-1	-33,3
Vorplatz	Asphalt	50	0,9-1	-5,0
Laubengang	Beton	382	0,9-1	-38,2
Au gesamt, nach				121,5
Au vor	Wiese	731	0,1	73,1

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{121,5}{73,1} = 1,7 > 1 \quad (\text{Sollwert nicht erfüllt})$$

GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach extensiv	253
Fläche gesamt	253
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach	253
Dach über Laubengang	49
Fläche gesamt	302
GDF green density factor	0,8

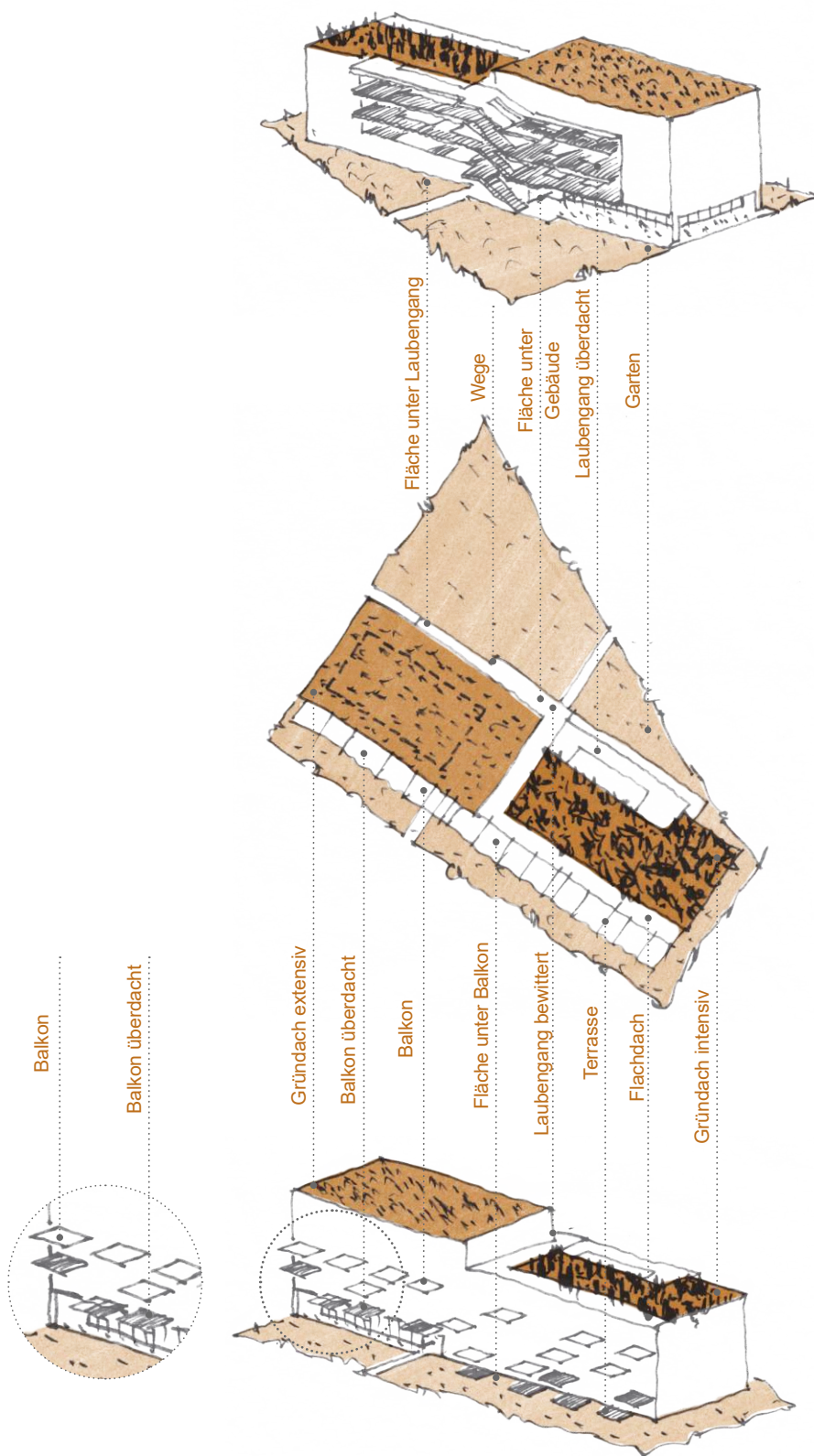
Vergleich GDF

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(253 + 0)}{302} = 0,8 < 1$$

(Sollwert fast erfüllt)

Langhaus

Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich schlussendlich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	252	0,3	75,6
Gründach	intensiv	160	0,1	16,0
Flachdach	Pflaster	95	0,7	66,5
Laubengang	Beton	88	0,9	79,2
Balkon	Pflaster	99	0,7	69,1
Wege	Pflaster	40	0,7	28,0
Garten	Wiese	556	0,1	55,6
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Fläche unter Gebäude	Beton	124	0,9-1	-12,4
Balkon	Pflaster	44	0,7-1	-13,2
Terrasse	Pflaster	26	0,7-1	-7,8
Fläche unter Balkon	Wiese	76	0,1-1	-68,2
Laubengang	Beton	294	0,9-1	-29,4
Fläche unter Laubengang	Wiese	23	0,1-1	-20,7
Au gesamt, nach				238,3
Au vor	Wiese	1290	0,1	129,0

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{238,3}{129} = 1,8 > 1 \quad (\text{Sollwert nicht erfüllt})$$

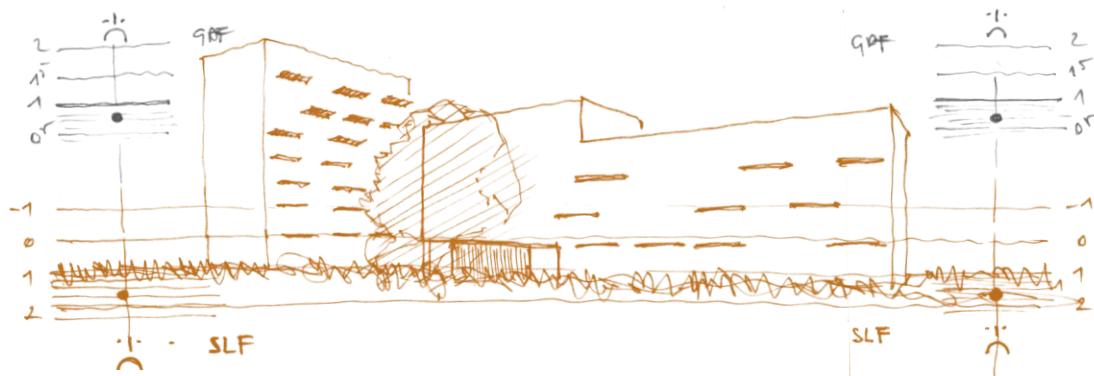
GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach extensiv	252
Gründach intensiv	160
Fläche gesamt	412
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach	412
Dachfläche befestigt	95
Laubengang bewittert	88
Fläche gesamt	595
GDF green density factor	0,7

Vergleich GDF

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(412 + 0)}{595} = 0,7 < 1$$

(Sollwert nicht erfüllt)

Fazit



Aus verständlichen Gründen wird keine Nullversiegelung erreicht:

Negative Faktoren dabei sind:

- Dächer nur teilweise intensiv begrünt,
- rechnerisch 0 Begrünung auf den Balkonen (nutzerseitige Begrünung in Eigeninitiative wird nicht bewertet),
- keinerlei Fassadenbegrünung.

Positive Faktoren sind:

- das teilweise Abheben des Langhauses vom Boden wird zwar positiv bewertet, aber die Materialität für diese Fläche (Beton!) ist versiegelungstechnisch mehr als fragwürdig,
- die große Anzahl an überdachten Balkonen ergibt eine Vielzahl an abzugsberechtigten Flächen (Radiatoreffekt).

Hervorzuheben bei diesem Projekt ist die soziale Nachhaltigkeit durch das neuartige System der MieterInnenmitbestimmung, die baulichen Faktoren sind allerdings eindeutig verbesserungsfähig!

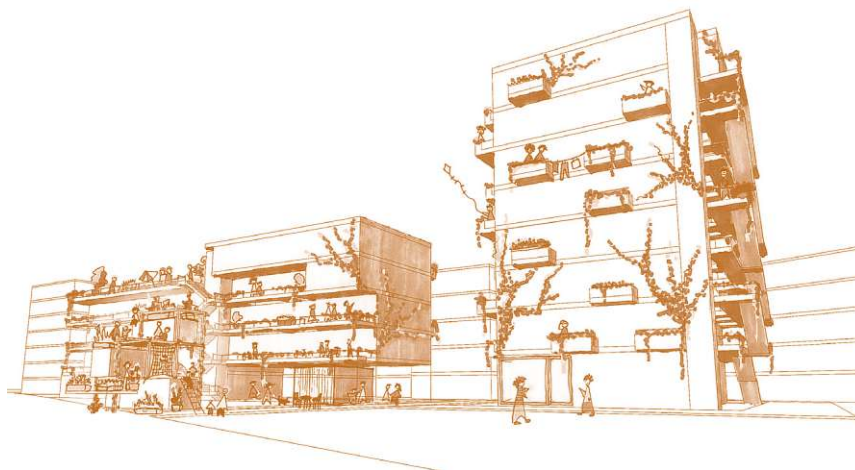
Wohnbau

„Mietgestalten ++“

Caramel architekten

Wien 2020

Wettbewerb



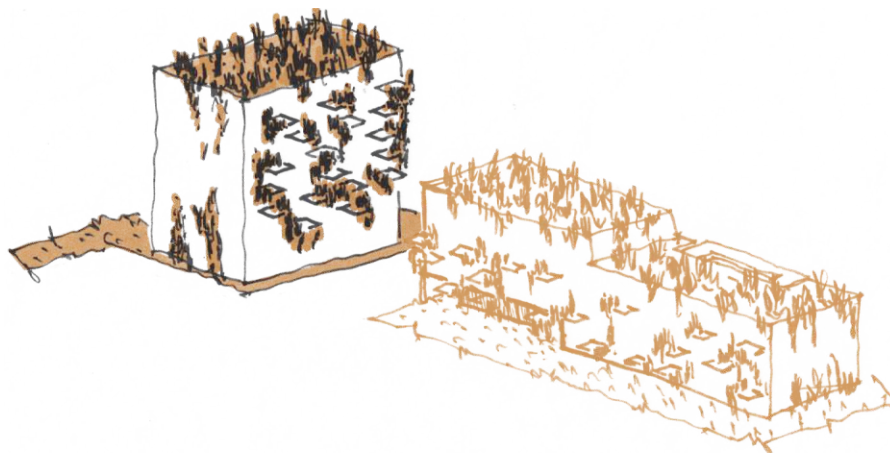
Projektbeschreibung

Nun wurden von Caramel architekten schon im Wettbewerb Ziele formuliert, die in dieser Form aufgrund des wirtschaftlichen Zwangs nicht umgesetzt werden konnten, beziehungsweise in weiterer Form der MieterInnengemeinschaft überlassen wurden:

- sämtliche Dächer sollten intensiv begrünt werden,
- unter dem teilweise aufgeständerten Langhaus sollte Rasenschotter zum Einsatz kommen,
- die Balkone waren zu 25 % intensiv begrünt geplant: ein Vorhaben, von dem man nun ausgeht, dass es von den Benutzern durch Eigeninitiative umgesetzt wird,
- die Fassaden sollten über die Pflanztröge der Balkone zusätzlich begrünt werden.

Punkthaus

Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich mit den getroffenen Annahmen am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	intensiv	253	0,1	25,3
Dach über Laubengang	Beton	49	0,9	44,1
Balkon	75% Pflaster	35	0,7	24,5
Balkon	25% Begrünung	12	0,1	1,2
Terrasse	Pflaster	12	0,7	8,4
Garten	Wiese	370	0,1	37,0
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon	75% Pflaster	83	0,7-1	-24,9
Balkon	25% Begrünung	28	0,1-1	-25,2
Vorplatz	Asphalt	50	0,9-1	-5,0
Laubengang	Beton	382	0,9-1	-38,2
Au gesamt, nach				47,2
Au vor	Wiese	731	0,1	73,1

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{47,2}{73,1} = 0,7 < 1 \quad (\text{Sollwert erfüllt})$$

GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach intensiv	253
Fläche gesamt	253
GFA green facade area	Fläche (m²)
seitliche Fassadenflächen	595 x 0,25 = 149
Fläche gesamt	149
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach	253
Dach über Laubengang	49
Fläche gesamt	302
GDF green density factor	1,3

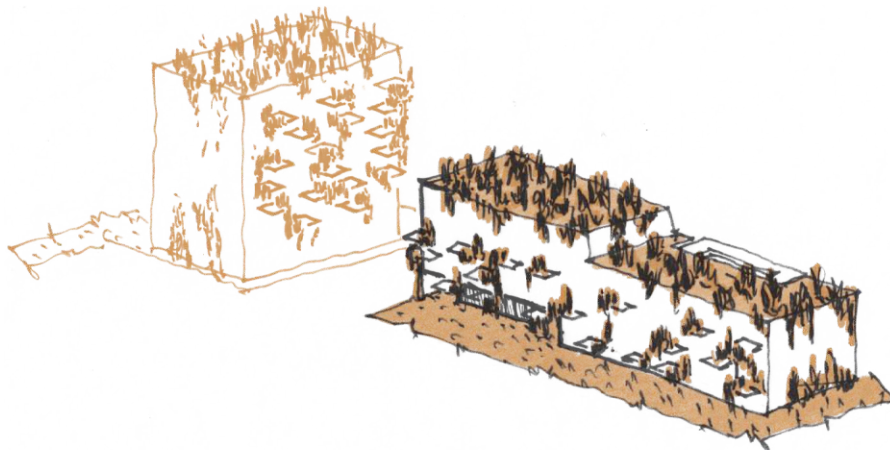
Vergleich GDF

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(253 + 149)}{302} = 1,3 > 1$$

(Sollwert erfüllt)

Langhaus

Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich mit den getroffenen Annahmen am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	intensiv	507	0,1	50,7
Laubengang	Beton	88	0,9	79,2
Balkon	75% Pflaster	75	0,7	52,5
Balkon	25% Begrünung	25	0,1	2,5
Wege	Pflaster	40	0,7	28,0
Gartenfläche	Wiese	556	0,1	55,6
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Fläche unter Gebäude	Schotterrasen	124	0,2-1	-99,2
Balkon	75% Pflaster	33	0,7-1	-9,9
Balkon	25% Begrünung	11	0,1-1	-9,9
Terrasse	Pflaster	26	0,7-1	-7,8
Fläche unter Balkon	Wiese	76	0,1-1	-68,2
Laubengang	Beton	294	0,9-1	-29,4
Fläche unter Laubengang	Wiese	23	0,1-1	-20,7
Au gesamt, nach				23,4
Au vor	Wiese	1290	0,1	129,0

$$\text{SealingLevelFactor} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \text{SLF} = \frac{23,4}{129,0} = 0,2 < 1 \quad (\text{Sollwert erfüllt})$$

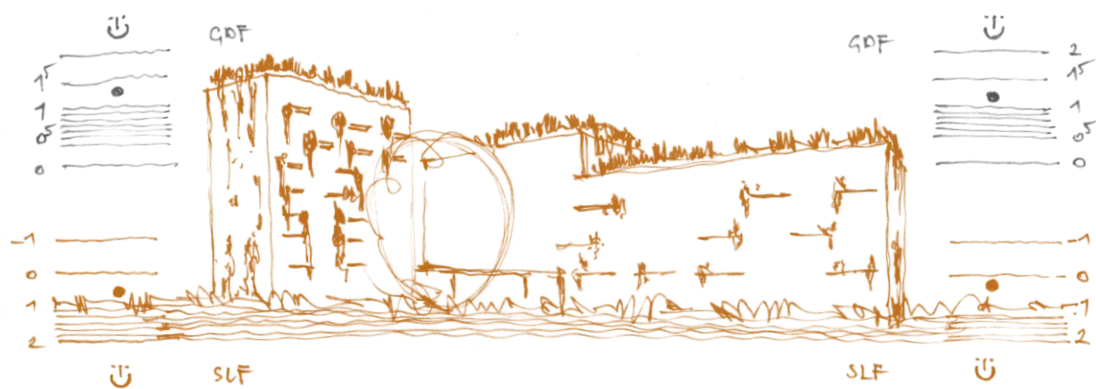
GRA green roof area	Fläche (m²)
Gründach intensiv	507
Begrünung unter Gebäude	124
Fläche gesamt	631
GFA green facade area	Fläche (m²)
seitliche Fassadenflächen	296,4 x 0,25 = 74
Fläche gesamt	74
FP footprint area	Fläche (m²)
Gründach	507
Laubengang bewittert	88
Fläche gesamt	595
GDF green density factor	1,2

Vergleich GDF

$$\text{GDF} = \frac{\text{GRA} + \text{GFA}}{\text{FP}} = \frac{(631 + 74)}{595} = 1,2 > 1$$

(Sollwert erfüllt)

Fazit



Mit relativ einfachen Mitteln ergibt sich ein Null- bzw. Minusversiegelungshaus!

Eigentlich verständlich, wenn man mehr oder weniger den gesamten Footprint des Gebäudes mit einem Intensivdach versieht, welches rechnerisch gleichwertig mit dem gewachsenen Boden ist, und zusätzlich die Balkone teilweise begrünt.

Auffallend ist dabei, dass das Langhaus, das prinzipiell schlechter abschneiden müsste, weil es weniger Geschosse und somit auch weniger begrünte Balkonflächen zur Verfügung hat, durch das teilweise Abheben vom Grund sogar auf bessere Werte als das Punkthaus kommt.

Hochhaus Simmering

Heimspiel Architektur mit
Caramel architekten
Wien 2019

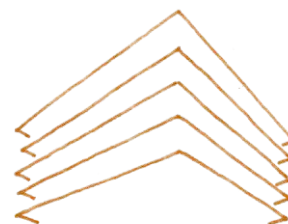


Projektbeschreibung

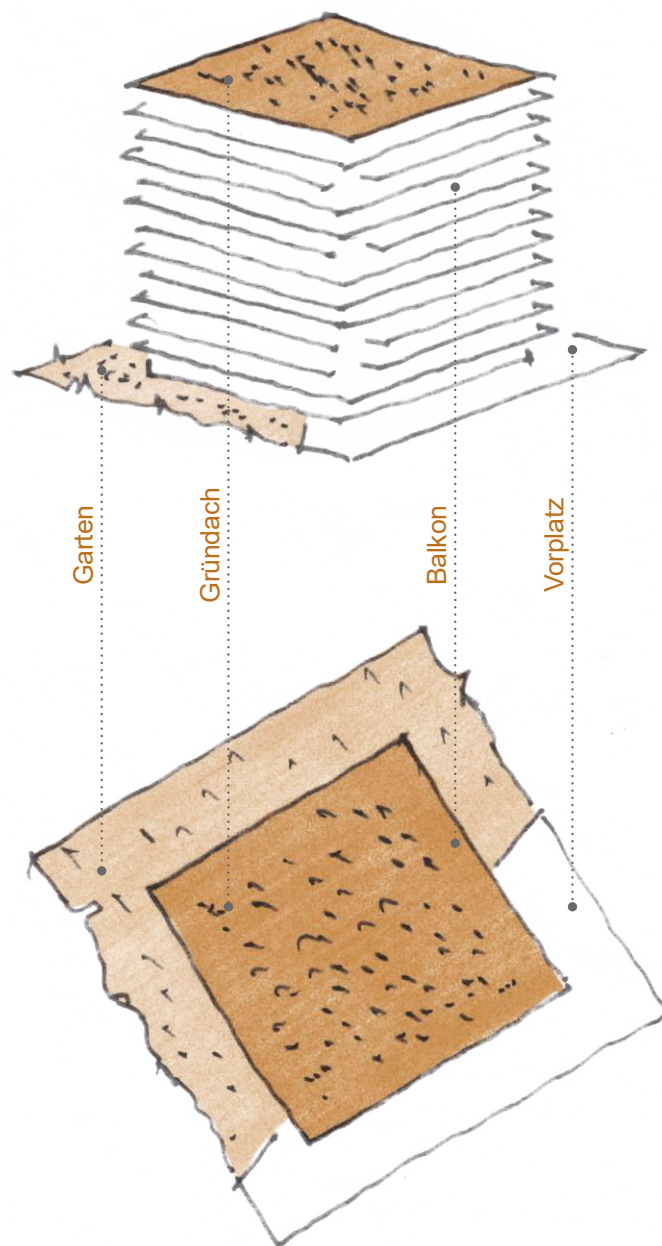
Das zwölfgeschoßige Stadthaus liegt am zentralen Platz in einem neuen Wiener Wohnquartier. Das Regelgeschoß ist als 7-Spanner mit einer durchgesteckten Erschließungszone – als multifunktionaler Gemeinschaftsbereich – konzipiert. Die 79 Wohnungen sind kompakt gestaltet. Die vorgelagerte, umlaufende Balkonzone ist die prägende Ebene, welche das Erscheinungsbild maßgeblich gestaltet. Das charakteristisch gefaltene Flachstahlgeländer wird in definierten Bereichen als Rankgerüst weitergeführt und damit die vordere Ebene in Teilbereichen vertikal begrünt. Durch vorgefertigte Features (Tische, Sichtschutz, Blumentröge) können die Bewohner ihren privaten Freiraum individuell gestalten und es entsteht ein lebendiges und identitätsstiftendes Fassadenspiel.

Grundprinzip

Simple Stapelung von annähernd umlaufenden Balkonkragplatten.



Originalhaus

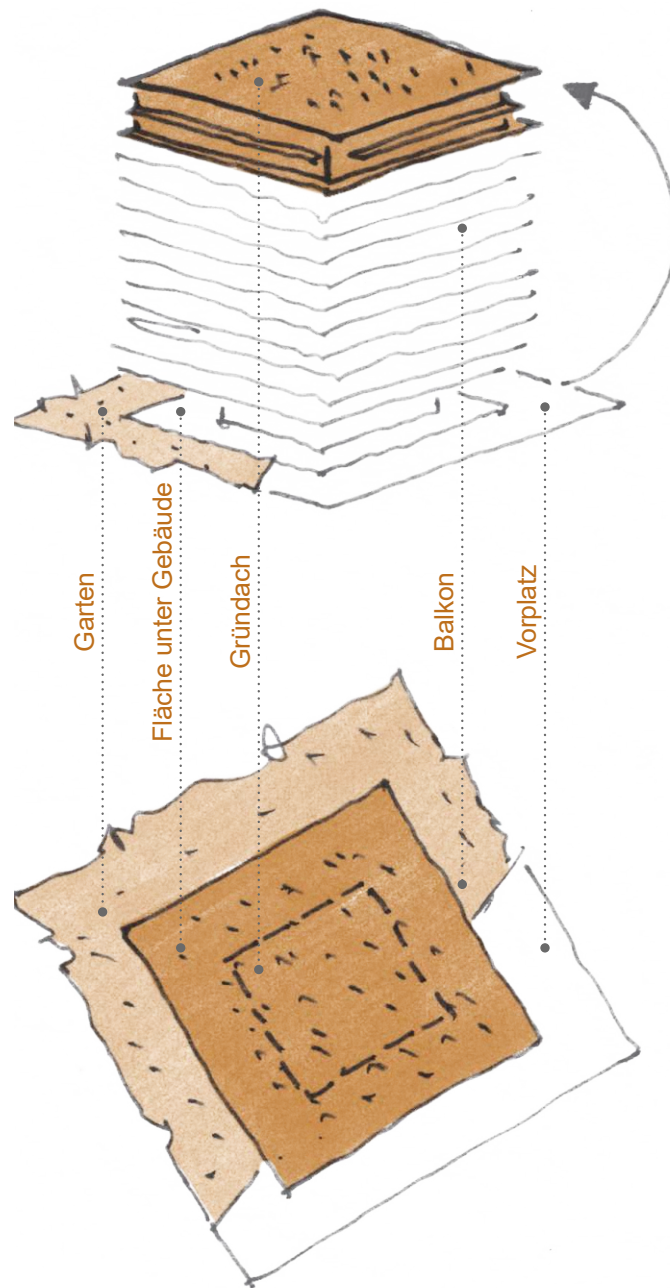


horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	716	0,3	214,8
Garten	Wiese	619	0,1	61,9
Vorplatz	Asphalt	265	0,9	238,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon	Beton	1540	0,9-1	-154,0
Au gesamt, nach				361,2
Au vor	Wiese	1600	0,1	160,0

$$\text{SLF Original} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \frac{361,2}{160} = 2,3 > 1 \quad (\text{Sollwert nicht erfüllt})$$

Hubeffekt

Abgehoben mit teilweise freiem Erdgeschoß



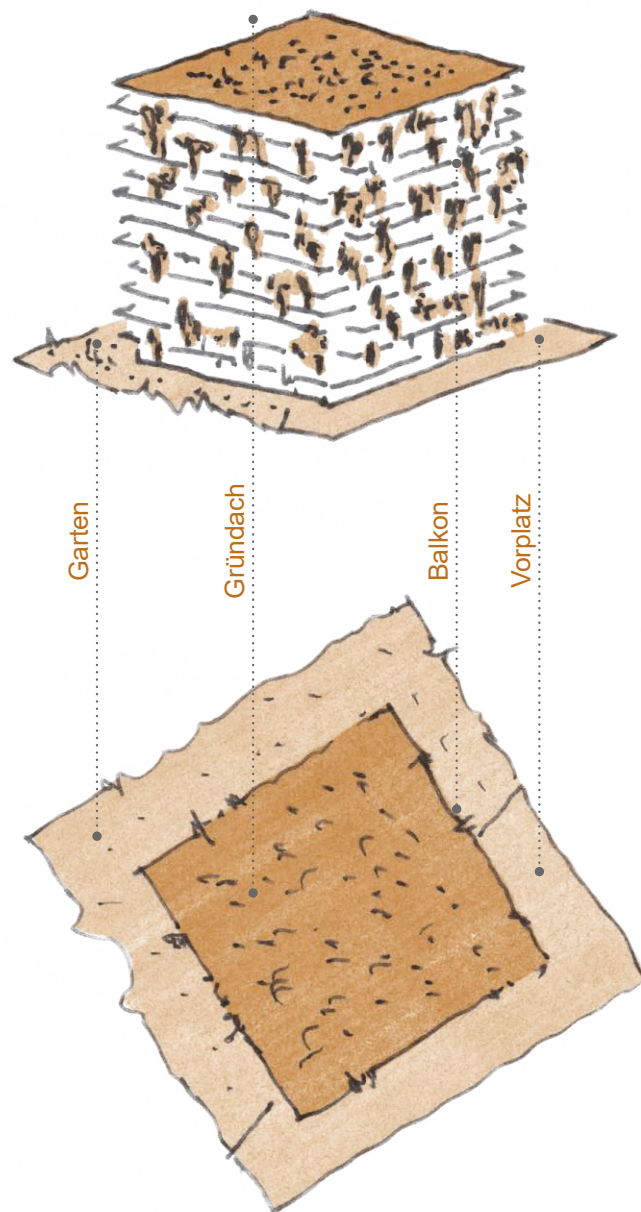
horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	716	0,3	214,8
Garten	Wiese	619	0,1	61,9
Vorplatz	Asphalt	265	0,9	238,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon	Beton	1540	0,9-1	-154,0
Fläche unter Gebäude	Pflaster	533	0,6-1	-213,2
Au gesamt, nach				148,0
Au vor	Wiese	1600	0,1	160,0

$$\text{SLF Hubeffekt} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \frac{148}{160} \approx 0,9 \leq 1 \quad (\text{Sollwert erfüllt})$$

Wenn man das Erdgeschoß nur teilweise anhebt und die gewonnene Fläche mit durchlässigen Pflastersteinen (Fugenanteil mehr als 15 %) versieht, erreicht man bereits einen Wert von 0,9!

Grüneffekt

mit teilweise begrünten Balkonen (23 % Grünanteil)



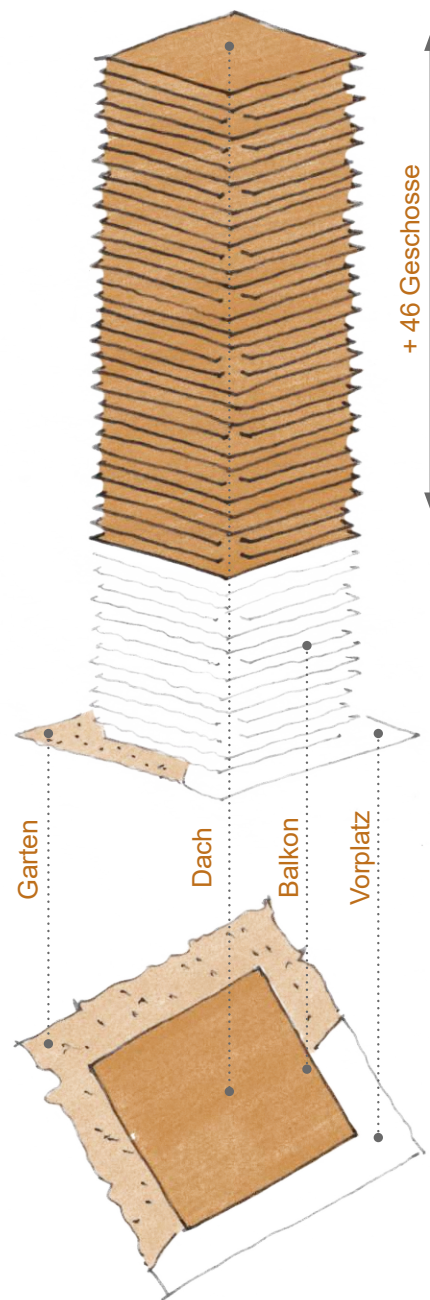
horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	716	0,3	214,8
Garten	Wiese	619	0,1	61,9
Vorplatz	Asphalt	265	0,9	238,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon	77% Beton	1186	0,9-1	-118,6
Balkon	23% Grün	354	0,1-1	-318,8
Au gesamt, nach				77,8
Au vor	Wiese	1600	0,1	160,0

$$\text{SLF Grüneffekt} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \frac{77,8}{160} \approx 0,5 \leq 1 \quad (\text{Sollwert übererfüllt})$$

Wenn nur 23 % der Balkonflächen intensiv begrünt werden, beträgt der Wert schon 0,5!

Radiatoreffekt

gänzlich ohne Begrünung



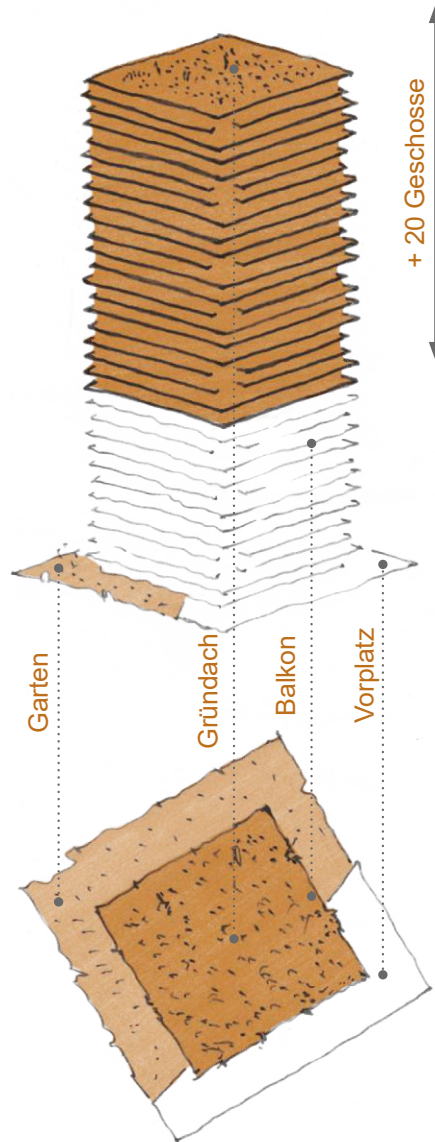
horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Flachdach	Kies	716	0,8	572,8
Garten	Wiese	619	0,1	61,9
Vorplatz	Asphalt	265	0,9	238,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon (57 Geschosse)	Beton	7980	0,9-1	-798,0
Au gesamt, nach				75,2
Au vor	Wiese	1600	0,1	160,0

$$\text{SLF Radiatoreffekt} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \frac{75,2}{160} \cong 0,5 \leq 1 \quad (\text{Sollwert übererfüllt})$$

Besonders interessant erscheint das Experiment, das Gebäude gänzlich ohne Begrünung auszuführen und über die so erreichte, besonders große Oberfläche – wegen der Vielzahl an Balkonen – zu eruieren, wie viele Geschosse man hinzuaddieren muss, um ebenso auf einen Wert von 0,5 zu kommen.

Das Ergebnis lautet: man braucht 46 zusätzliche Geschosse ohne jegliches Grün (in dieser Variante ist auch das Dach bekiest)!

Radiatoreffekt mit grünem Dach

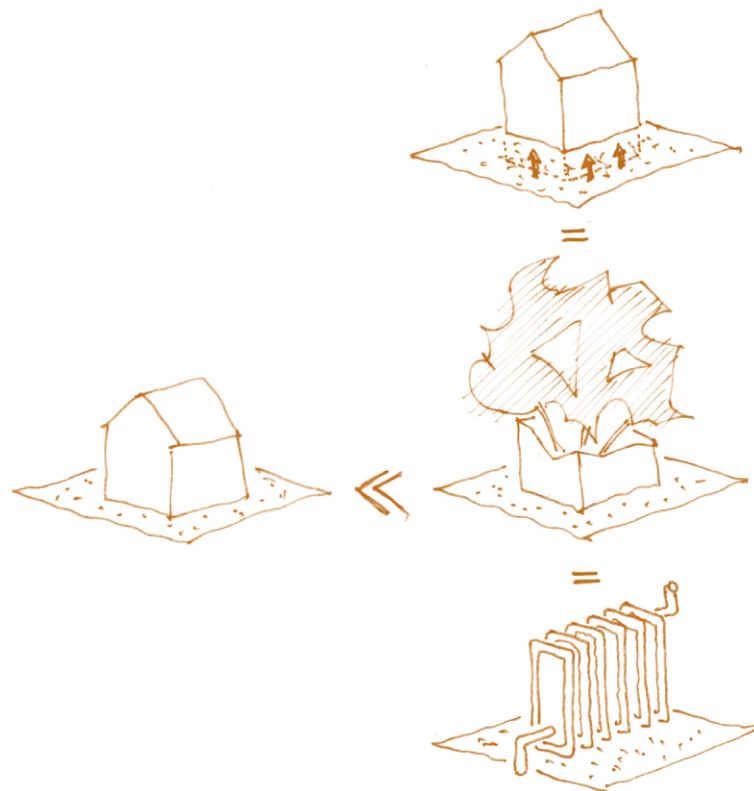


horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	716	0,3	214,8
Garten	Wiese	619	0,1	61,9
Vorplatz	Asphalt	265	0,9	238,5
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Balkon (31 Geschosse)	Beton	4340	0,9-1	-434,0
Au gesamt, nach				81,2
Au vor	Wiese	1600	0,1	160,0

$$\text{SLF Radiatoreffekt} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \frac{81,2}{160} \approx 0,5 \leq 1 \quad (\text{Sollwert übererfüllt})$$

Zum besseren Vergleich mit den vorangegangenen Varianten, nun auch noch eine mit dem extensiven Standardgründach. Bei dieser Variante braucht es immerhin zusätzliche 20 Geschosse um mit dem Radiatoreffekt auf das gleiche Ergebnis wie zuvor zu kommen – also ohne Fassadenbegrünung und ohne Anhub des Erdgeschoßes.

Fazit



Das Originalhaus im gebauten Zustand erfüllt mit einem SLF von 1,9 den Sollwert von 1 nicht, weil es außer der extensiven Dachbegrünung keine weitere Begrünung aufweist. Aber schon, wenn man einen Gutteil des Gebäudes anhebt (=Hubeffekt), erreicht man einen Versiegelungsfaktor von 0,9 also unter 1 – wir haben somit Minusversiegelungsstandard erreicht: das Gebäude hat alleine durch seine Anwesenheit seine Umgebung versiegelungstechnisch verbessert.

Wenn man hingegen stattdessen, also ohne Anheben des Gebäudes, nur 23 % der Balkonflächen intensiv begrünt (=Grüneffekt), erreicht man den hervorragenden Wert von 0,5.

Durch das in dieser Arbeit entwickelte Rechenmodell beziehungsweise die hier vollzogene empirische Anwendung wird auch klar, dass nicht nur Begrünung allein den Versiegelungsgrad verbessern kann, sondern auch die Anordnung einer Vielzahl von übereinandergestapelten, auskragenden und berechneten Bauteilen. Diese Bauteile – im gegenständlichen Projekt Balkone schaffen eine künstliche Vergrößerung der berechneten Oberfläche und in gewissem Maße auch eine Vergrößerung der Verdunstungsfläche (=Radiatoreffekt). Alleine durch diesen Effekt erzielt man durch eine Erhöhung der Geschoßanzahl auf 58 (ohne Gründach), bzw. durch eine Geschoßanzahl von 32 (mit Gründach) ebenso den ausgezeichneten Wert von 0,5!

Gebäude im Stadtzentrum

Zum Abschluss der Arbeit wird ein fiktives Projekt im Stadtzentrum an einem ebenso fiktiven Ort nach bestem Wissen und Gewissen mit dem bis dato gewonnenen Knowhow erstellt, und der Einfluss der folgenden drei bestimmenden Faktoren ermittelt:

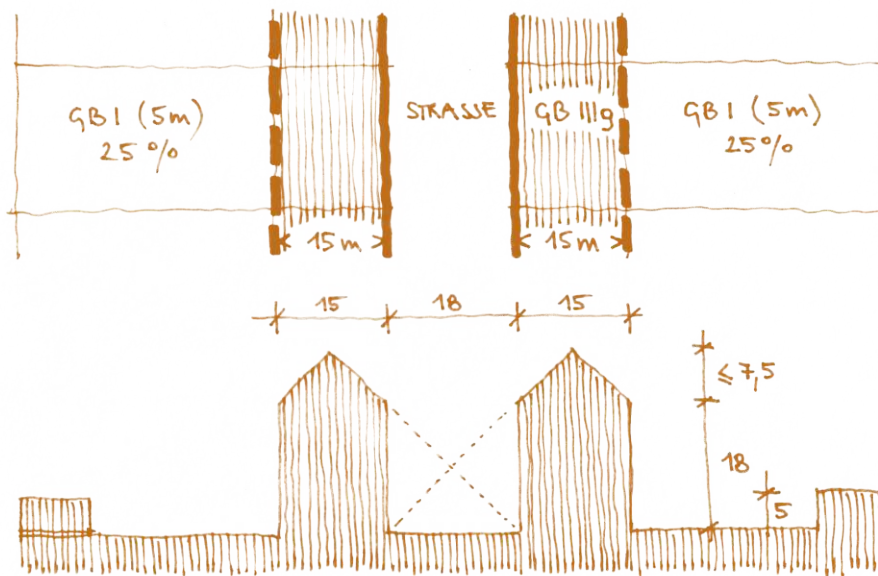
- Grüneffekt,
- Hubeffekt,
- Radiatoreffekt.

Als Nebeneffekt fließt der hierfür konzipierte Slogan „die Stadt, ihre Straßen und Gärten gehören all ihren Bewohnern“ in das Konzept. Neben dem Versiegelungswert werden also auch nochmals soziale Komponenten in das Projekt getragen, indem im finalen Ausbaustadium das gesamte Erdgeschoß der Stadt zum allseitig erleb- und beispielbaren grünen Raum für alle wird.

Beispiel

ein fiktives Gebäude in einer fiktiven Umgebung unter folgende Annahmen:

Bebauungsplan



GBIIIg (nach Wiener Bauordnung):

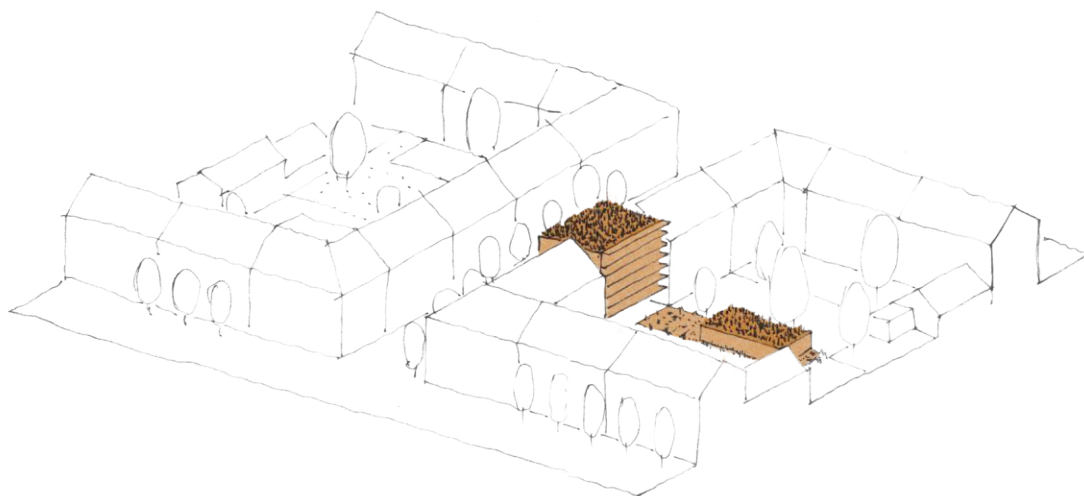
- gemischtes Baugebiet,
- Bauklasse III (bis 18 m),
- geschlossene Bauweise.

GBI (5 m) 25 % (nach Wiener Bauordnung):

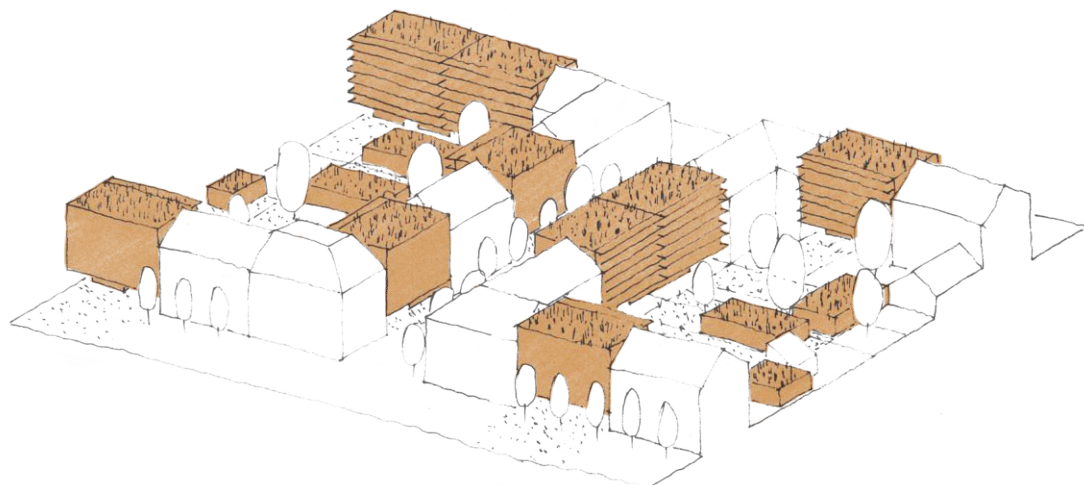
- gemischtes Baugebiet,
- Bauklasse I bis 5 m,
- 25 % bebaubar,

- Baulinie (an der Straße),
- - - innere Baufluchtlinie.

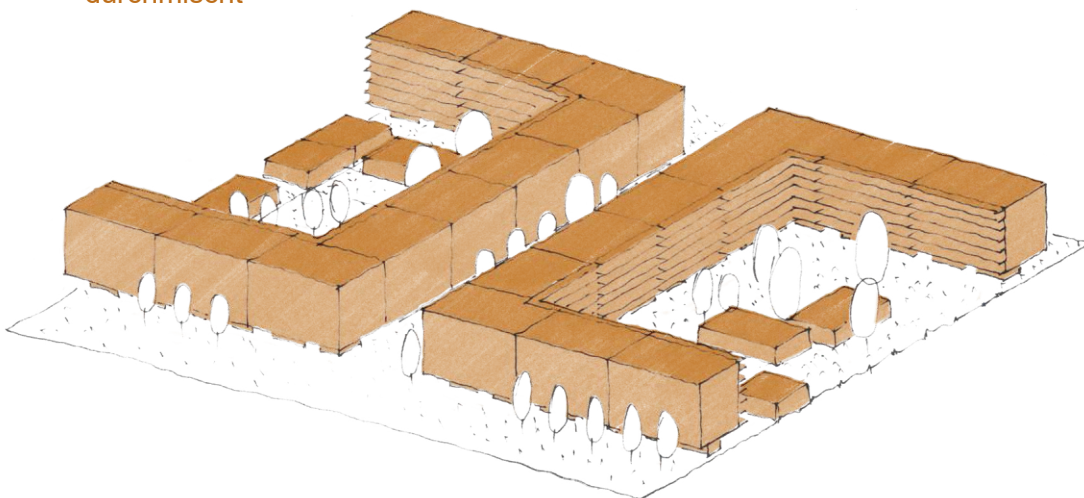
Städtische Entwicklung



punktuell

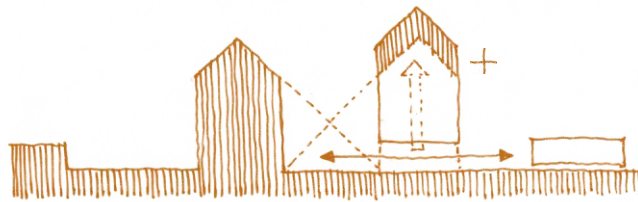


durchmischt



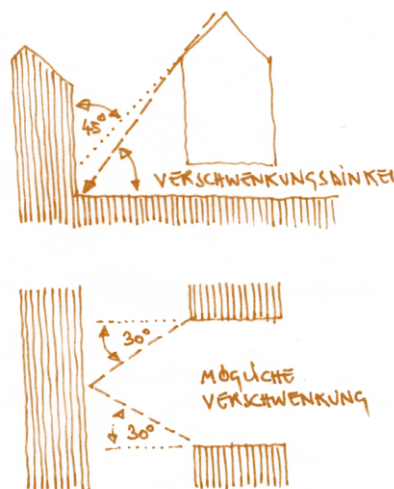
vollständig

Anwendung Hubefekt

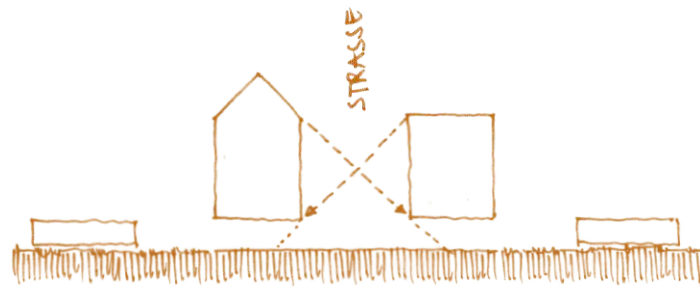


Wenn man den Wunsch hegt, dass vermehrt Erdgeschoßflächen frei von Verbauung bleiben und evtl. auch unversiegelt, müssen dafür städtebauliche Rahmenbedingungen geschaffen werden. Am einfachsten wäre es, eine Möglichkeit vorzusehen, die im Erdgeschoß verlorene Fläche als zusätzliches Geschoß außerhalb der Bauklasse zu gestatten.

Falls überhaupt relevant, weil vor allem der historisch gewachsene städtische Bebauungsplan dies ohnehin in vielen Fällen negiert, könnten dadurch Belichtungsprobleme für das gegenüberliegende Gebäude entstehen. Im fiktiven Beispiel kann dieses Problem allein durch die Möglichkeit der Verschwenkung des Lichteinfallswinkels gelöst werden. (OIB-Richtlinie 3 2007: Punkt 9 Belichtung und Beleuchtung)

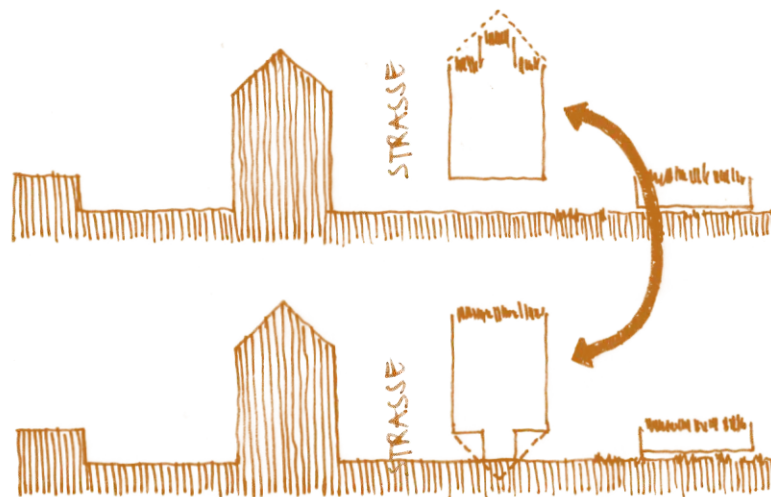


Städtebaulich und baurechtlich kann man die Problematik folgenderweise zusammenfassen: Solange nur Einzelbauwerke die zusätzliche Bauhöhe konsumieren, wird die Belichtungssituation für gegenüberliegende Bauten gar nicht, beziehungsweise nur in geringem Maße verschlechtert. Wenn allerdings irgendwann der Fall eintritt, dass sämtliche Bauten vom Boden abgehoben sind, entfällt auch die Notwendigkeit der gesetzmäßigen Belichtung im dann nicht mehr vorhandenen Erdgeschoß. Somit ergibt sich durch die neue Höhenentwicklung städtebaulich kein Problem, baurechtlich wären allerdings Adaptierungen nötig.



Auch sämtliche Hofgebäude sind vom Boden abgehoben, allerdings nur in dem Maße, dass der Boden unversiegelt bleiben kann. (Vergleiche Analyse, Beispiel 6, Haus Lina)

Anwendung Grüneffekt



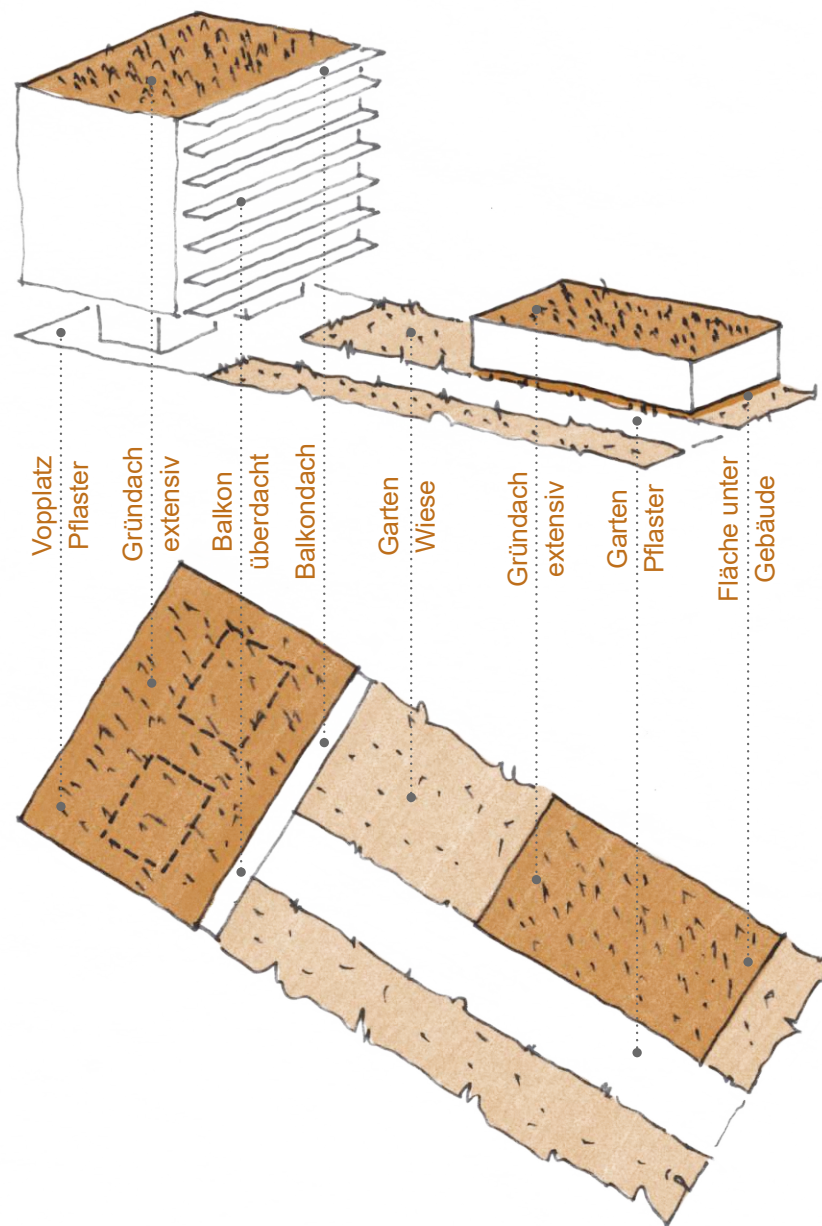
Nachdem große horizontale Dachflächen zu Begrünungszwecken von Vorteil sind, wäre eine weitere städtebauliche Maßnahme denkbar: Die 45 °-Regel, die üblicherweise auf Dächern gilt, könnte umgekehrt, und die Häuser somit auf ihre Spitzen gestellt werden. Abgesehen davon werden sämtliche Dächer selbstverständlich begrünt. Dazu bleibt auch die Hoffläche zu 75 % unversiegelt und wird als halbpri- vater innerstädtischer Garten ausgeführt.

Anwendung Radiatoreffekt



Nachdem an der Straßenfront baurechtlich nicht allerorts erwünscht und erlaubt, werden zumindest an der Hoffassade in jedem Geschöß durchgängige Balkone angeordnet.

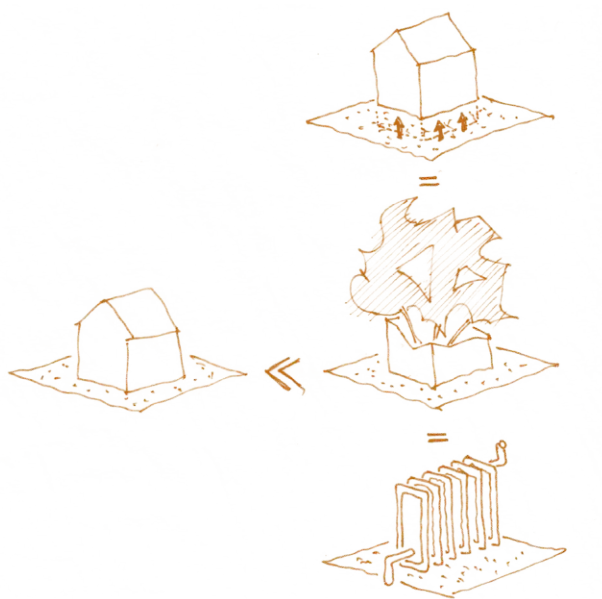
Folgende Flächen mit verschiedenen Abflussbeiwerten ergeben sich schlussendlich am Baufeld:



horizontale Oberflächen direkt bewittert	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Gründach	extensiv	435	0,3	130,5
Balkondach	Beton	40	0,9	36,0
Garten	Wiese	175	0,1	17,5
Garten	Pflaster	175	0,6	105,0
horizontale Oberflächen überdacht	Material	Fläche (m²)	Cm-Wert	Au
Vorplatz	Pflaster	235	0,6-1	-94,0
Fläche unter Gebäude	unversiegelt	175	0,1-1	-157,5
Balkon	Beton	240	0,9-1	-24,0
Au gesamt, nach				13,5
Au vor	Wiese	1000	0,1	100,0

$$\text{SLF gesamt} = \frac{\text{Au nach}}{\text{Au vor}} = \frac{13,5}{100} \cong 0,1 \leq 1 \quad (\text{Sollwert übererfüllt})$$

Fazit



Das Nullversiegelungshaus beziehungsweise das Minusversiegelungshaus ist nun auch im Stadtzentrum angekommen.

Ohne besondere Anstrengungen scheint das Ziel der Entsiegelung auch in der Mitte unserer Städte erreichbar.

Dabei hat das vorgeschlagene Projekt noch längst nicht sein ganzes Potential ausgeschöpft:

Betreff Begrünungseffekt: (Anteil am SLF gesamt: 47 %)

- die Dächer sind „nur“ extensiv begrünt,
- eine intensive Begrünung würde eine noch deutlichere Verbesserung ergeben.

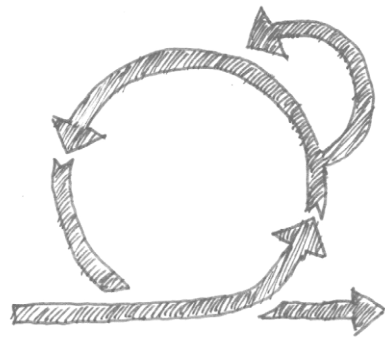
Betreff Radiatoreffekt: (Anteil am SLF gesamt: 7 %)

- die Balkone sind einerseits nur gartenseitig ausgeführt,
- und andererseits keineswegs begrünt,
- eine beidseitige Ausführung und Begrünung würde eine noch deutlichere Verbesserung ergeben.

Betreff Hubeffekt: (Anteil am SLF gesamt: 46 %)

- einzig dieser Effekt ist zur Gänze konsumiert und kaum verbesserbar!
- im Gegenteil, aufgrund der guten Werte könnte teilweise darauf verzichtet werden und etwa Teile der Hofbebauung direkt auf den Boden gesetzt werden.

5. SCHLUSSFOLGERUNG



Der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Versiegelungsfaktor SLF scheint ein brauchbares Element zur Bewertung von Gebäuden und ihrer Außenanlagen in Bezug auf deren Versiegelungsqualität. Die Bewertung der bestehenden Gebäude scheint schlüssig und nachvollziehbar, das Ranking der Gebäude untereinander ebenso. Dass für die Beurteilung auf ein bewährtes Normenformat zurückgegriffen wird, macht die Berechnung nicht nur einfach, sondern auch übersichtlich und mathematisch leicht kalkulierbar. Auch scheint es Sinn zu machen, den Abflussfaktor der Gebäudeflächen als Grundlage heranzuziehen, weil:

Die Umwandlung von Wasser von der festen in die flüssige oder von der flüssigen in die gas- bzw. dampfförmige Form ist die wichtigste Energieumwandlung auf der Erde. (Schmidt 2010: 99-104)

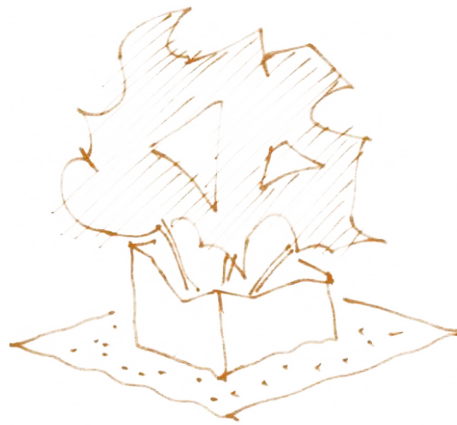
Die Fähigkeit, Energie aufzunehmen und abzugeben, trägt dazu bei, verschiedene Regionen unseres Planeten zu kühlen oder zu erwärmen. (Kravcik et al. 2008: 14)

Wenn Wasser aus der Umgebung verdunstet, wird die notwendige Wärmeenergie für die Umwandlung von flüssigem Wasser in Dampf der Umgebung entzogen, weshalb es abkühlt. Im Gegensatz dazu wird auf unbegrünter Flächen ein großer Teil der Sonnenstrahlung absorbiert und in fühlbare Wärme umgewandelt, wodurch sich die Oberflächentemperatur erhöht. (Kravcik et al. 2008: 25)

Alles steht und fällt mit dem Wasser!

Je mehr und länger wir das Wasser am und um das Gebäude halten können, desto positiver wird es sich auf unser Haus, seine Umgebung und schlussendlich auf den Versiegelungsfaktor auswirken. Nichts weniger als das zu erreichen ist das Ziel dieser Arbeit.

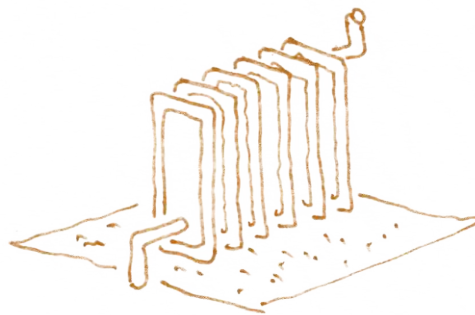
Wichtig scheint auch die Unterscheidung der drei Hauptfaktoren der Entsiegelung:



Der Grünfaktor als Basis scheint unbestritten, auch scheint es logisch, Wasser als Berechnungsbasis zu verwenden, denn ohne Wasser kein Grün! Außerdem ist die Berechnungsmethode zum Beispiel bei Retentionsdächern bewährt und allgemein wissenschaftlich anerkannt. Vordergründig scheint es aber von Nachteil, dass, ob der gewählten Berechnungsbasis, Fassadenbegrünungen keinerlei Eingang in die Berechnung finden können. Allerdings ist der Autor der Meinung, dass eine Pflanze immer nur so gut ist wie ihr Pflanztrog, welcher selbstverständlich in die Berechnung eingeht, die Höhe der daraus wachsenden Pflanze allerdings nicht. Deshalb macht die Berechnungsmethode in Hinsicht auf Vergleichbarkeit sehr wohl Sinn: Es werden nicht Blätter einer fiktiv wachsenden Pflanze gezählt, sondern tatsächlich vorhandene Substrathöhen, die diese Blätter erst ermöglichen!



Der Hubfaktor scheint ebenso einfach, birgt aber schon größere Unabwägbarkeiten: Selbstverständlich scheint es nachvollziehbar, dass ein Gebäude, welches über seinem unberührten Untergrund schwebt, diese Fläche zur Gänze zur Anrechnung erhält. Aus wasserwirtschaftlicher Sichtweise macht dies durchaus Sinn: Abflussfaktoren wurden geschaffen, um zu gewährleisten, dass im Ernstfall das Wasser schnell genug entsorgt beziehungsweise lang genug zurückgehalten werden kann. Nun können auch wir in unserem Fall getrost davon ausgehen, dass im Hochwasserfall auf solche Flächen Verlass ist, und die Versickerung beziehungsweise Retention problemlos verläuft. Wenn alle Häuser aufgeständert wären, und das Gelände darunter nicht mehr versiegelt, hätten wir bei weitem geringere Probleme bei Hochwasser. Unbestritten ist allerdings, dass die eben angesprochenen Flächen teilweise im Regenschatten liegen können und deshalb eventuell schlecht bis gar nicht natürlich bewässert werden, was eine Begrünung nur schwer möglich macht. Da dies aber technisch keineswegs ausgeschlossen werden kann, und sich durch solche Räume auch neue Möglichkeiten für Flora und Fauna bieten können, verzichtet der Autor bewusst auch bei geringen Hubhöhen auf Abschlüsse für solche Flächen.

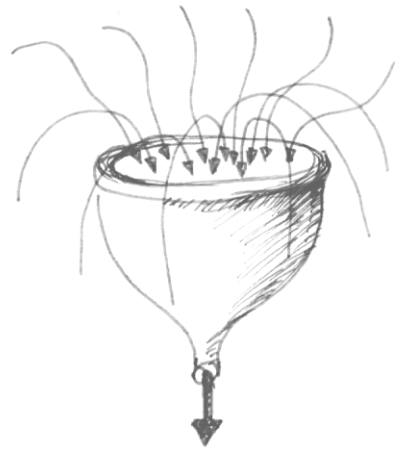


Die größte Überraschung in der Analyse ist der Radiatorfaktor. Wie beim Hochhaus nachgewiesen, ist es denkbar, ein Gebäude ohne jegliches Grün zu errichten, welches trotzdem den vorliegenden Entsiegelungskriterien entspricht. Auch wenn dies nicht dem ursprünglichen Sinn der Masterarbeit entspricht und wohl auch Kritik hervorrufen wird, ist es vorerst doch logisch nachvollziehbar und durchaus an das Vorbild Natur angelehnt. Um dies zu verstehen, sollte man vielleicht die Arbeitsweise eines Baumes genauer betrachten: Bei Regen werden zuerst die Blätter und Nadeln benetzt. Dieses Wasser kann verdunsten ohne je den Waldboden zu erreichen. Diesen Prozess nennt man Interzeption. Alles Wasser, das nicht von der Krone zurückgehalten werden kann, gelangt auf den Waldboden, wo ein weiterer Teil des Wassers verdunstet. Dies nennt man Bodenevaporation. Nur das restliche Wasser versickert im Boden, wird schlussendlich zum Teil von den Wurzeln aufgenommen, in die Krone transportiert und dort wieder verdunstet. Wir sprechen dabei von Transpiration. Die beiden ersten Prozesse, Interzeption und Bodenevaporation, kann auch ein Haus leisten, das gleich einem Radiator und schlussendlich auch gleich einem Baum eine besonders große künstliche Oberfläche zum Beispiel in Form von Balkonen aufweist, weshalb es auch schlüssig

ist, dass dieser Faktor positiv in der Rechnung aufgenommen wird. Nachdem uns aber die Nachteile der baumlosen Stadt in Form von Hitzeinseln etc. durchaus bewusst sind, werden wir mit unseren noch zu erstellenden städtebaulichen Regeln danach trachten, dass der Radiatoreffekt im Zuge einer Gesamtrechnung, wenn überhaupt, dann nur einen gewissen Höchstprozentsatz am Gesamterfolg eines Gebäudes leisten darf.

Insgesamt machen vor allem die beiden ausgearbeiteten Beispiele „Lina++“ und „Gebäude im Stadtzentrum“ Lust auf mehr. Auch ob ihrer Einfachheit im Konzept und glaubhaft simplen Umsetzungsmöglichkeit erlauben sie uns, unserer Zukunft etwas optimistischer entgegenzusehen. Das gilt auch für die Vorstellung von der zukünftigen Stadt, mit den vielen un- beziehungsweise wenig versiegelten, teils gut verschatteten Flächen und den vielen Möglichkeiten, die sich dort für den Stadtbewohner eröffnen: Wir werden in einem riesigen Stadtpark wohnen, in dem unsere Erdgeschoßzonen nur noch Nutzungen aufweisen, die wir dort auch unbedingt brauchen: Cafés, Kioske, den kleinen Bäcker, den Würstelstand und vor allem ganz viel Fläche zum Spielen, Toben, Chillen und Relaxen.....

6 ZUSAMMENFASSUNG



Fünf Fußballfelder pro Tag, so viel versiegeln wir aktuell in unserem Land, wobei Versiegeln meint, dass wir den Boden mit einer wasser- und luftundurchlässigen Schicht bedecken und somit das Leben darunter absterben lassen – und zwar dauerhaft, denn die Neubildung von 1 cm Humus dauert 100 bis 200 Jahre*. Abgesehen von diesen Folgen ist auch keine Wasserversickerung im Boden mehr möglich – während ein Hektar herkömmlicher Boden 2.000 m³ Wasser* speichern kann, was sich auf die verbliebene Vegetation und somit deren Verdunstungsrate auswirkt. Nicht nur der lokale, sondern auch der globale Wasserkreislauf wird durch die angesprochenen Veränderungen massiv gestört! Sämtliche biologische Funktionen sowie die Produktivität des Bodens gehen verloren, die biologische Vielfalt ist bedroht, Hitzeeffekte sowie Hochwasserrisiko steigen enorm.

Nun werden in dieser Thesis zuerst aktuelle Entwicklungen und Auswirkungen aufgezeigt. Danach widmet sich die Arbeit mathematisch kalkulierbaren Faktoren, die an Fallbeispielen versuchen, das jeweilige Maß der Versiegelung mathematisch zu berechnen. Dabei wird ein vorhandenes Quantifizierungsmodell vorgestellt und untersucht, welches allerdings nur die Summe der Grünflächen eines Gesamtprojektes bewertet und diese mit der ursprünglichen Grünfläche am Areal vergleicht. In der vorliegenden Arbeit wird nun ein neues Tool entwickelt und vermittelt, welches auf Basis von Wasserdurchlasszahlen im jeweiligen Untergrund versucht, das aktuelle Maß an Versiegelung zu ermitteln. In einer Reihe von Fallbeispielen am freistehenden Einfamilienhaus werden beide Tools vergleichend angewandt, mit dem Ergebnis, dass schlussendlich ein versiegelungstechnisch perfektes Haus präsentiert werden kann, das beiden Rechenvarianten

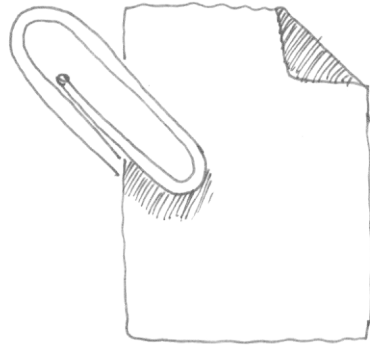
* Umweltbundesamt GmbH 2022

entspricht. Als nächster Schritt werden zwei größere Bauvorhaben in der Stadt nach den gleichen Richtlinien untersucht und auch mit Verbesserungsvorschlägen versehen, um jeweils nicht nur Versiegelungsneutralität, sondern schlussendlich den erwünschten Minusversiegelungsgrad zu erreichen – ein Maß, mit dem nachgewiesen werden soll, dass ein Gebäude nicht nur zu keiner weiteren Versiegelung im Land beiträgt, sondern genaugenommen dieses durch seine Anwesenheit ein Stück weit entsiegelt.

Im Rahmen der Analysen stellt sich heraus, dass drei Faktoren maßgeblich für diese Entsiegelung verantwortlich sind: Wie zu erwarten ist der erste dieser Faktoren der Grünfaktor, welcher Aufschluss über das Maß an Begrünung am Gebäude gibt. Mindestens genauso wichtig erscheint aber der Hubfaktor, der im Prinzip aussagt, wie viel ursprüngliche Fläche am Grund bestehen bleiben kann, weil das Gebäude darüber angehoben wird. Etwas überraschend kommt beim Variantenvergleich heraus, dass noch ein dritter Faktor wesentlichen Einfluss auf die Berechnung nimmt, nämlich der sogenannte Radiatoreffekt, welcher im Prinzip nachweist, dass gleich einem Baum, der seine Wirkung seiner überdimensionierten Baumkrone beziehungsweise deren Blättern zu verdanken hat, dies auch bei einem Gebäude durch eine künstlich und deutlich vergrößerte Oberfläche – zum Beispiel durch Balkone – erfolgen kann.

Mit diesen gesammelten Knowhow wird schließlich ein fiktives innerstädtisches Grundstück beplant und durch rechnerischen Nachweis mit seinem Versiegelungsfaktor versehen. Dabei kann der Nachweis erbracht werden, dass es auch innerstädtisch möglich ist, nicht nur versiegelungsneutral, sondern sogar versiegelungsnegativ, also entsiegelnd, zu bauen – mit all den sich daraus ergebenden Vorteilen für die Bewohner eines solchen Gebäudes beziehungsweise dessen Umgebung.

7 ANHANG



literaturnachweis

Beck Felix (2015): *Flood-risk (areas) in land-use planning decisions in Austria and Sweden*. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs, Technische Universität Wien, Wien

Betzler Florian (2016): *GDF - Green Density Factor and GCF - Green Cooling Factor, A specific calculation method to integrate green roofs, green facades and their evapotranspiration cooling rate into the general planning procedure of architects and planners*. 1. Aufl., Tectum Verlag, Marburg

Climate Change Centre Austria (2014): Österreichischer Sachstandsbericht 2014 - Austrian Assessment Report 2014 (AAR14). <https://ccca.ac.at/wissenstransfer/apcc/aar14> - abgerufen am 12.07.2022

De Botton Alain (2010): *Glück und Architektur: Von der Kunst, daheim zu Hause zu sein*. 4. Aufl., Fischer Verlag, Frankfurt am Main

Denkmalpflege in Niederösterreich (2021): Band 65 – „Baukultur und Bodenverbrauch“. In: Amt der NÖ Landesregierung (Hrsg.): *Denkmalpflege in Niederösterreich*. St. Pölten

Dietmar Kurapkat (2014): *Bauwissen im Neolithikum Vorderasiens*. In: Jürgen Renn, Wilhelm Osthues and Hermann Schlimme (Hrsg.): *Wissensgeschichte der Architektur: Band I: Vom Neolithikum bis zum Alten Orient*. Edition Open Access, Max Planck Institute for the History and Development of Knowledge, Berlin

Drexel Christof (2018): *Zwei Grad. Eine Tonne. - Wie wir das Klimaziel erreichen und damit die Welt verändern*. 2. Aufl., Laible Verlagsprojekte, Allensbach

Gardi Ciro (2019): *Urban Expansion, Land Cover and Soil Ecosystem Services*. 1. Aufl., Routledge, London

Grimm Karl (2010): *Integratives Regenwassermanagement – Motivenbericht, Beispielsammlung*. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22, Wien

Grütter Jörg Kurt (2021): *WOHNRAUM planen: Architektur – Psychologie – Sozial – Gesellschaft – Kultur*. 1. Aufl., Springer Vieweg, Wiesbaden

Hooke Roger LeB., Pedraza Javier, Martin-Duque Jose Francisco (2012): *Land Transformation by humans: A review*, GSA Today, The Geological Society of America, Boulder

Kampusch Verena (2018): *GRÜN FINDET STADT – Potentiale und Barrieren für grüne Infrastruktur in urbanen Gebieten am Beispiel von Wien*. Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Engineering“, Technische Universität Wien, Wien

Kravčík Michal, Pokorný Jan, Kohutiar Juraj, Kováč Martin, Tóth Eugen (2008): *Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm*. Typopress-publishing house s.r.o., Kosice
 Legner Maria (2017): *Grundlos bodenlos?! Eine planungskulturelle Betrachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen und Umsetzungen der Bodenschutzplanung in Oberösterreich*. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin, Technische Universität Wien, Wien

Merz Ralf, Blöschl Günter, Humer Günter (2008): *Hochwasserabflüsse in Österreich – das HORA-Projekt*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft

Müller Marlene (2020): *MINIMAL IMPACT + MAXIMUM REGENERATION – klimaresiliente innerstädtische Architektur zur Erhaltung und Regeneration des Ökosystems*. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin, Technische Universität Wien, Wien

Nelles David, Serrer Christian (2021): *Machste dreckig - Machste sauber: Die Klimälösung*. Klima-Wandel, Friedrichshafen

Österreichische Raumordnungskonferenz ÖROK (2022): Dauersiedlungsraum. <https://www.oerok-atlas.at/#indicator/74>
 - abgerufen am 11.07.2022

Schmidt Marco (2010): *A New Paradigm in Sustainable Land Use. In Topos 70*. Callwey Verlag, München

Sou Fujimoto (2012): *Futurospektive Architektur*. Walther König Verlag, Bielefeld
 Umweltbundesamt GmbH (2022): Flächeninanspruchnahme. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme> - abgerufen am 26.6.2022

Wiener Gemeinderat (2014): Step 2025 Stadtentwicklungsplan Wien. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, Wien

Zeumer Martin, El khouli Sebastian, John Viola (2014): *Nachhaltig konstruieren, Vom*

Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren, 1. Aufl., Detail Verlag, München

rechtsquellenverzeichnis

Bauordnung für Wien –Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch, Fassung vom 12.07.2022

DIN 1986-100:2016-12: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056

OIB- 330.3-008/19: 2019-07: Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 3 „Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz“

OIB-300.3-005/07-001: 2007-04: Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 3 „Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz“, Punkt 9: Belichtung und Beleuchtung

ÖNORM B 2501: 2016-08: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Planung, Ausführung und Prüfung - Ergänzende Richtlinien zu ÖNORM EN 12056 und ÖNORM EN 752

ÖNORM EN 12056-3: 2000-12: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung (hat den Status einer Deutschen Norm. 2001-01)

ÖNORM L 1131: 2016-06: Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung

OÖ. Raumordnungsgesetz 1994 § 32, tagesaktuelle Fassung

Salzburger Raumordnungsgesetz 2009 § 56, Fassung vom 09.05.2018

Abbildungsverzeichnis

- | | | | |
|-------|--|-------|---|
| S. 3 | Abb. 1: eigene Darstellung | S. 22 | Abb. 12: eigene Darstellung |
| S. 6 | Abb. 2: Sou Fujimoto (4, s. 192) | S. 25 | Abb. 13: eigene Darstellung |
| S. 9 | Abb. 3: eigene Darstellung | S. 25 | Abb. 14: eigene Darstellung |
| S. 10 | Abb. 4: eigene Darstellung | S. 25 | Abb. 15: eigene Darstellung |
| S. 11 | Abb. 5: eigene Darstellung | S. 26 | Abb. 16: eigene Darstellung |
| S. 12 | Abb. 6: eigene Darstellung | S. 26 | Abb. 17: eigene Darstellung |
| S. 13 | Abb. 7: eigene Darstellung | S. 26 | Abb. 18: eigene Darstellung |
| S. 14 | Abb. 8: eigene Darstellung, Grundlage:
https://www.google.com/search?q=baumhaus+sketch+&tbm=isch&ved=2ahUKEWj4iNil2cj5AhWCxQIHHQbUCxYQ2-cCegQIABAA&oq=baumhaus+sketch+&gs_lcp=CgNpbWcQAzoFCAAQgAQ6BggAEB-4QBzoECAAAQZoGCAAQHhAIUOgJWK8_YPRAAABwAHgAgAFNiAGWCZIBAJE-3mAEOAEbqgELZ3dzLXdpei1pbWfAA-QE&scient=img&ei=_Sf6YriWJ4KLi-gPhqiv-sAE&bih=730&biw=1422&rlz=1C1LRNT_deAT975AT975#imgsrc=1fh0uyuTJ26svM
(Abfrage: 2022-08-15) | S. 31 | Abb. 19: eigene Darstellung |
| S. 15 | Abb. 9: eigene Darstellung, Grundlage:
https://www.google.com/search?q=problem+solving+sketch+&tbm=isch&ved=2ahUKEWj4xY7X2cj5AhXHN-wKHYZHAQgQ2-cCegQIABAA&oq=problem+solving+sketch+&gs_lcp=CgNpbWcQAziECAAAQEzoICAAQH-hAHEBM6CAgAEB4QBRATOGgLABAeE-AgQEzoGCAAQHhAHUIEzWP89YJ-RlaABwAHgAgAFYiAG-BJIBATmYAQC-gAQGqAQtd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=ZSj6Ysn-EcfvsAeBs4dA&bih=712&biw=1404&rlz=1C1LRNT_deAT975AT975&hl=de#imgsrc=bBg56J5uD_jFZM
(Abfrage: 2022-08-15) | S. 32 | Abb. 20: eigene Darstellung |
| S. 18 | Abb. 10: eigene Darstellung,
Grundlage: Lit 8, Umweltbundesamt | S. 33 | Abb. 21: eigene Darstellung |
| S. 19 | Abb. 11: eigene Darstellung,
grundlage: lit 30, Örok Raumtlas | S. 35 | Abb. 22: Caramel Architekten,
cc Hertha Hurnaus |
| | | S. 36 | Abb. 23: eigene Darstellung |
| | | S. 37 | Abb. 24: eigene Darstellung |
| | | S. 38 | Abb. 25: eigene Darstellung |
| | | S. 39 | Abb. 25: eigene Darstellung |
| | | S. 40 | Abb. 27: Caramel Architekten,
cc Hertha Hurnaus |
| | | S. 41 | Abb. 28: eigene Darstellung |
| | | S. 42 | Abb. 29: eigene Darstellung |
| | | S. 43 | Abb. 30: eigene Darstellung |
| | | S. 44 | Abb. 31: eigene Darstellung |
| | | S. 45 | Abb. 32: Caramel Architekten,
cc Kerstin Ordelt |
| | | S. 46 | Abb. 33: eigene Darstellung |
| | | S. 47 | Abb. 34: eigene Darstellung |
| | | S. 49 | Abb. 35: eigene darstellung |
| | | S. 50 | Abb. 36: Caramel Architekten,
cc Hertha Hurnaus |
| | | S. 51 | Abb. 37: eigene Darstellung |
| | | S. 52 | Abb. 38: eigene Darstellung |
| | | S. 54 | Abb. 39: eigene Darstellung |
| | | S. 55 | Abb. 40: Caramel Architekten,
cc Caramel Architekten |
| | | S. 56 | Abb. 41: eigene Darstellung |
| | | S. 57 | Abb. 42: eigene Darstellung |
| | | S. 58 | Abb. 43: eigene Darstellung |
| | | S. 59 | Abb. 44: eigene Darstellung |
| | | S. 60 | Abb. 45: Caramel Architekten, |

7 ANHANG

	cc Caramel Architekten
S. 61	Abb. 46: eigene Darstellung
S. 62	Abb. 47: eigene Darstellung
S. 64	Abb. 48: eigene Darstellung
S. 65	Abb. 49: eigene Darstellung
S. 66	Abb. 50: eigene Darstellung
S. 67	Abb. 51: eigene Darstellung
S. 68	Abb. 52: eigene Darstellung
S. 70	Abb. 53: eigene Darstellung
S. 73	Abb. 54: Caramel Architekten, cc Christian Sperr
S. 75	Abb. 55: eigene Darstellung
S. 77	Abb. 56: eigene Darstellung
S. 79	Abb. 57: eigene Darstellung
S. 80	Abb. 58: Caramel Architekten, cc Caramel Architekten
S. 82	Abb. 59: eigene Darstellung
S. 84	Abb. 60: eigene Darstellung
S. 86	Abb. 61: eigene Darstellung
S. 87	Abb. 62: Caramel Architekten, cc Hertha Hurnaus
S. 88	Abb. 63: eigene Darstellung
S. 89	Abb. 64: eigene Darstellung
S. 91	Abb. 65: eigene Darstellung
S. 93	Abb. 66: eigene Darstellung
S. 95	Abb. 67: eigene Darstellung
S. 97	Abb. 68: eigene Darstellung
S. 99	Abb. 69: eigene Darstellung
S. 101	Abb. 70: eigene Darstellung
S. 102	Abb. 71: eigene Darstellung
S. 102	Abb. 72: eigene Darstellung
S. 102	Abb. 73: eigene Darstellung
S. 103	Abb. 74: eigene Darstellung
S. 103	Abb. 75: eigene Darstellung
S. 104	Abb. 76: eigene Darstellung
S. 104	Abb. 77: eigene Darstellung
S. 104	Abb. 78: eigene Darstellung
S. 105	Abb. 79: eigene Darstellung
S. 107	Abb. 80 = Abb. 69: eigene Darstellung

S. 108	Abb. 81: eigene Darstellung
S. 110	Abb. 82: eigene Darstellung
S. 111	Abb. 83: eigene Darstellung
S. 112	Abb. 84: eigene Darstellung
S. 114	Abb. 85: eigene Darstellung
S. 117	Abb. 86: eigene Darstellung

Tabellenverzeichnis

S. 17	Tab. 1: eigene Darstellung, Grundlage: lit 8, Umweltbundesamt
S. 30	Tab. 2: DIN 1986-100:2016-12, S.61
S. 38	Tab. 3: eigene Darstellung,
S. 38	Tab. 4: eigene Darstellung,
S. 43	Tab. 5: eigene Darstellung,
S. 43	Tab. 6: eigene Darstellung,
S. 48	Tab. 7: eigene Darstellung,
S. 48	Tab. 8: eigene Darstellung,
S. 53	Tab. 9: eigene Darstellung,
S. 53	Tab. 10: eigene Darstellung,
S. 58	Tab. 11: eigene Darstellung,
S. 58	Tab. 12: eigene Darstellung,
S. 63	Tab. 13: eigene Darstellung,
S. 63	Tab. 14: eigene Darstellung,
S. 68	Tab. 15: eigene Darstellung,
S. 68	Tab. 16: eigene Darstellung,
S. 75	Tab. 17: eigene Darstellung,
S. 75	Tab. 18: eigene Darstellung,
S. 78	Tab. 19: eigene Darstellung,
S. 78	Tab. 20: eigene Darstellung,
S. 83	Tab. 21: eigene Darstellung,
S. 83	Tab. 22: eigene Darstellung,
S. 85	Tab. 23: eigene Darstellung,
S. 85	Tab. 24: eigene Darstellung,
S. 90	Tab. 25: eigene Darstellung,
S. 92	Tab. 26: eigene Darstellung,
S. 94	Tab. 27: eigene Darstellung,
S. 96	Tab. 28: eigene Darstellung,
S. 98	Tab. 29: eigene Darstellung,
S. 106	Tab. 30: eigene Darstellung,