



Space by Motion

Diplomarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung: Architektur
Ernst Alexander Dengg

Betreuer: Prof. Peter Schreibmayer
Institut für Architekturtechnologie

Mai 2012

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Date:
(signature)

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
(Unterschrift)

DANKSAGUNG

Zu Beginn dieser Arbeit möchte mich an dieser Stelle bei den Personen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit geholfen und mich unterstützt haben. Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Ao.Univ.-Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Univ.-Doz. Peter Schreibmayer für die viel Zeit beanspruchende und engagierte Betreuung. Ohne Ihr immenses Know-how im Bereich Architektur, ‚minimal housing‘ und Konstruktion hätte diese Arbeit niemals so in die Tiefe gehen können.

Infolge der interdisziplinären Tätigkeiten an diesem Projekt war ich auch auf Know-how aus anderen Bereichen angewiesen, weshalb ich auch Professor Franz Stelzer (Institut für Chemische Technologie von Materialien) für die Auskünfte im Bereich Kunststoffe, und die Professoren Stefan Peters (Institut für Tragwerksentwurf) und Andreas Trummer (ebenfalls Institut für Tragwerksentwurf) für die beratenden Gespräche im Bereich Statik, Konstruktion und Materialwahl danken möchte.

Mein Dank gilt auch meinen Eltern Ernst und Helga Dengg, die, davon abgesehen, dass sie mir ein sorgloses Studium ermöglichten, auch immer großes Interesse an meiner Arbeit zeigten.

Schließlich möchte ich mich noch bei den vielen Freunden bedanken, mit denen ich unzählige Diskussionen über die Arbeit geführt habe, und ganz speziell bei denen, die sich bereitwillig als unbeteiligte Lektoren zur Verfügung stellten.

Inhaltsangabe:

1. PROLOG	6
1.1 Wohnen	6
1.2 Energie und Ressourcen.....	8
2. ENTWURFSANSATZ.....	10
2.1 Zielsetzung	10
2.2 Zielgruppe	10
3. KUNSTSTOFFE UND ARCHITEKTUR.....	12
3.1 PLASTIK.....	12
3.2 GESCHICHTE.....	12
3.3 RECYCLING	14
3.4 ABBAU VON KUNSTSTOFFEN	17
3.5 KUNSTSTOFFE IN DER ARCHITEKTUR	18
3.6 DIE ROLLE DER KUNSTSTOFFE IN DER DIPLOMARBEIT	21
4. PROJEKTBESCHREIBUNG	23
4.1 DAS WOHNKONZEPT "SPACE BY MOTION"	23
4.1.1 Der wandelnde Grundriss	24
4.1.2 Die Wohnfunktionen als Möbel.....	25
4.1.2.1 Wohnschlafmodul.....	29
4.1.2.2 Badmodul	33
4.1.2.3 Küche	41
4.1.2.4 Store-Heizmodul.....	45
4.1.2.5 Sitzen.....	47
4.1.3 Stauraum	51

4.2 DIE HÜLLE.....	53
4.2.1 Aufgabe und Funktionsweise.....	55
4.2.2 Pläne und Details.....	56
4.2.3 Transport.....	69
4.2.4 Aufbau.....	69
4.2.5 Energiekonzept.....	70
4.2.5.1 Solarthermie als unterstützendes Heizsystem.....	70
4.2.5.2 Elektrizität.....	72
4.2.5.3 Künstliche Beleuchtung und Beschattung.....	72
4.2.6 Entwässerung.....	73
4.2.7 Verkabelung.....	73
4.2.8 Materialien und Bauteile.....	74
4.2.8.1 Kunststoff (allg. Vor- und Nachteile).....	74
4.2.8.2 GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff).....	75
4.2.8.3 Design Composite Paneele.....	77
4.2.8.4 Aerogel.....	78
4.2.8.5 PCM-Granulat.....	79
4.2.9 Modularer Aufbau.....	83
4.2.9.1 Dachmodul.....	84
4.2.9.2 Wandmodul.....	85
4.2.9.3 Bodenmodul.....	87
4.2.9.4 Fassadenmodul.....	89
4.2.9.5 Vordach.....	92
4.2.9.6 Terrasse.....	92
4.2.10 Statisches Konzept.....	93
4.3 STÄDTEBAULICHES POTENZIAL.....	94
4.3.1 Nachverdichtung und Auffüllen von urbanen Räumen.....	95
4.3.2 Verwendung als städtebauliche Pioniervegetation.....	95
4.4 INTERAKTION DES GEBÄUDES MIT BEWOHNERN.....	97
5. EPILOG.....	99
6. QUELLENVERZEICHNISSE.....	100
6.1 LITERATURVERZEICHNIS.....	100
6.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	104
7. ANHANG.....	110

1. Prolog

1.1 Wohnen

Wo sind die Resultate und Innovationen der viel diskutierten Thematik „Wohnen im Wandel“? Jeder der sich schon einmal mit diesem Themengebiet auseinandergesetzt hat, weiß wie essentiell ein Umdenken im Bereich Wohnen wäre. Aus Zeitungsberichten und den „neuen Medien“ lässt sich erfahren, dass sich das Wohnen grundlegend geändert hat. Ja natürlich ändert sich die Wohnsituation zwangsläufig mit der Entwicklung der Technik. Fernsehapparate, Telefone und Computer drängten sich nicht nur uns, sondern auch unseren Unterkünften auf. So ist es keinesfalls unüblich, wenn die Tiefe des Wohnzimmers durch die machbare Diagonale eines TV-Geräts definiert wird. Auch die Haustechnik brachte Änderungen mit sich, wobei dort die Einschnitte

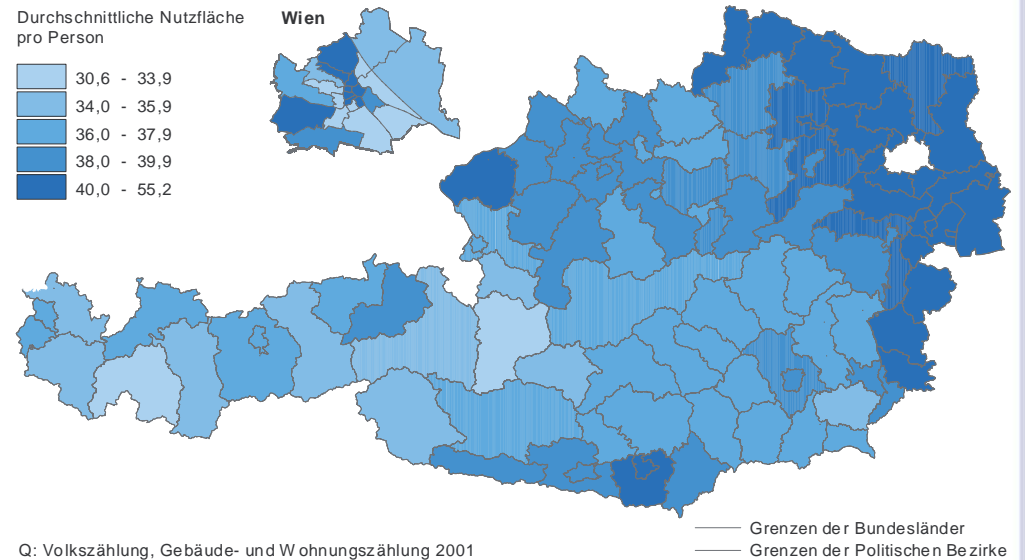
weniger gravierend waren.

Jedoch lässt sich beim Wohnen an sich, meines Erachtens, keine gravierende Innovation erkennen. Der Durchschnittsbürger wohnt durch den gehobenen Wohlstand auf viel größerem Raum, leistet sich Luxusräumlichkeiten wie Saunen, Fitnessräume, Arbeitszimmer, mehrere Toiletten oder ein zweites oder gar drittes Bad.

In Österreich haben wir laut Statistik Austria (Wohnsituation der Bevölkerung, 2001) zwischen 30,60 m² und 55,2 m² (auf die österreichischen Bezirke bezogen) durchschnittliche Nutzfläche pro Person zur Verfügung. Wobei der Durchschnittsösterreicher mit „lediglich“ 38,0 m² Nutzfläche auskommen muss.¹

¹ Statistik Austria

Abb. 1.1/1: Fläche pro Person nach Politischen Bezirken

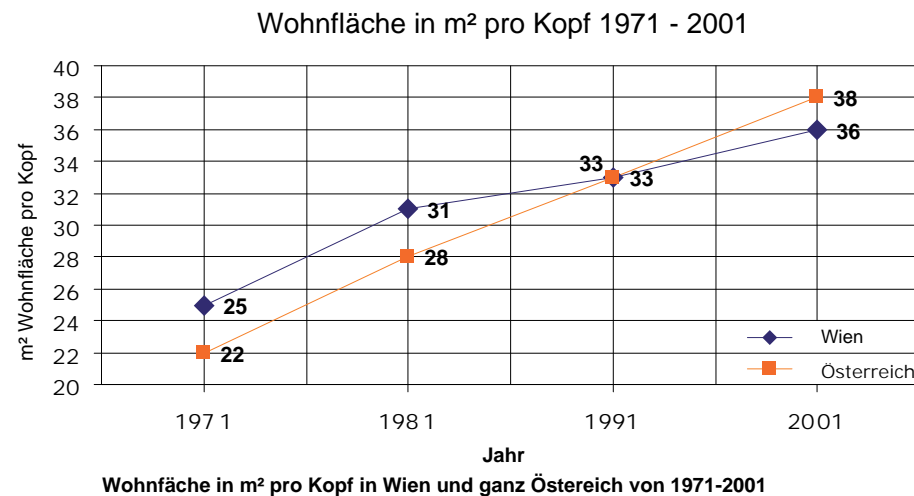


Dass dieser rasante Anstieg an Wohnnutzfläche nicht so weitergehen darf, ist dem Großteil der Bevölkerung nicht bewusst. Unterkunft-Schaffende oder -Suchende fühlen sich keinesfalls verpflichtet, dass gerade sie beginnen müssen, eine ökologische und ökonomische Bleibe zu suchen. Denn ihnen kümmert weder die Problematik der Flächenversiegelung, noch möchten gerade sie Ressourcen der Erde schonen.

Meines Erachtens besteht gerade für die heutigen und zukünftigen Architektengenerationen eine Aufklärungs- und Vermittlungspflicht auf diesem Gebiet. Ich würde sogar weiter gehen und in Schulen verpflichtende Vorträge zum Thema Energie und Umwelt einführen respektive solche Beiträge auch im TV ausstrahlen, um annähernd die ganze Population zu erreichen.

Selbst nach diesen Maßnahmen darf die Unkenntnis der Bauherren in diesem Gebiet keinesfalls von den Architekten unbehandelt bleiben oder gar ausgenutzt werden, um sich bei der Umsetzung von Projekten Vorteile zu verschaffen.

Abb. 1.1/2: Wohnfläche pro Kopf



1.2 Energie und Ressourcen

Das zentralste Thema in der Baubranche ist aktuell die Energieeinsparung. Recht häufig sind die Ziele aber diametral verschieden. Das eigentliche Ziel des Bauherrn ist nicht die sinnvolle Einsparung von Energie, sondern die Einsparung der Kosten für Energie. Man diskutiert über erneuerbare Energien, über Passivhäuser und wie man seine Betriebskosten am günstigsten maximal reduziert und wofür es die meiste Förderung gibt! Aus eben dieser Motivation heraus werden die Dämmstärken der Gebäude zukünftig noch weiter anwachsen, ohne Rücksicht auf ökologische Auswirkungen. Aus dem Grund der Kostenersparnis wird der Hauptanteil der Häuser mit expandiertem Polystyrol (EPS), welches ein aus fossilen Rohstoffen gewonnenes Produkt ist, gedämmt. Der hohe Energieaufwand

bei der Herstellung und das schwierige Recyceln sind nicht die einzigen Flecken auf den weißen Westen der selbsternannten Energiesparer! Über die graue Energie, jene Energie, die für Materialien aufgewendet werden muss, von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Entsorgung respektive Recycling, wird üblicherweise kein Wort verloren. Eben diese trägt aber einen Großteil der Emissionen in der Bauindustrie bei.

Da mir in der Architektur noch keine neuen Konzepte aufgefallen sind, die die globalen Energie-, Umwelt- und Platzprobleme lösen, habe ich mich eingehender mit dieser Problematik beschäftigt.

Ich möchte nur noch einen kurzen Überblick über die komplexen Zusammenhänge zwischen Wohnen, Wohnqualität, Ruralität und Urbanität geben, bevor ich auf das Projekt nä-

Abb. 1.2/1: Agglomerationsgürtel



her eingehe:

Bei der Suche nach einer Unterkunft möchte natürlich jeder so viele Vorteile wie möglich erhaschen.

In Österreich ist bei den meisten Bewohnern, falls sie es sich leisten können, das Einfamilienhaus das bevorzugte Wohnmodell. Natürlich mit möglichst viel Grund um das Gebäude, nicht weil er nötig wäre - im Gegenteil - den Mehraufwand nimmt manch einer gerne in Kauf, um sicher zu gehen, dass auch die zukünftigen Nachbarn möglichst weit weg sind. Da die Quadratmeterpreise mit der Zentralität des Baugrundes meist deutlich steigen, werden die „Häuselbauer“ aus der Stadt in den eben auf diese Weise entstandenen Agglomerationsgürtel vulgo „Speckgürtel“ gedrängt. Dadurch, dass dies viele Bauherren in diesem Stile praktizieren, entsteht natürlich dieser dünnbesiedelte urban sprawl, welcher

bekanntlich im Städtebau ein ernstzunehmendes Problem geworden ist. Der dünnbesiedelte, aber sehr großflächige Raum schließt eine rentable Erschließung durch Nahverkehrsmittel beinahe aus. Durch diesen Mangel explodiert der Individualverkehr, einerseits, da die Nahversorger dort nicht überleben können, und alle Besorgungen in der Stadt zu tätigen sind, andererseits, da die Arbeitsplätze und Schulen sich im Regelfall in den Städten befinden.

Diese Diplomarbeit handelt über ein experimentelles Konzept, welches versucht, die oben genannten Probleme nicht beim Schopf, sondern gleich bei der Wurzel zu packen. Natürlich ist diese Studie nicht das Allheilmittel für die künftigen Umwelt- und Energieprobleme, aber sie stellt einen möglichen Lösungsvorschlag in den Raum.

Abb. 1.2/2: Pendlerverkehr



2. Entwurfsansatz

2.1 Zielsetzung

Ziel dieser Diplomarbeit ist nichts Geringeres als eine neue Wohnform zu finden, mit der man ein zeitgemäßes, qualitativ gehobenes Wohnen auf reduziertem Raum ermöglicht.

Voraussetzung für eine objektive und effektive Herangehensweise war, dass man bei Null beginnen muss. Wenn man die Wohnkultur aus dieser und früheren Generationen als Fundament des Projektes zuließe, zerstöre der endlos lange Rattenschwanz aus Gewohnheiten und Tradition jegliche Innovation.

Des Weiteren wurde auf keine bestehende Norm in Österreich oder anderer Länder Rücksicht genommen, was aber keinesfalls bedeuten soll, dass das Projekt fernab der Realität

geplant wurde. Trotz der technischen Details, die bis in den Maßstab 1:1 gehen, ist der Ansatz sehr experimentell.

2.2 Zielgruppe

Die Zielgruppe dieses Wohnkonzeptes lässt sich einerseits ganz simpel definieren, andererseits darf man das Umweltbewusstsein und Interesse an einer neuen Wohnform von Menschen nicht unterschätzen.

Diese Wohnform ist prädestiniert für junge Generationen und Menschen, die beruflich oft umziehen müssen. Von ihnen wird verlangt ständig flexibel, und allseits bereit zu sein, den Lebensmittelpunkt zugunsten ihrer Arbeitsplätze zu verändern. Es hätte schon einen immensen Vorteil, könnte man seine Unterkunft überallhin mitnehmen.

Die „50minus-Generation“ führt ver-

Abb. 2.2/1: Zielgruppe



mehrt ein Leben in dem die Größe des Haushalts sehr häufig wechselt. Der Familienstand eines Durchschnittsbürgers dieser Generation ändert sich zunehmend häufiger, dass im Regelfall auch eine Änderung der Wohnsituation erfordert. Kurz formuliert stehen junge Generationen neuen flexiblen Wohnformen sicher offener gegenüber, beziehungsweise sind wohnkulturell weniger „verbildet“.

Bei Personen, die gerade in der Lebensmitte stehen, wird diese Wohnform meiner unmaßgeblichen Meinung nach nicht auf allzu große Fürsprache stoßen. Zum Einen, weil die meisten Personen die ihr Leben lang in einem gewöhnlichen Haus, respektive in einer gewöhnlichen Wohnung gelebt haben, sich wahrscheinlich kaum in eine zigfach kleinere und viel offenere Wohntypologie zwingen lassen wollen. Zum Anderen weil sie sich meist schon an einem Ort

niedergelassen haben und es bevorzugen in etwas Solidem und Immobilem zu wohnen. Die Idee, in Etwas zu wohnen das klein, transparent und flexibel ist, würde einfach nicht in Frage kommen, möglicherweise sogar beängstigen.

Dennoch bin ich der Meinung, dass sich die Einstellung der Menschen noch grundlegend ändern wird, bzw. ändert wird müssen um die Umwelt nicht vollends zu zerstören.

Ein weiteres Gebiet indem dieses Wohnmodell von Nutzen sein könnte ist im Städtebau (siehe unter 4.3).

3. Kunststoff und Architektur

3.1 Plastik

Das Wort Plastik wird vom griechischen Wort „plastikos“ abgeleitet, was so viel bedeutet wie „formen oder bilden“. Wie der Name schon sagt, lässt sich dieses Material verwenden, um bestimmte Formen herzustellen. Kunststoffe sind aus vielen Monomereinheiten aufgebaute Polymere, bestehen also aus langen Molekülketten, die synthetisch oder semisynthetisch (wie z.B. Zelluloid) sein können. Durch den Herstellungsprozess oder die Zugabe von diversen Additiven können die Eigenschaften dieser Polymere optimal an die Bedürfnisse angepasst werden. Es werden drei Polymergruppen unterschieden: Thermoplasten (können unter Hitze verformt werden), Duromere (behalten ihre Form auch

bei hohen Temperaturen) und Elastomere (sind flexibel aufgrund ihrer molekularen Netzstruktur).²

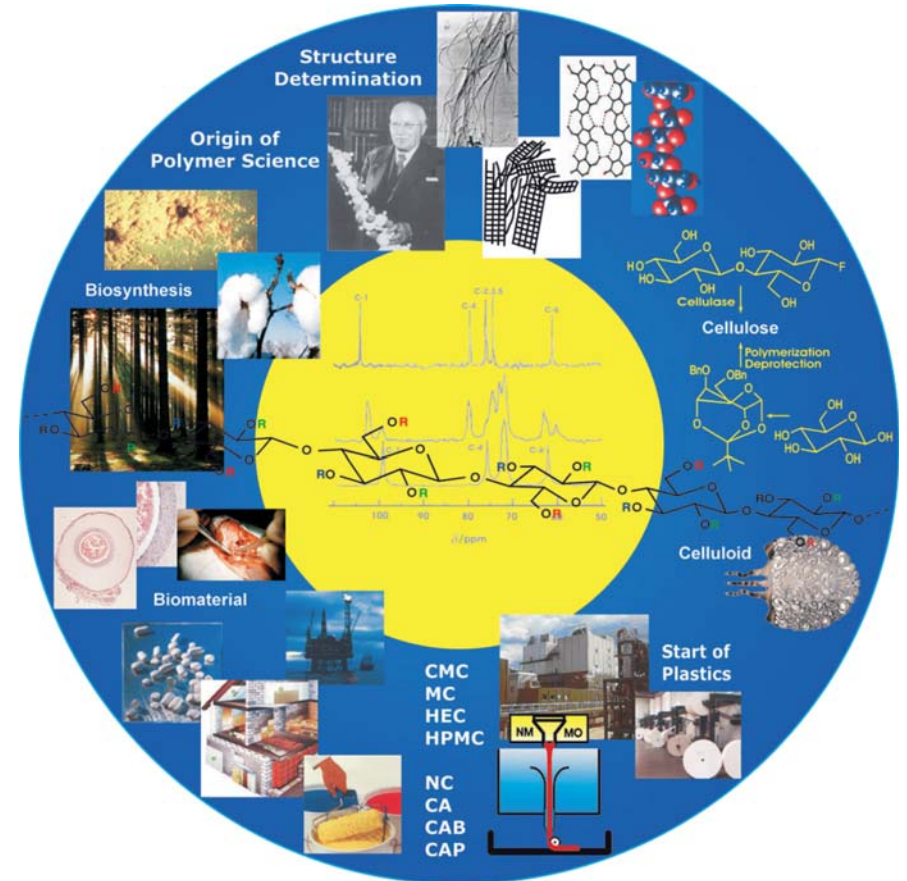
3.2 Geschichte

Die Suche nach einem formbaren und beständigen Material hat es wahrscheinlich schon seit Beginn der Menschheitsgeschichte gegeben, so wurden z.B. im Neolithikum bereits Bestandteile aus Bäumen und Lehm verwendet um „Kunststoffe“ zu erzeugen. Harz und Bernstein sind beispielsweise kunststoffähnliche Produkte. Im 15. Jahrhundert wurde Ziegenkäse verwendet um Harz herzustellen.³ Auch im 19. Jahrhundert wurden polymere Stoffe zunächst aus der Natur gewonnen. Mit der indus-

² Vgl. Uffelen 2008, 6.

³ Ebda., 6.

Abb. 3.2/1: Geschichte des Kunststoffs



triellen Förderung von Erdöl, um 1850, konnten auf Erdölbasis Kunststoffe und fast alle Stoffe der organischen Chemie hergestellt und produziert werden.⁴

Nach langjähriger Suche nach einem Werkstoff der beständiger ist als Holz, leichter als Eisen, haltbarer als Gummi, industriell formbar und außerdem ein elektrischer Isolator, entwickelte der belgische Chemiker Leo Hendrik Baekeland ein Verfahren zur Herstellung und Weiterverarbeitung eines Phenolharzes. Unter großem Druck und bei hohen Temperaturen verbanden sich die Ausgangsstoffe (Phenol und Formaldehyd) zu einem harten und beständigen Kunststoff. Dieser nach ihm Bakelit genannte Kunststoff aus Erdöl war der erste in großen Mengen industriell hergestellte, vollsynthetische Kunststoff, und wurde von Baekeland 1907 patentiert. Bakelit war chemisch

stabil, hitzebeständig, bruchfest, resistent gegenüber den Einwirkungen der Sonne und Feuchtigkeit. Viele alltägliche Produkte wie Haushalts- und Elektrogeräte wurden aus diesem Material hergestellt. Aufgrund seiner Eignung als elektrischer Isolator wurde er auch in der damals frisch aufstrebenden Elektroindustrie eingesetzt. Die Erfindung dieses Kunststoffes läutete ein neues Zeitalter ein. Hermann Staudingers Konzept „sehr großer Moleküle“, indem er postuliert, dass es riesig große Moleküle gibt, die aus über 100.000 Atomen bestehen können, gab Anstoß, die auch Polymere genannten Makromoleküle mit bestimmten Eigenschaften ganz gezielt zu entwickeln. In den folgenden Jahren wurden viele weitere Polymere, wie z.B. das Polyamid (oder auch Nylon) und das Teflon entwickelt. 1984 überholte die Kunststoffproduktion erstmals die von Stahl! Kunststoff-

Abb. 3.2/2: Telefon aus Bakelit



⁴ Vgl. www.seilnacht.com/Lexikon/k_gesch.html, 29.04.2012

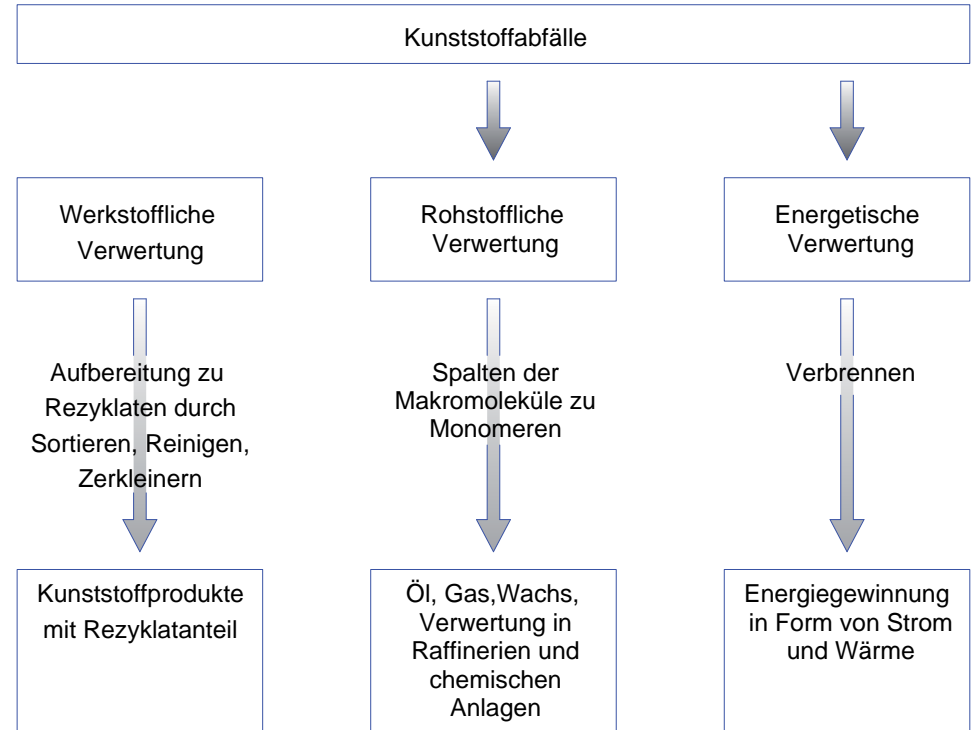
fe sind heutzutage nicht mehr aus dem Alltag wegzudenken, sie prägen unseren Alltag und unsere Lebensgewohnheiten. Ständig sind wir mit Kunststoffartikeln in Berührung und dennoch haben Kunststoffe einen schlechten Ruf. Genau diese lang gesuchte Eigenschaft des „unkaputtbaren“ erwies sich als Problem, als sich spätestens in den 1980er Jahren die Berge des ewig haltbaren Plastiks auf den Müllkippen türmten.⁵

Obwohl es mittlerweile bereits effektive Recycling- und Abbaustrategien für diverse Kunststoffe gibt, hat sich sein schlechter Ruf noch immer nicht ganz erholt.

3.3 Recycling von Kunststoffen

Ein nachhaltiger Einsatz von Kunststoffen hat meiner Meinung nach immer mehr an Bedeutung gewonnen. Die Kunststoffe müssten dabei Bestandteile eines Stoffkreislaufs werden, um nach dem Ablauf ihrer Lebensdauer in irgendeiner Art wiederverwertet werden zu können. Die Form bzw. der Verwendungszweck müssen keineswegs beibehalten werden. Eine Voraussetzung für das Recycling ist die sortenreine Trennung, aufgrund der Tatsache, dass es viele unterschiedliche Werkstoffe gibt. Bestimmte Kriterien, wie der Vernetzungs- und der Reinheitsgrad bestimmen die Art der Wiederverwertung, wobei auch die zugegebenen Additive eine große Rolle spielen. Man unterscheidet meist drei Verwertungsmethoden: die werkstoffliche,

Abb. 3.3/1: Kunststoffrecycling



⁵ Vgl. Schiffhauer, Frankfurter Allgemeine, 12.08.2012

die rohstoffliche und die energetische Verwertung.⁶ Wenn nicht anders angegeben, wird in den folgenden Absätzen von Thermoplasten gesprochen.

Die werkstoffliche Verwertung eignet sich vor allem für unverschmutzte und sortenreine Abfälle. Dabei werden die Kunststoffabfälle getrennt, gereinigt und zerkleinert. Das Mahlgut wird dann dem Produktionsprozess wieder zugeführt. Je nach Reinheit der Rezyklate können diese als Anteile der Neuware zugeführt werden, oder komplett zu Neuware verarbeitet werden. Ein großer Vorteil im Recycling ist, dass dieser Prozess - theoretisch - beinahe beliebig oft reversibel ist, was bedeutet, man kann dem recycelten Material mit recht geringem energetischem Aufwand jede beliebig neue Form geben. In der Praxis sieht das oft anders aus, da im Regelfall viele verschiedene Kunststoffe mitein-

ander verschmolzen werden und es dadurch zu Qualitätseinbußen kommt. Da diese Form des Recyclings vielen Qualitätskontrollen bedingt, kann der Prozess sehr teuer und damit unökonomisch werden. PVC-Produkte werden z.B. seit den 1990er Jahren weitgehendst recycled.^{7,8} Viele Kunststoffe lassen sich in andere Formen bringen, das meines Wissens kein anderes Baumaterial zulässt. Stahl und Glas lassen sich natürlich wieder einschmelzen, jedoch mit einem immens höheren Energieaufwand.

Die rohstoffliche Verwertung kommt vor allem für verunreinigte und vermischte Kunststoffabfälle in Frage. Dabei werden die langen Molekülketten (Makromoleküle), aus denen die Kunststoffe bestehen mit Hilfe von Druck und hoher Temperatur in ihre

7 Vgl. Ebda, 46f.

8 Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters, 2010, 32-48.

6 Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters 2010, 46

Abb. 3.3/2: Recyceltes Kunststoffmahlgut



Monomere gespalten. Sie können auch in Form von Ölen und Gasen wieder einem Produktionskreislauf zugeführt werden, so können sie zum Beispiel in der chemischen Industrie wiederverwendet werden.⁹

Kunststoffe haben aufgrund ihrer Molekularstruktur einen hohen Brennwert, welcher bei schwer trennbaren und schadstoffbelasteten Kunststoffen genutzt wird, indem diese Kunststoffe einfach verbrannt, also energetisch verwertet werden. Die gewonnene Energie kann dann zumindest in Form von elektrischer Energie und Prozesswärme genutzt werden.¹⁰ Dies ist meines Erachtens immer noch intelligenter, als diese wertvollen Ressourcen sofort als Öl zu verbrennen; man hat dadurch noch eine längere materielle Nutzung des Stof-

fes zwischengeschaltet.

Duroplasten gehören zu diesen eben erwähnten Kunststoffen, welche aufgrund ihrer molekularen Struktur nicht aufgeschmolzen werden können, was aber nicht bedeutet, dass sie unökologisch wären. Selbst im GFK-Verbund lassen sich die Komponenten voneinander trennen. Es lassen sich Glas und Quarz isolieren und die Duroplaste werden energetisch recycelt.¹¹

Kommen diese drei Methoden nicht in Frage, bleibt nur noch die Lagerung des Werkstoffes auf Deponien.¹²

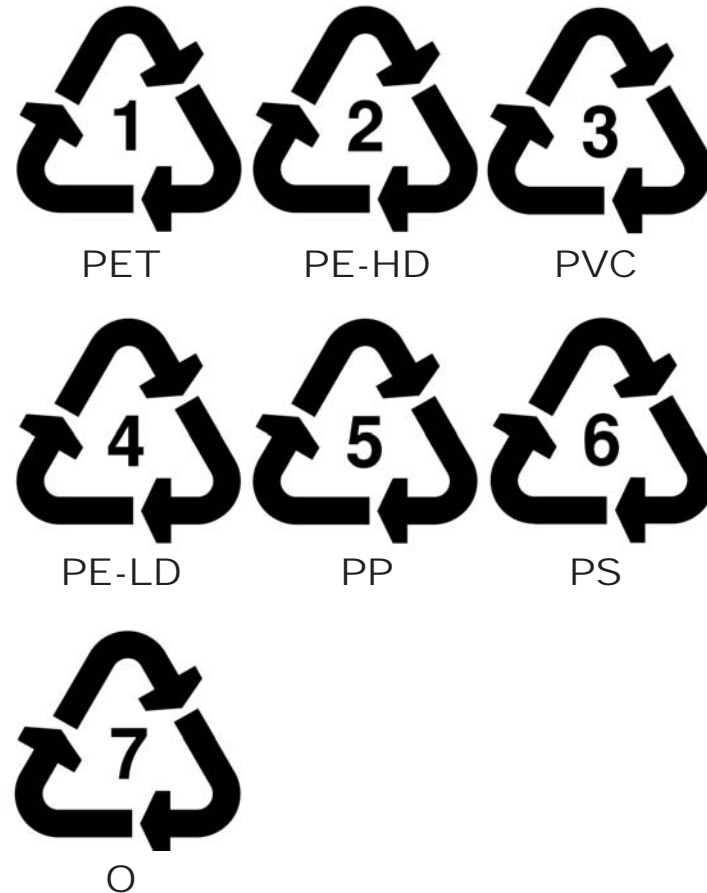
¹¹ Vgl. Wissensportal für Kunststoffrohrsysteme, Kunststoffrohrverband e.V

¹² Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters 2010, 46.

⁹ Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters, 2010, 47f.

¹⁰ Ebda, 48.

Abb. 3.3/3: Recycling Codes der Kunststoffe



- (1) Polyesterfasern, Folien, Softdrink-Flaschen, Lebensmittelverpackungen
- (2) Plastikflaschen, Plastiktaschen, Abfalleimer, Plastikrohre, Kunstholz
- (3) Fensterrahmen, Rohre und Flaschen (für Chemikalien, Kleber, ...)
- (4) Plastiktaschen, Eimer, Seifenspenderflaschen, Plastiktuben
- (5) Stoßstangen, Innenraumverkleidungen, Industriefasern
- (6) Spielzeug, Blumentöpfe, Videokassetten, Aschenbecher, Koffer, Schaumpolystyrol, Lebensmittelverpackungen
- (7) Andere Kunststoffe wie Acrylglas, Polycarbonat, Nylon, ABS und Fiberglas.

3.4 Abbau von Kunststoffen

Der Kunststoffabbau kann über verschiedene Wege erfolgen. Photooxidativer Abbau, thermischer Abbau oder biologischer Abbau können dabei auftreten. Dabei wird immer der molekulare Aufbau gestört und das Makromolekül „zerlegt“. Natürliche Polymere (Biokunststoffe) werden schneller biologisch abgebaut als synthetische Kunststoffe, da sie für die entsprechenden Mikroorganismen (Bakterien und Pilze) zugänglicher sind.¹³

In den letzten Jahren wurden die Entwicklungen und Implementationen von Biopolymeren (wie z.B. Stärke), welche durch natürliche Monomere aufgebaut sind, stark vorangetrieben. Die aus diesen Stoffen - welche aus Pflanzen gewonnen werden können - produzierten Kunststoffe sind zur Gänze biolo-

gisch abbaubar.¹⁴

Für Biokunststoffe gibt es ein spannendes und multidisziplinäres Feld, da sie mittlerweile ein unabkömmliches Mittel für die Lebensqualität und die Gesundheit der Menschheit sind. Sie können schon in sehr vielen Sparten eingesetzt werden. Vor allem die Vielseitigkeit des Materials, unerreicht von keramischen oder metallischen Produkten, spricht eindeutig für den vermehrten Einsatz von Polymeren auf Biobasis.¹⁵

¹⁴ Vgl. Cantor/Watts, 2011,xvi,Sp.1.

¹⁵ Vgl. M.S. Reisch, zit. n. He/Benson,2011, 159, Sp.1.

¹³ Vgl. Shah/Hasan/Hameed/Ahmed, 2008, 246–265.

Abb. 3.4/1: Abbau von PHB
Polyhydroxybuttersäure (ein Biopolymer)



(li.) Kontrolle, (m.) nach 3 Monaten Kompostierung, (re.) nach 9 Monaten Kompostierung

Abb. 3.4/2: Kompostierung einer Flasche aus biologischem Kunststoff



3.5 Kunststoffe in der Architektur

Obwohl Plastik einen Durchbruch im Produktdesign erlebte, was Massenprodukte wie Legobausteine, Tupperware und Panton Stühle beweisen, konnte sich der Kunststoff trotz seiner kunstvollen und funktionalen Anpassungsfähigkeit in der Architektur bislang noch nicht etablieren. Kunststoffe in der Architektur waren von Beginn an immer umstritten. Viele Designer und Architekten vermuteten die Gefahr der Substitution von hochwertigen Materialien und Formen durch die Kunststoffe. Hermann Muthesius (Deutscher Werkbund) beschrieb die aus Kunststoffen hergestellten Objekte als „Surrogatkunst“. Im Gegensatz dazu gab es auch Designer, die diese neuen Kunststoffe als Bereicherung ansahen, wie z.B.

Walter Gropius^{16,17}

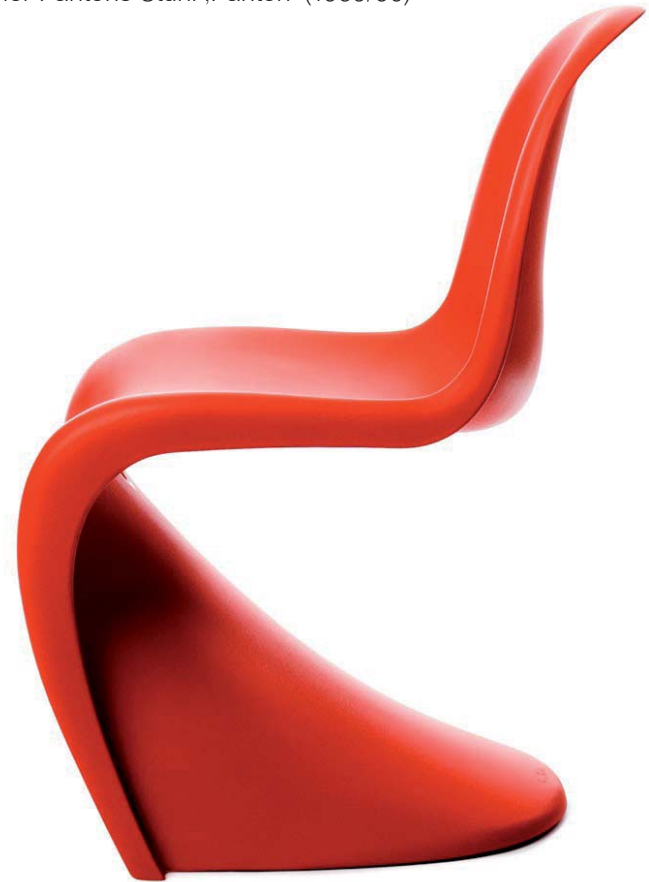
Durch die Entwicklung verschiedenster Kunststoffe mit unterschiedlichsten Eigenschaften setzten Planer und Industrie aber auch hohe Erwartungen in das Bauen mit diesen Werkstoffen. Diese Erwartungen wurden jedoch nicht erfüllt.

Bereits in den 1940er Jahren wurden die ersten Projekte für Kunststoffhäuser in Großbritannien entwickelt, jedoch ohne Realisierung. Der Plan war es, aus vorgefertigten Bauelementen den kriegsbedingten Mangel an herkömmlichen Baustoffen zu kompensieren. Es gibt Pionierbauten aus den 1950er bis 1970er Jahren, wie z. B. das „Monsanto House of the Future“, das die statisch-konstruktive und bauphysikalische Leistungsfähigkeit, sowie durch seine futuristische For-

¹⁶ Vgl. Uffelen 2008, 7.

¹⁷ Vgl. Schiffhauer, Frankfurter Allgemeine, 12.08.2012.

Abb. 3.5/1: Verner Pantons Stuhl ‚Panton‘ (1959/60)



mensprache auch die gestalterischen Möglichkeiten des Kunststoffes unter Beweis stellte, jedoch blieb die erhoffte Nachfrage nach diesen Kunststoffhäusern aus.

Das hatte diverse Gründe, die von der Ölkrise, der geringen gesellschaftlichen Akzeptanz, der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit bis hin zu diversen bauphysikalischen Mängeln reichten. Durch die Ölkrise in den 1970er Jahren kam es zu einer dramatischen Verteuerung von Kunststoffen. Die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit war in dieser Zeit nicht gegeben.¹⁸

Kaum ein Bauherr wollte sich den Traum vom individuellen Eigenheim in Form eines in hoher Stückzahl industriell produzierten Kunststoffhauses erfüllen, das in der Regel kaum preiswerte-

war als ein konventionelles Haus.¹⁹

Die geringe gesellschaftliche Akzeptanz, wahrscheinlich aufgrund der unkonventionellen Formen und Wohnkonzepte, verhinderte eine ökologischere Serienfertigung und das Sinken der recht hohen Preise für Kunststoffhäuser. Außerdem gab es Probleme, wie z. B. bauphysikalische Mängel von Prototypen oder mangelhafter Brandschutz. Die Produktion von Kunststoffgebäuden konnte sich nicht durchsetzen, es wurden lediglich einzelne Kunststoffbauteile eingesetzt.²⁰

Noch heute werden Kunststoffe immer wieder als minderwertiges Ersatzmaterial gesehen, obwohl es sich tatsächlich um Hightechprodukte handelt. Chris van Uffelen demons-

¹⁹ Engelsmann/Spalding/Peters 2010, 12.

²⁰ Ebda, 12f.

¹⁸ Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters 2010, 10-13.

Abb. 3.5/2: Monsanto House of the Future



triert in seinem Buch „pure Plastic, new materials for today’s architecture, 2008“ zahlreiche Beispiele für die Mannigfaltigkeit von Kunststoffbauten.

Die Menschen müssen einfach realisieren, dass man mit Kunststoffen einfacher und sicherer produzieren kann, als mit vielen anderen Materialien. Natürlich gibt es in Sachen Umwelt noch ungeklärte Themenbereiche, jedoch existieren bereits jetzt schon Möglichkeiten diese Probleme zu lösen respektive zu reduzieren. Wir müssen uns lediglich mit den Produkten, welche aus Kunststoffen produziert werden, auseinandersetzen um zu realisieren, dass man noch mehr verbessern kann. Die Wahrnehmung der Kunststoffe muss sich ändern, um ihre vielfältigen und hervorragenden Eigenschaften auch in der Architektur nutzen zu können.²¹

²¹ Vgl. Cantor/Watts, 2011,xvi,Sp.2

In der Tat erleben Kunststoffe seit einigen Jahren eine Neubewertung. Ihr Anwendungsgebiet wird heutzutage von der Gebäudeausstattung (Rohrleitungen, Dämmstoffe,...) erweitert und sie werden zunehmend auch als Werkstoffe für Tragstrukturen und Gebäudehüllen verwendet. Sie lassen sich als tragende oder nicht-tragende Bauteile verwenden, natürlich in Abhängigkeit von den bauphysikalischen Anforderungen. Kunststoffbauteile können außerdem in großer Stückzahl mit geringen Toleranzen produziert werden, was für modulare Systeme von hoher Bedeutung ist. Ein großer Vorteil dieser Werkstoffe ist ihr geringes Eigengewicht, das den Transport wesentlich erleichtert. Durch hohe Stückzahlen können auch hohe Investitionskosten in der Fertigung kompensiert werden.^{22,23}

²² Vgl. Cantor/Watts, 2011,xvi,Sp.2.

²³ Engelsmann/Spalding/Peters 2010, 13f.

Abb. 3.5/2: Kunsthaus Graz, Fassade aus Acrylglas



3.6 Rolle der Kunststoffe in der Diplomarbeit

Von Beginn an war es nie ein Ziel, die Diplomarbeit mit Kunststoff umzusetzen. Viel mehr suchte ich nach einem Material, welches mit den Qualitäten und Schwerpunkten einhergeht.

Die immense Mobilität, die das Gebäude besitzt, fordert aus vielen Gründen eine leichte und simple Konstruktion.

Vor allem das geringe Gewicht der Module wäre mit Metall, Holz oder anderen Konstruktionen weit schwerer zu erzielen und würde einen viel komplexeren Aufbau zur Folge haben.

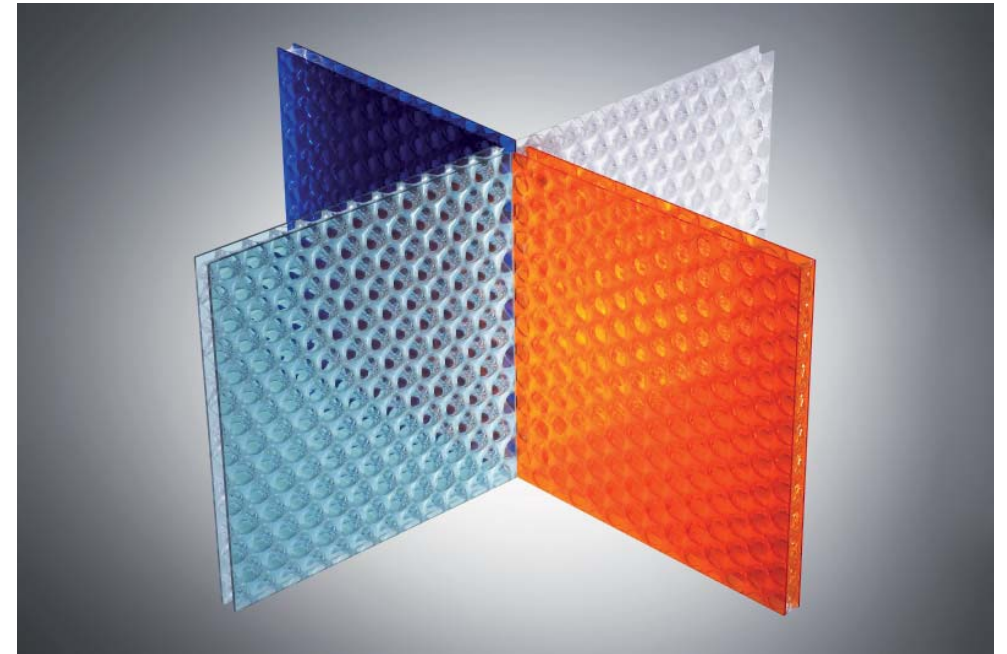
Man darf auch keinesfalls die Ökobilanz eines Gebäudes, von der Gewinnung der Rohstoffe für die Bauteile bis zum Abriss bzw. Recycling des Gebäudes außer Acht lassen. Man kann durchaus behaupten, dass bei

vermehrtem Einsatz von Kunststoffen sich das Gewicht pro Quadratmeter Nutzfläche sehr verringert was sich auch positiv auf die Ökobilanz auswirkt. So wiegt das Gebäude ‚Space by Motion‘ je nach Größe zw. 165 und 170 kg pro m² Bruttogeschossfläche.

Laut Schmidt-Bleek, dem Begründer der MIPS (Material-Input pro Serviceeinheit) wiegt ein Einfamilienhaus im Vergleich dazu 2.2 Tonnen pro m² was circa dem 13-fachen Gewicht entspricht. Die genaueren Berechnungen der Baumassen siehe Anhang.)

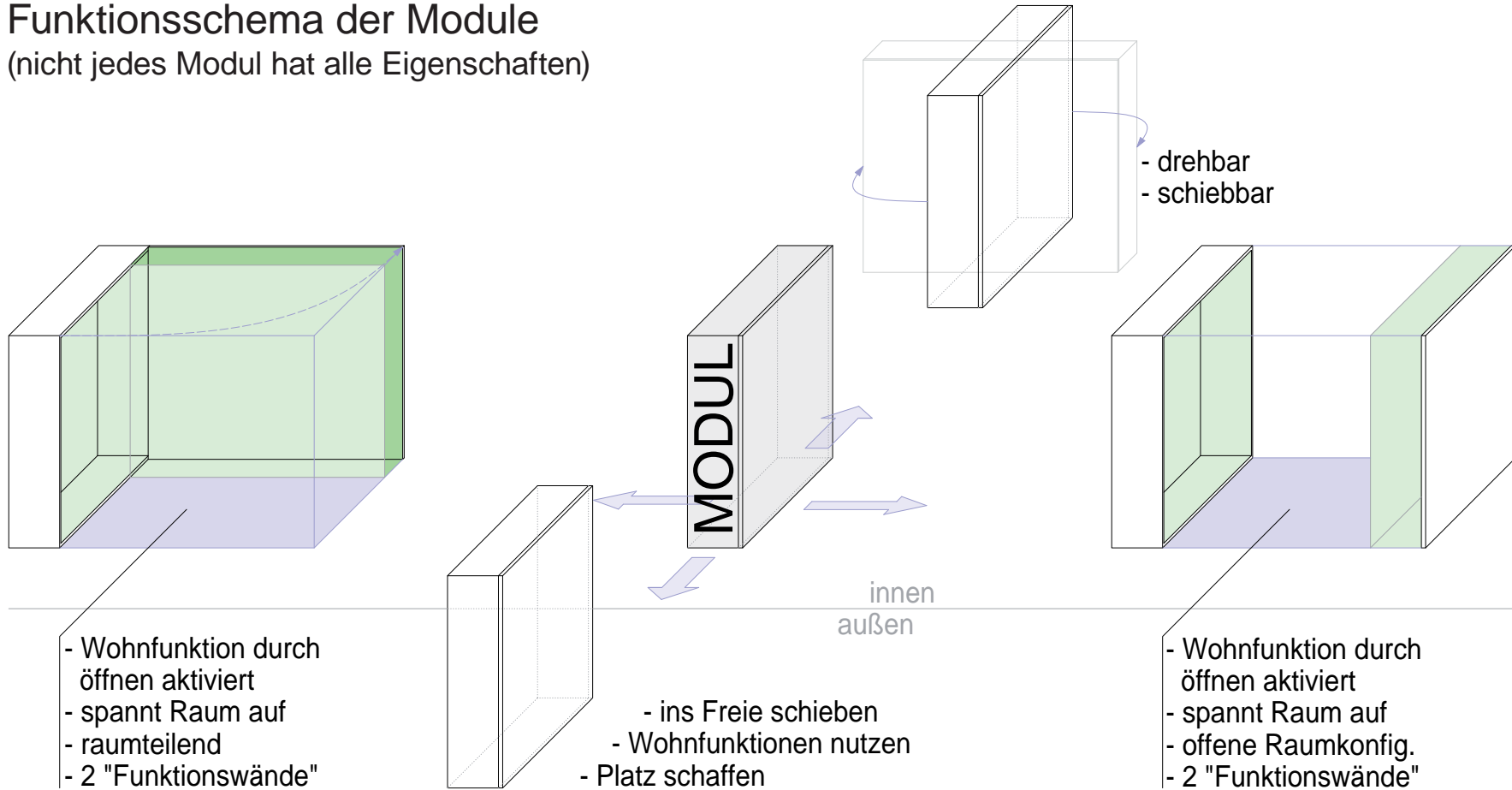
Ein weiterer Grund mit Kunststoff zu planen ist meines Erachtens, dass es ein unheimlich breites Spektrum an Ausgangsstoffen für die Kunststoffproduktion gibt. Bei richtigem Recycling von Bauteilen auf Kunststoffbasis überwiegen meiner Meinung nach eindeutig die Vorteile für die Verwendung dieser Materialien.

Abb. 3.6/1: Clear-PEP Paneele der Firma Design Composite



Funktionsschema der Module

(nicht jedes Modul hat alle Eigenschaften)



4. Projektbeschreibung

4.1 Das Wohnkonzept „Space by Motion“

Die Funktionsweise des Wohnsystems, die auch der Titelgeber für diese Diplomarbeit ist, lautet ‚Space by Motion‘ (Raum/Platz durch Bewegung).

Das Konzept fundiert in der Annahme, dass jeglicher Raum, in einem definierten Zeitfenster, der nicht unmittelbar in der Tätigkeit des Wohnens präsent sein muss, temporär redundant sei. Aus dieser Annahme kann man ableiten, dass die größtmögliche Ausdehnung der aktiv genutzten, optimierten Wohnfläche im „Wohnablauf“ der Bewohner, die limitierende Untergrenze der Nutzfläche ergibt.

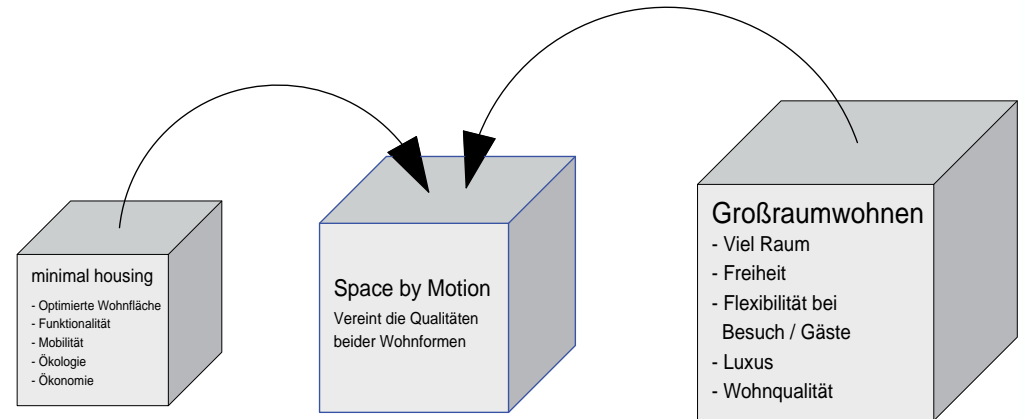
Exemplarisch möchte ich eine fiktive Wohnsituation mit einem Paar in einer Vierzimmerwohnung mit Schlaf-

Wohn-, Arbeitszimmer und einer kleinen Wohnküche diskutieren.

Während der Nacht ist die aktiv genutzte Fläche auf das Schlafzimmer reduziert, 3 Räume sind völlig ungenutzt und temporär verzichtbar. Bis zum Frühstück sind lediglich die Wohnküche und der Sanitärbereich von Belang. Sobald beide in den Tag starten, ist zumindest das reine Schlafzimmer und im Regelfall das Arbeitszimmer überflüssig. So könnte man den üblichen Tagesablauf für jeden durchschnittlich großen Mehrpersonenhaushalt durchspielen, mit dem Resultat, dass man wirklich niemals alle Räume zugleich benötigt.

Hier setzt das neue Wohnkonzept an. Dadurch, dass alle Wohnfunktionen, welche üblicherweise ganz statisch in Räume integriert sind, in mobile raumhohe Module gepackt worden sind, erhält man die Option, jede Funktion einfach beiseite zu

Qualitäten von ‚Space by Motion‘



schieben oder zumindest den beanspruchten Raum zu komprimieren. So kann man denselben Raum/die selbe Fläche über den Tag mit mehreren Funktionen bespielen. Im Idealfall reduziert man dieses Wohnfeature auf 60 cm mal 300 cm. Die Flexibilität ist ein sehr wichtiger Faktor, um maximalen, räumlichen Profit zu schlagen. Dadurch, dass man temporär nicht benötigte Module auf das räumliche Minimum reduzieren kann, lässt sich die Wohnfläche immens verkleinern. Durch die Beweglichkeit der Module lässt sich der Wohnraum für die meisten Funktionen auch in den Außenraum erweitern.











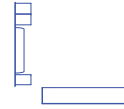



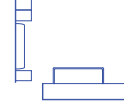


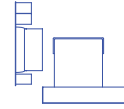

Das Wohnkonzept ist auch ohne der Hülle für beinahe alle Wohngebäude adaptierbar, vorausgesetzt die Mobilität der Module (Barrierefreiheit) ist gegeben. Dieses Wohnkonzept vereint die Vorteile des ‚minimal housing‘ und des

gewöhnlichen Großraumwohnens. Es grenzt sich zum typischen ‚minimal housing‘ durch etwas mehr Fläche, und durch weniger aufwendige Mechanismen ab. Weiters soll dieses Haus etwas viel Dauerhafteres bieten als die anderen Wohnformen. Da man mit diesem Konzept auf Lebenssituationen reagieren und die Wohnfläche erhöhen kann oder man bei einem Wohnsitzwechsel es sehr leicht transportieren kann, besitzt es etwas viel Solideres.

4.1.1 Der wandelnde Grundriss

Der Grundriss wird sich über den Tag mehrmals ändern, wenn man versucht, den Raum, oder das Wetter optimal auszunutzen. Das oftmalige Neukonfigurieren des Grundrisses ist keineswegs viel Aufwand wie es bei einigen ‚minimal houses‘ der Fall ist.

Tabelle von möglichen Raumkonfigurationen der Module

Wohnschlafmodul	Küchenmodul	Badmodul	Stau-Heiz-Trennm.	Tisch und Sessel
kompakt				
				
in Verwendung				
				
				
				
				

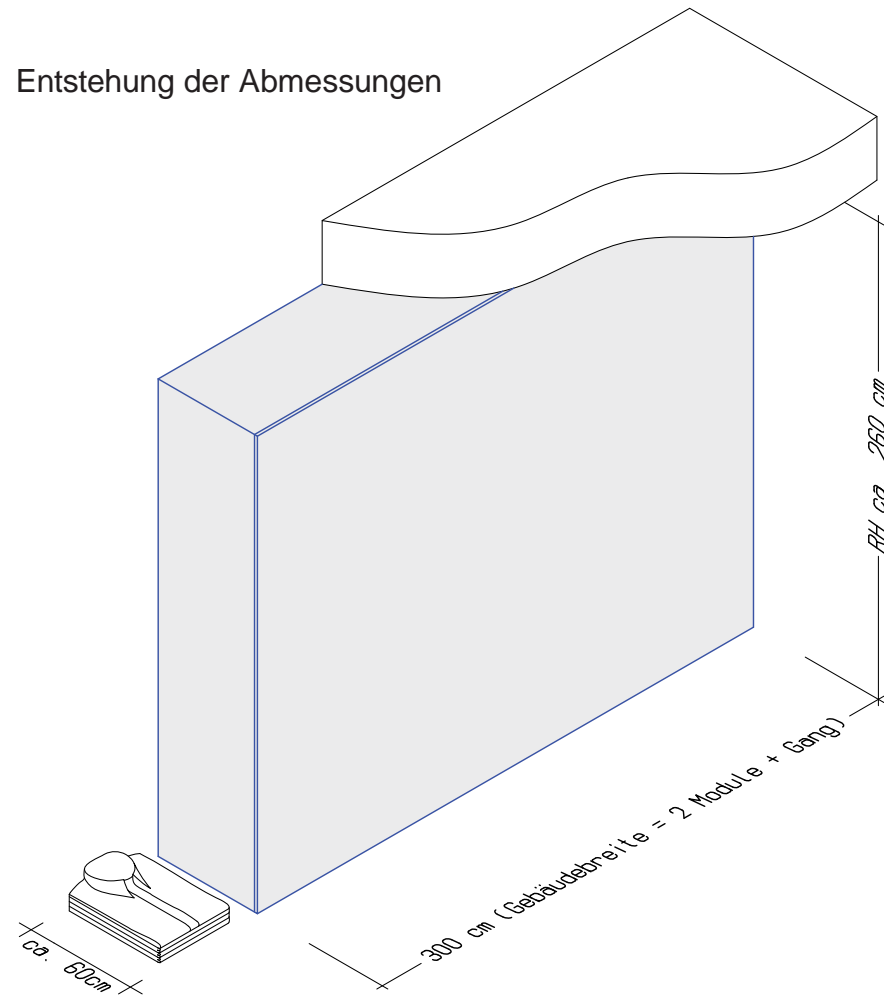
Dadurch, dass alle Module auf Rollen stehen, kann man jederzeit ihre Position ändern. Weiters wurden auch in einigen Modulen Funktionen zusammengefasst, die sich im Tagesablauf nicht überschneiden.

4.1.2 Die Wohnfunktionen als Möbel

Jegliche Wohnfunktionen, traditionsgemäß in eigene massive Räumlichkeiten verpackt, wurden komplett aus dieser räumlichen Setzkastenstruktur, in der jede Funktion ihre eigenen vier Wände beansprucht, losgelöst. Dadurch, dass die Immobilität von Räumen aufgehoben wurde, kann nun derselbe Raum raumzeitlich mit mehreren Funktionen bespielt werden. Alle Module sind konsequenterweise annähernd raumhoch (Raumhöhe 260 cm), 60 cm tief und 300 cm breit

und stehen auf Rollen. Die Tiefe leitet sich von der eines gewöhnlichen Kastens ab, diese zu unterschreiten würde einen Platzverlust durch eventuell schräg aufzuhängende Kleidungsstücke bedeuten. Die Breite von 300 cm wurde deshalb gewählt, um zwei Module „längs nebeneinander“ positionieren zu können und dennoch einen schmalen Durchgang zu erhalten. Um den Raum maximal auszunutzen und auch besser räumlich abzutrennen erreichen die Module annähernd Raumhöhe. Ein entscheidender Grund, dass alle Module diese Höhe erreichen, ist, dass sie im Extremfall nicht umkippen können. Die Module bestehen weitestgehend aus Thermoplasten, die Rollen bestehen aus kugelgelagerten Hartgummirollen um die großen Lasten bestmöglich aufzunehmen und das Mobiliar leichtgängig verschiebbar zu machen.

Entstehung der Abmessungen



Betrachtung der verschiedenen Grundrissvarianten im Tagesablauf

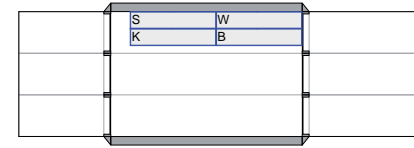
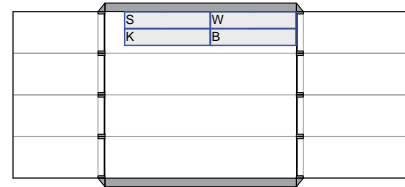
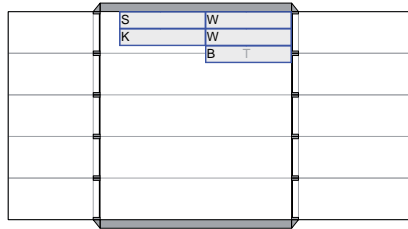
Legende: K - Küche W - Wohnschlafmodul T - Tisch und Sessel S - Stau- Trenn- und Heizmodul B - Badmodul

Variante mit 50 m², 3-4 Personen

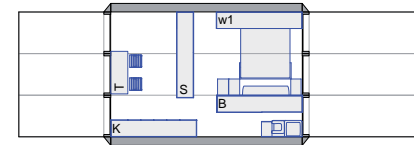
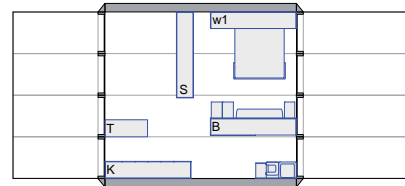
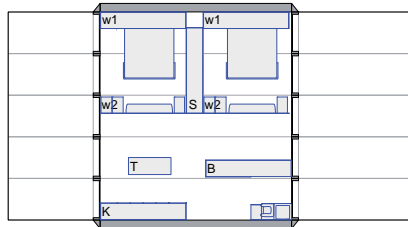
Variante mit 40 m², 2 Personen

Variante mit 30 m², 1-2 Personen

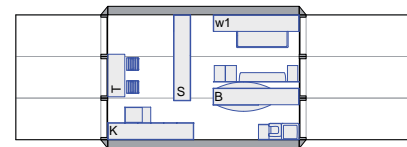
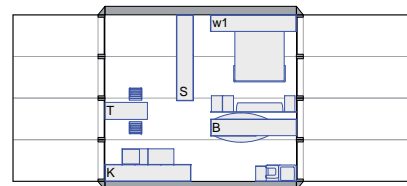
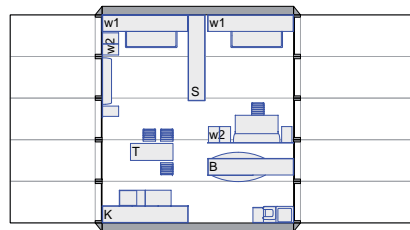
Grundrisskonfiguration
Module komprimiert



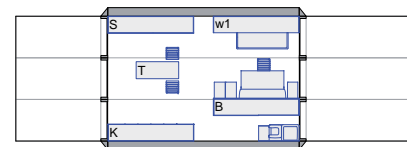
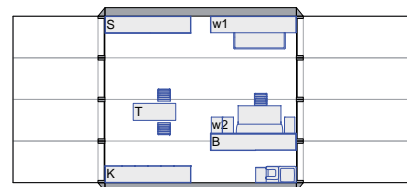
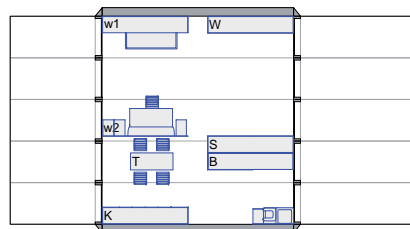
Grundrisskonfiguration
beim Schlafen



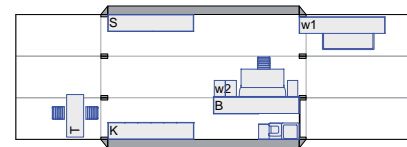
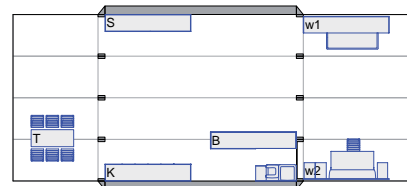
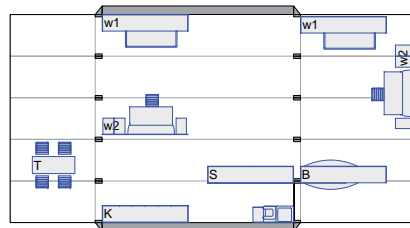
Grundrisskonfiguration
Frühstück



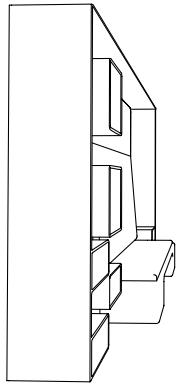
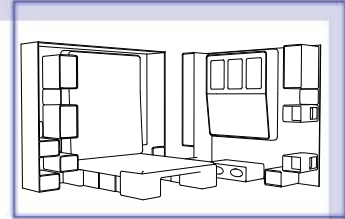
Grundrisskonfiguration
am Tag



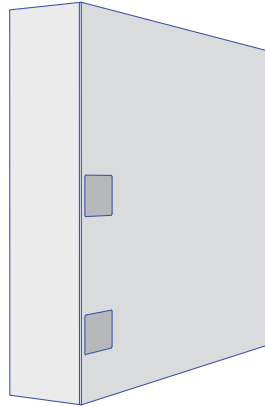
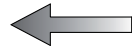
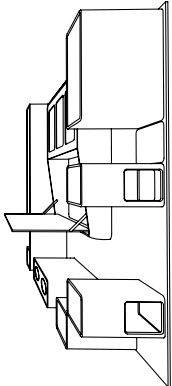
Grundrisskonfiguration
bei Schönwetter



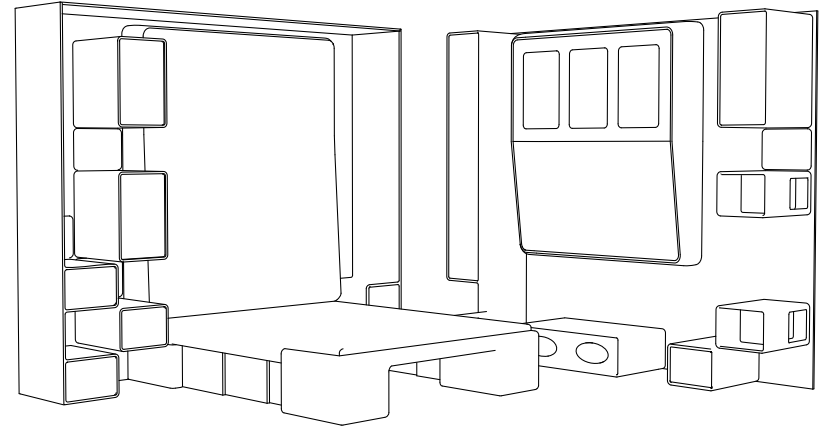
Raummodi Wohnschlafmodul



Wohnwände frontal aufeinander



Modul kompakt



Wohnwände orthogonal aufeinander

4.1.2.1 Wohnschlafmodul

Dieses Modul ist das einzige Bauteil, welches öfters als einmal in einer Wohneinheit vorkommen könnte, abhängig von der Anzahl der Personen die im Haushalt wohnen. Es deckt die Wohnfunktionen des Schlafzimmers, des Wohnzimmers und des Arbeitszimmers ab, und ist somit das am meisten platzsparende Wohntool.

Diese drei wichtigen Funktionen kann es deshalb übernehmen, da man schlafend keine Couch benötigt und somit die rollo-artige Matratze die vorher eine Couch bildete, durch Ausziehen in ein vollwertiges Bett mit Lattenrost verwandeln kann.

Aus Hygienegründen gibt es eine zweite Leintuch-Rollo die längsseitig über die Matratze gespannt wird und am Fußende eingehakt wird. Sie ist auch mittels Zipp leicht abnehmbar und waschbar.

Das zweiteilige Tool, wobei sich die

Elemente wie ein Negativ und ein Positiv verhalten und perfekt ineinander passen, um keinen Raum zu verschenden, lässt sich tagsüber als Couch bzw. das Gegenstück entweder als Computerarbeitsplatz, Raumteiler oder zum Fernsehen nutzen.

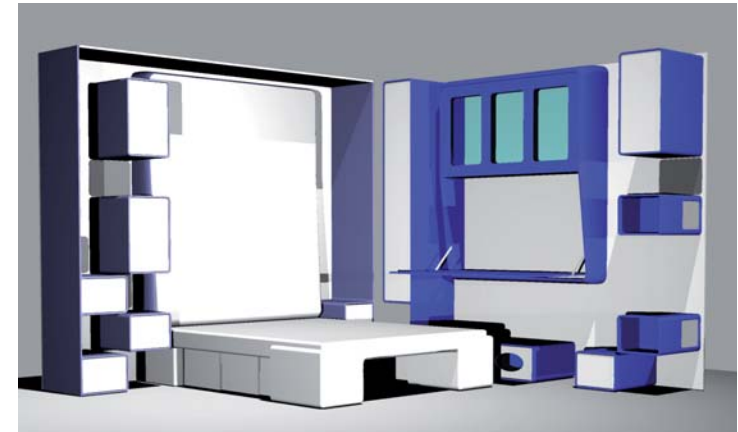
Die eine Modulhälfte mit dem Computer und dem Monitor, welcher auch als TV-Gerät dient, lässt sich bei jedem Bodenmodul einstecken und somit mit Strom versorgen.

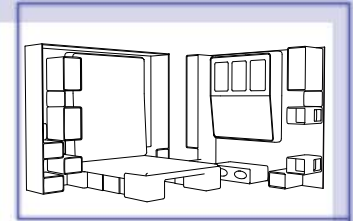
Beim Arbeiten am PC wird der Sessel von der Sitzgruppe verwendet.

Rendering Wohnschlafmodul als Couch

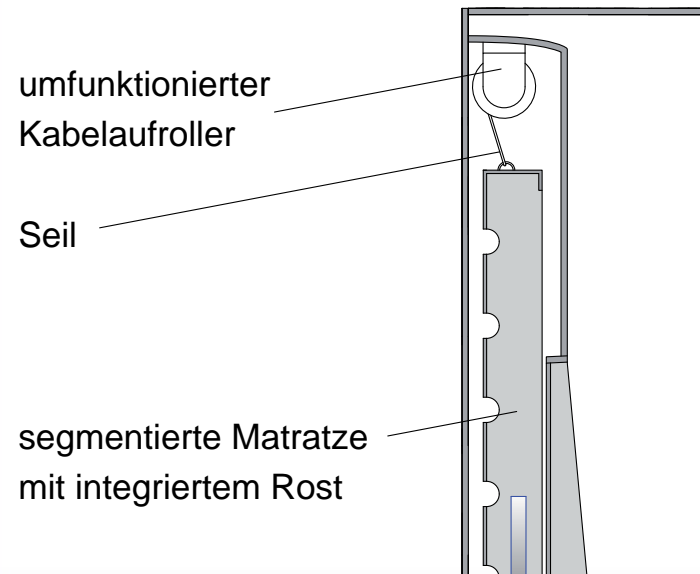


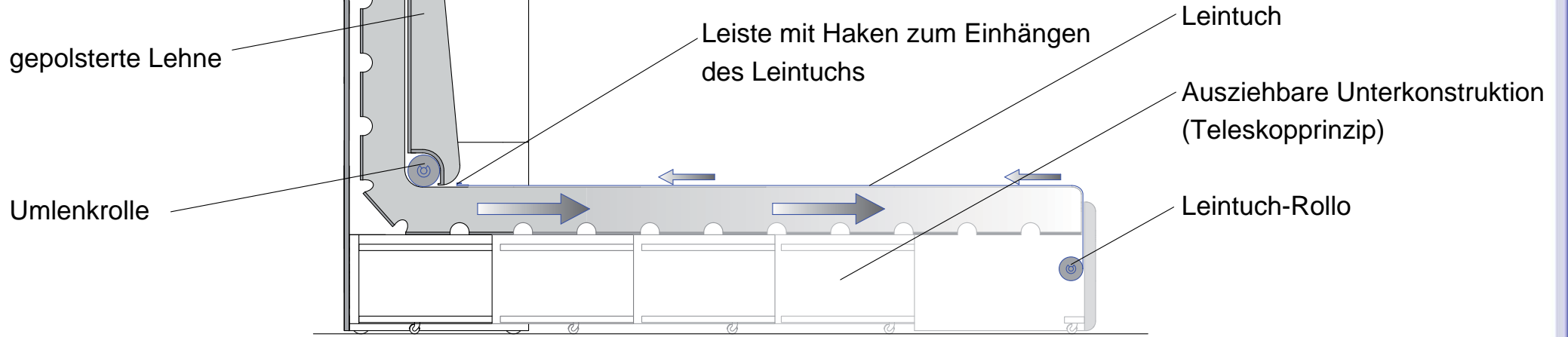
Rendering Wohnschlafmodul als Bett, Tisch ausgeklappt

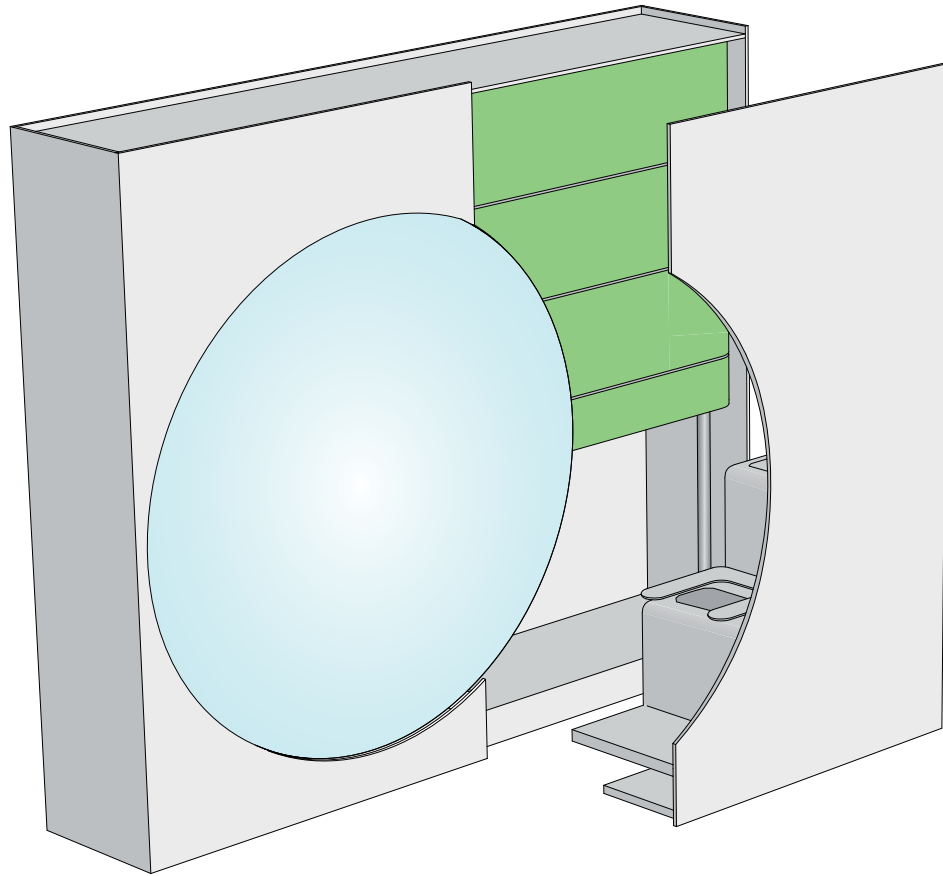




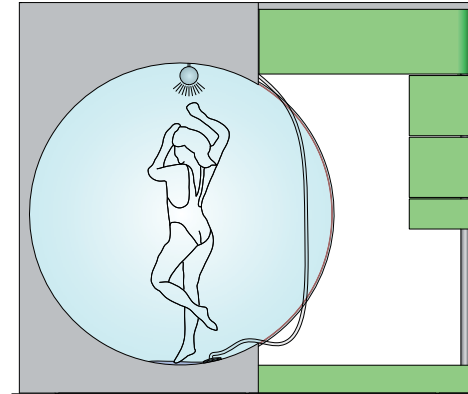
Funktionschema der ausziehbaren Couch / Des ausziehbaren Betts



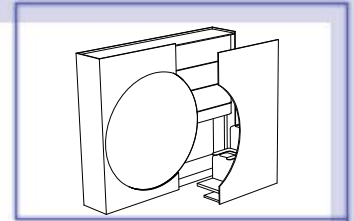
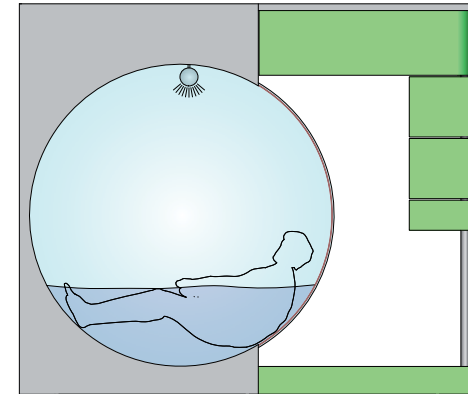




Ansicht Badmodul, duschen



Ansicht Badmodul, baden



4.1.2.2 Badmodul

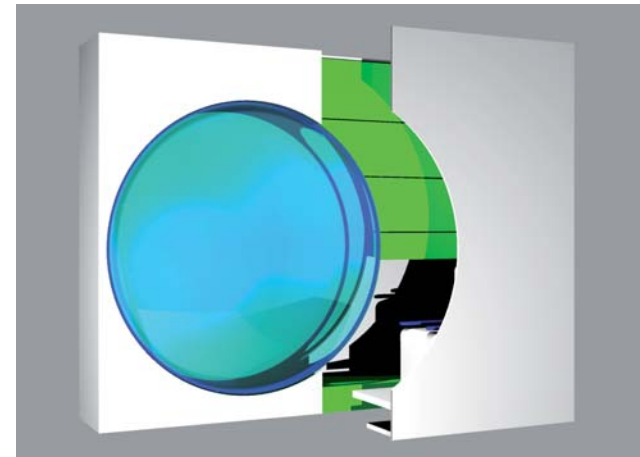
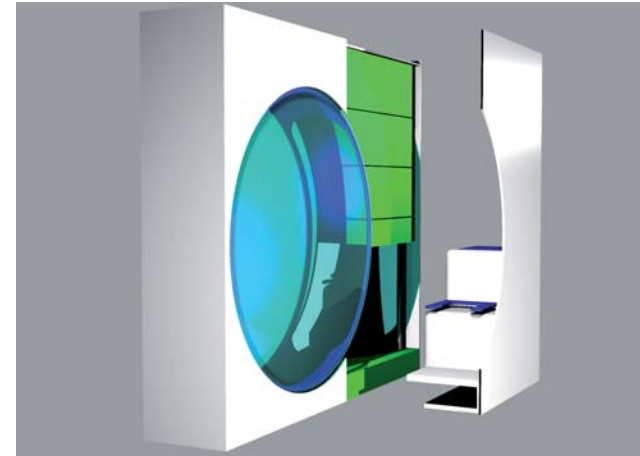
Beim Badmodul war die „Problemstellung“ den Korpus im Idealfall auch auf 60 cm Tiefe zu komprimieren, einerseits um das Möbel besser transportierbar zu machen, andererseits um der Linie treu zu bleiben, entwurfsprägend.

Um selbst die Dusche bzw. die Badewanne unterzubringen wurde eine Art Trommel entwickelt, deren Deckflächen kreisschalenförmig ausgeformt wurden, das - so eigenwillig es klingt - ähnlich wie ein Hamsterlaufrad funktioniert. Beim Transport, oder wenn der Platz gerade benötigt wird, kann man diese zwei aus einem ziemlich elastischen Thermoplast bestehenden Kugelkalotten nach innen ‚ploppen‘. Diese Duschwanne betritt man über die Öffnung in der Mantelfläche, und drückt falls nötig die Kunststoffschaalen wieder nach außen. Der Dusch-

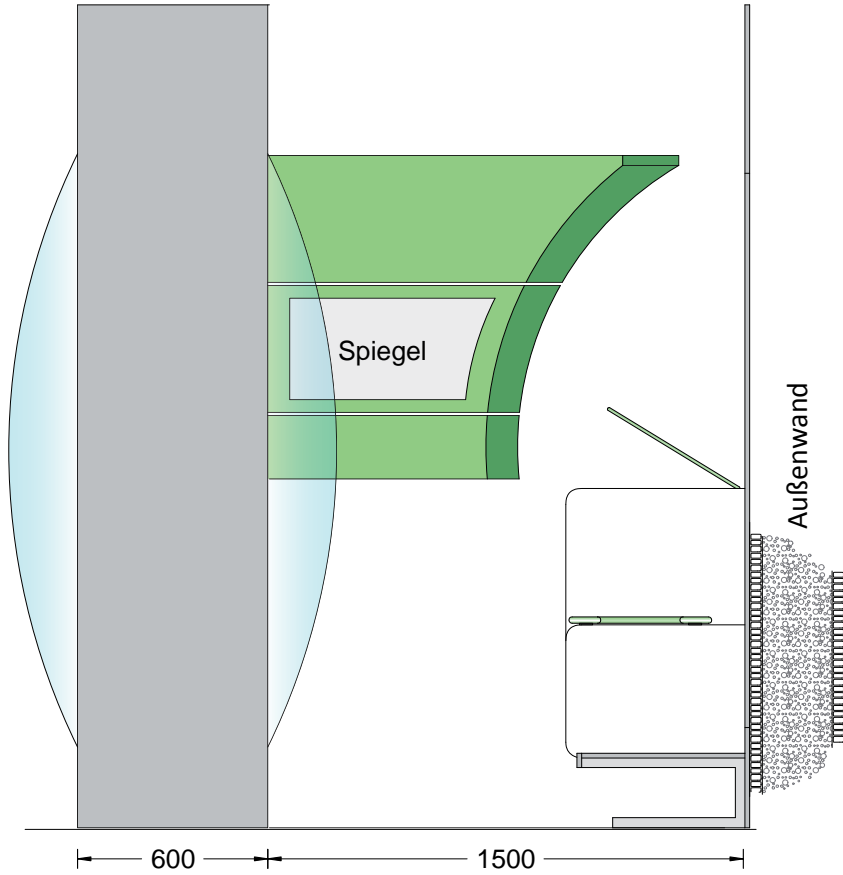
kopf hängt an der Decke und lässt sich beliebig weit nach unten ziehen da ein Schlauchaufroller mit Zugentlastung zwischengeschaltet ist. Es gibt keinen herkömmlichen Abfluss, man muss das Wasser während bzw. nach dem Duschen oder Baden, mittels einem Pumpkopf, der ebenfalls von der Decke hängt absaugen.

Wenn man ein Bad nehmen möchte, macht man bloß zwei bis drei Schritte im „Laufrad“, dadurch verschiebt sich die Öffnung nach oben und es entsteht eine luxuriöse Badewanne.

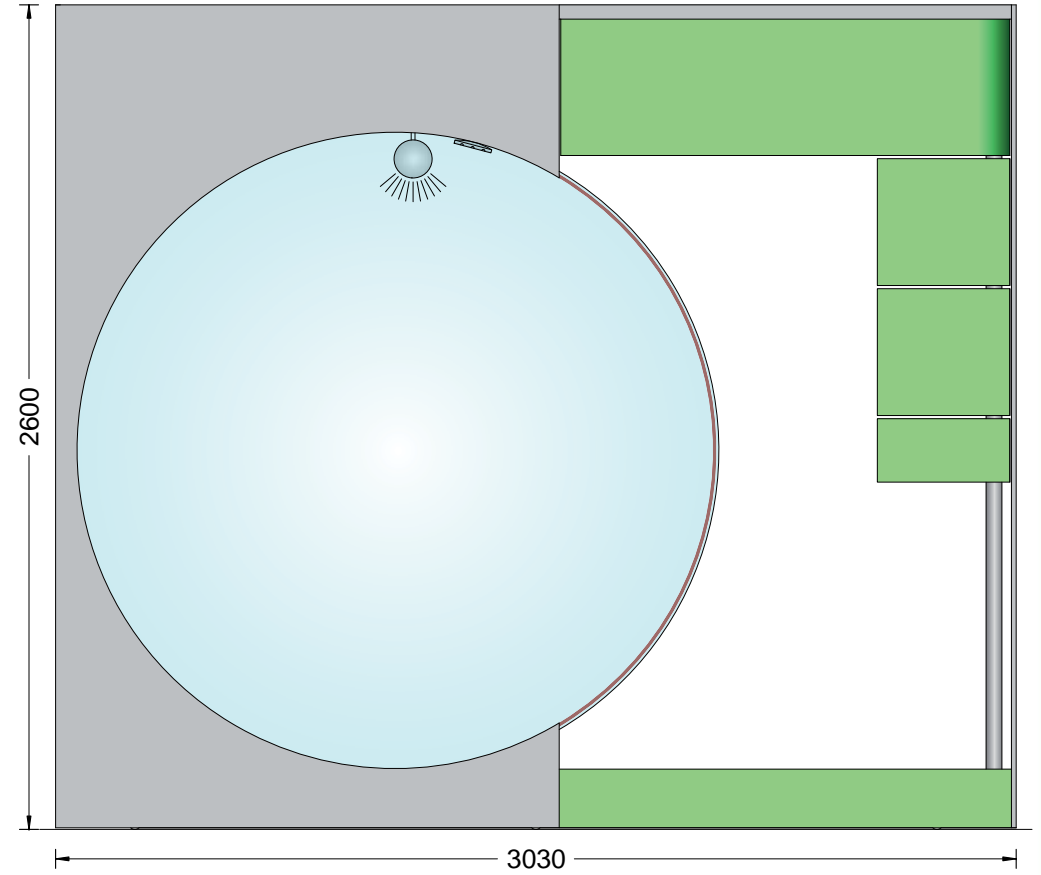
Das Warmwasser bekommt das Modul für die Duschwanne durch einen herkömmlichen Gartenschlauch. Erwärmt wird das Wasser durch einen Durchlauferhitzer. Dadurch, dass das Badmöbel einen zusätzlichen Brauchwassertank und die schon zuvor erwähnte Pumpe und einen Durchlauferhitzer besitzt, besteht die



Ansicht Badmodul offen ausgeklappt



Ansicht Badmodul offen ausgeklappt



Option, dass man sich „endlos“ lange duscht, ohne viel Warmwasser zu verschwenden.

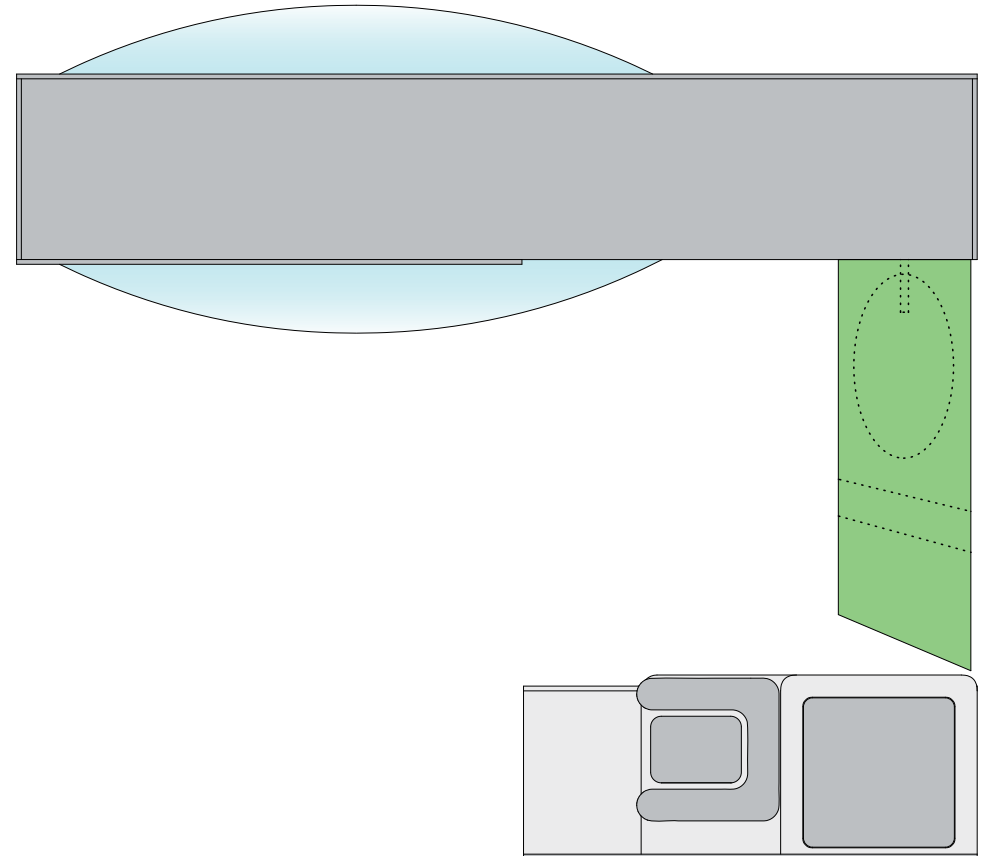
Man müsse nur nach dem Reinigen das Schmutzwasser in den Brauchwassertank pumpen und dann das saubere Wasser zirkulieren lassen.

Das Waschbecken und die zwei Kästen darüber lassen sich herausdrehen; was auch nötig ist, wenn man in den Duschaum gelangen möchte. Der oberste Kasten bietet einen Stauraum der von außen zu bespielen ist.

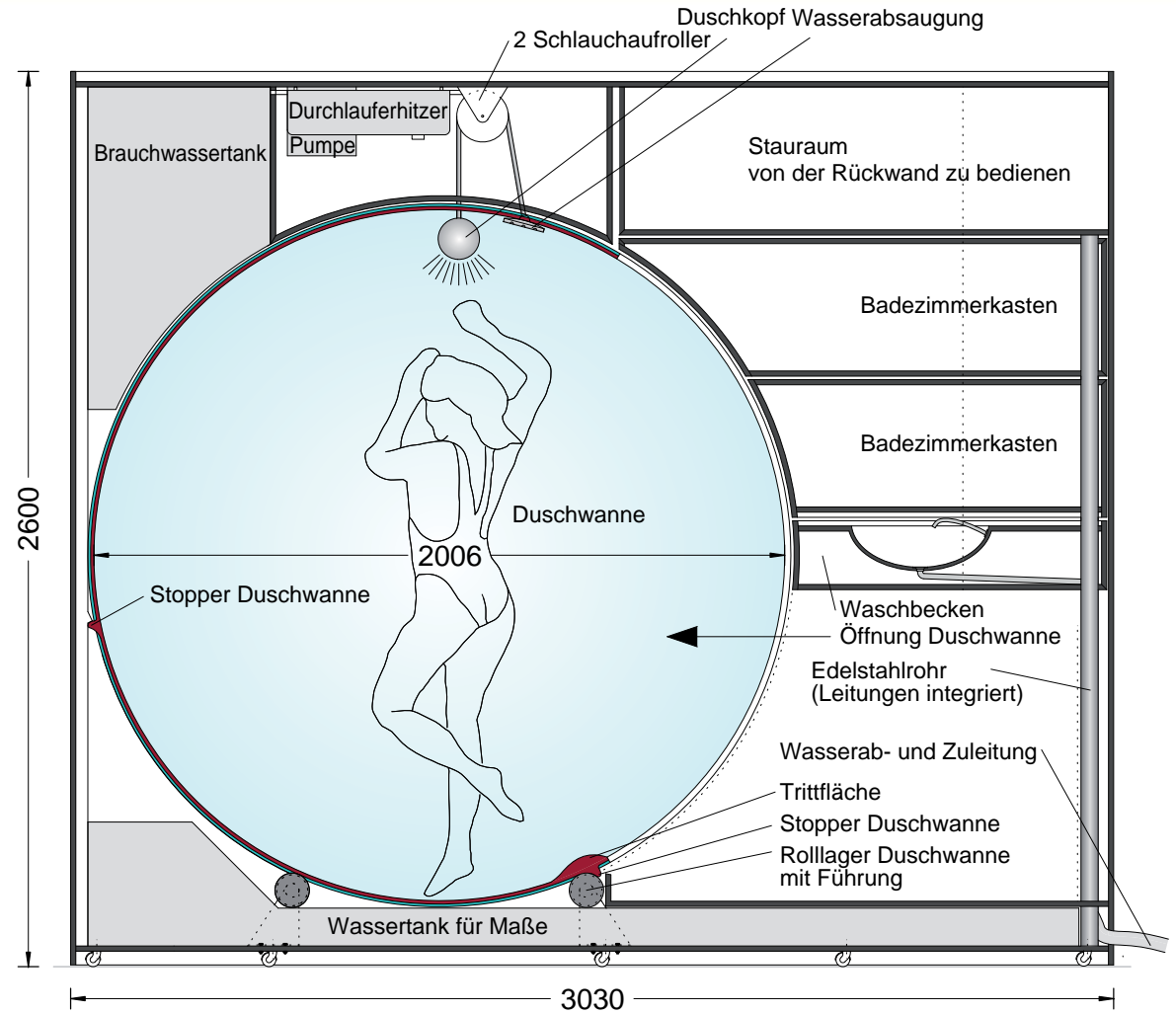
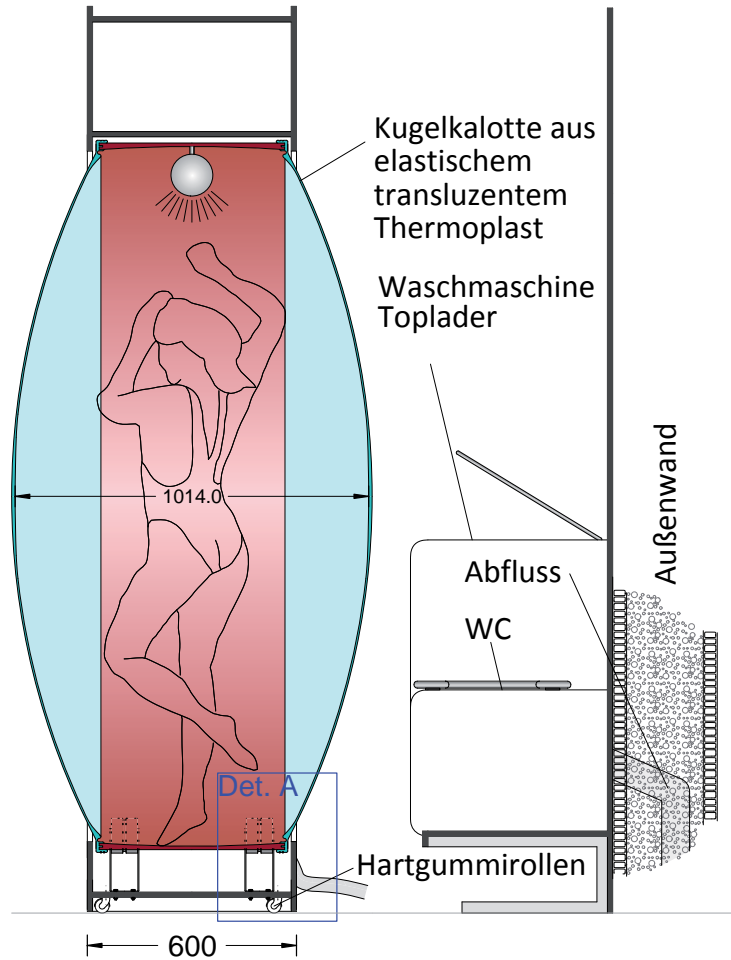
Der zweite, kleinere Teil des Badmoduls lässt sich wiederum ohne Raumverlust in den anderen integrieren. In ihm ist die Waschmaschine in der Bauform eines Topladers und die Toilette verbaut.

Dafür nötige Wasserleitungen und Rohre kommen direkt aus der Wand.

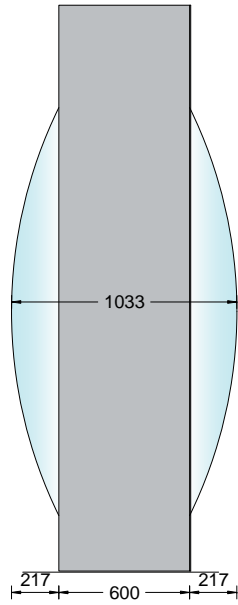
Draufsicht



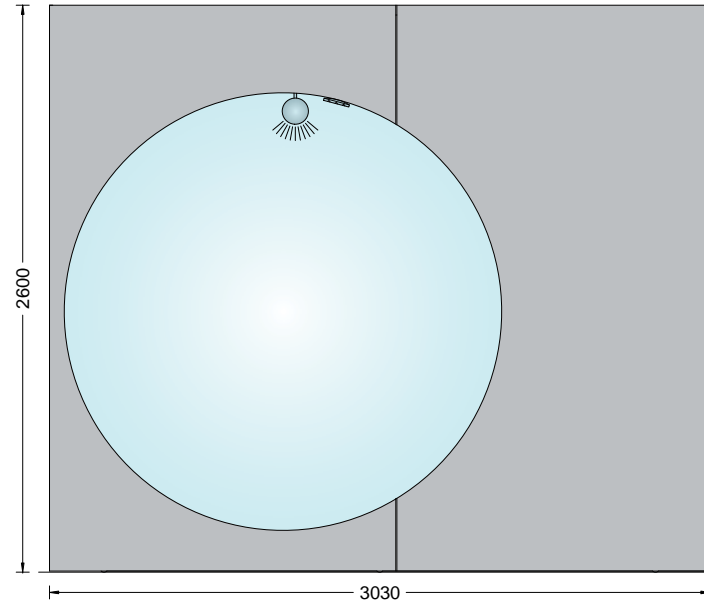
Schnitte Badmodul mit Funktionen



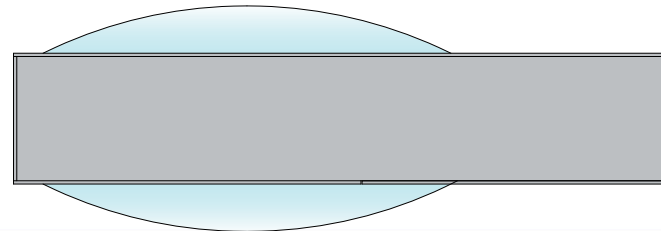
Ansicht Badmodul geschlossen

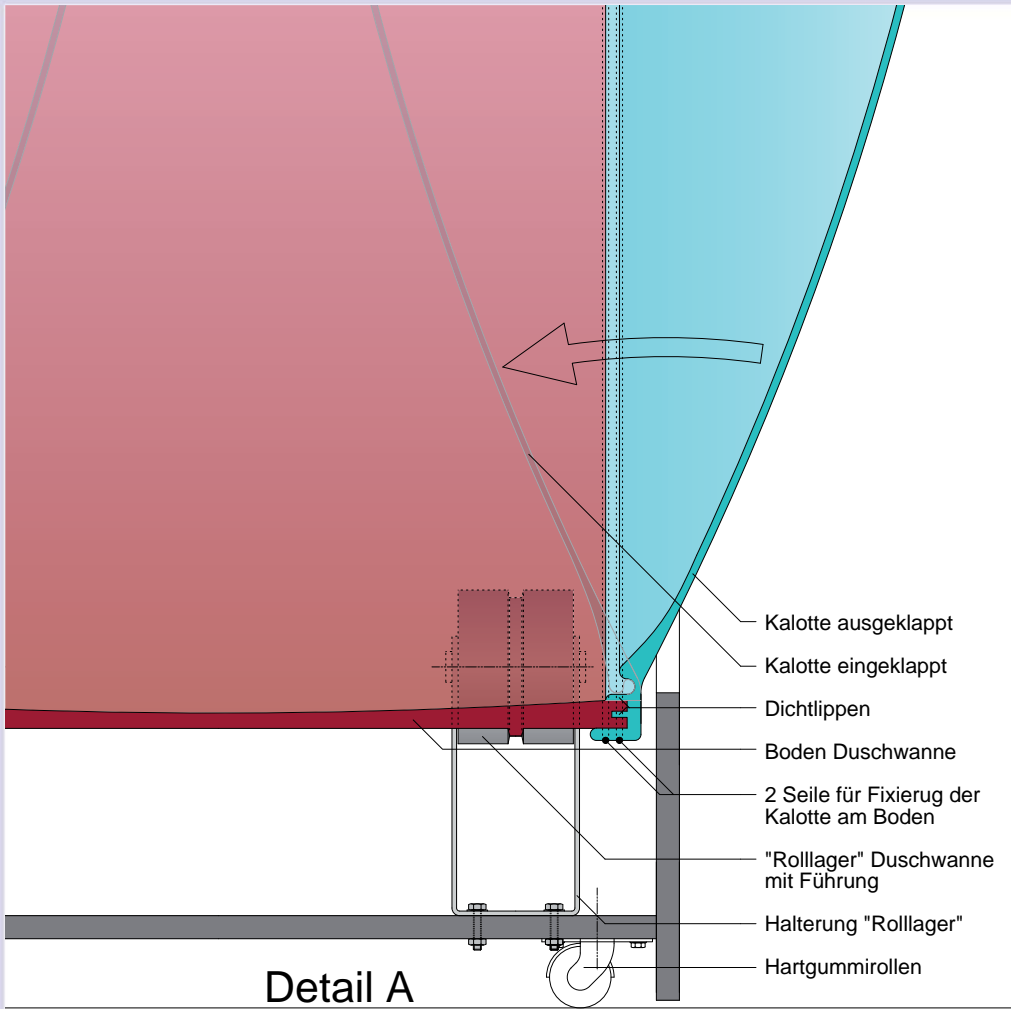
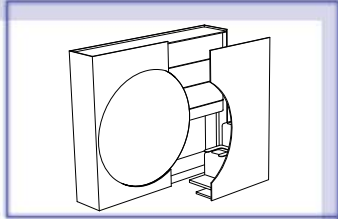


Ansicht Badmodul geschlossen

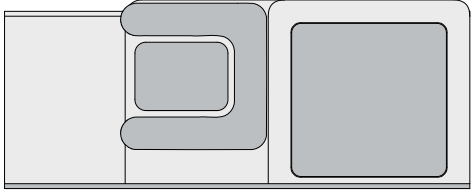
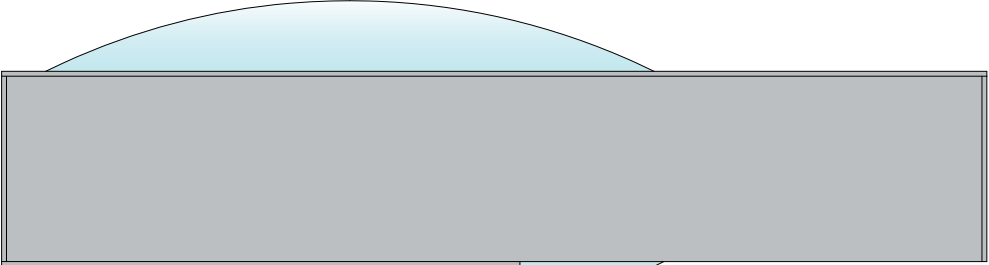


Draufsicht

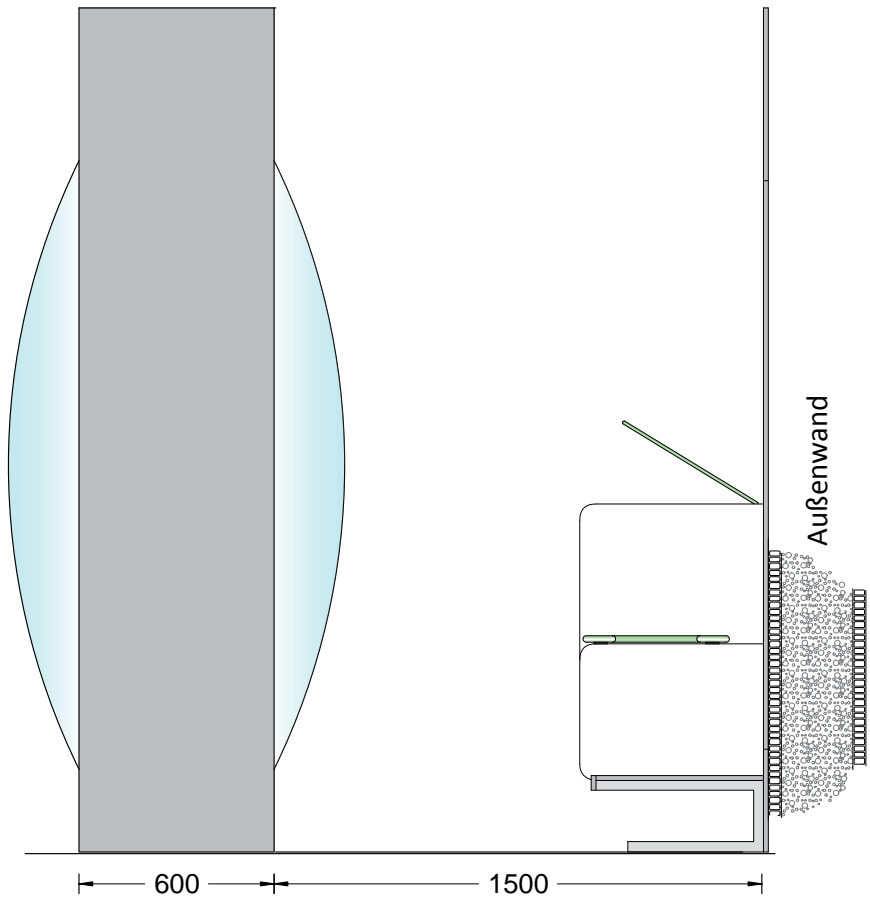




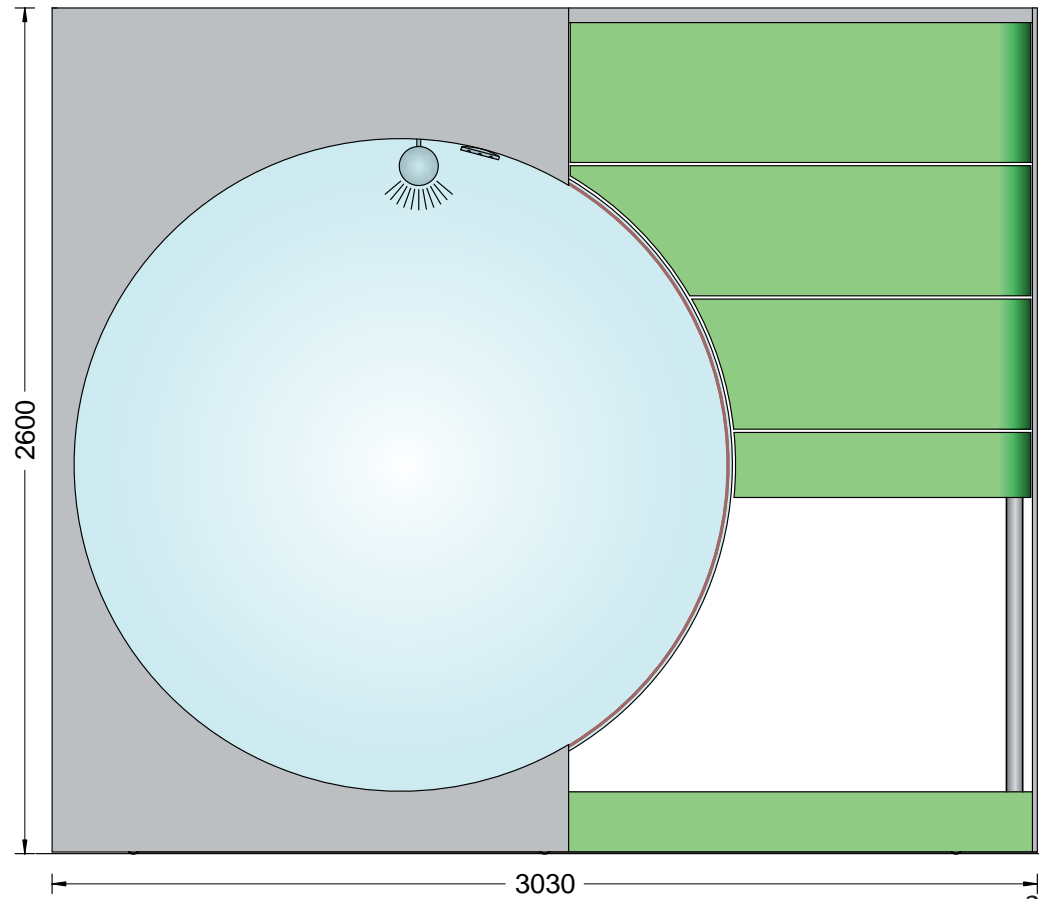
Draufsicht

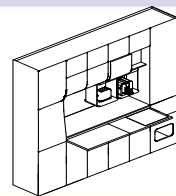


Ansicht Badmodul offen



Ansicht Badmodul offen





Renderings Küchenmodul, links mit eingefahrener, rechts mit ausgefahrener Arbeitsplatte



4.1.2.3 Küche

Um den Raum maximal auszunutzen wurden selbst die Oberschränke mit 60 cm Tiefe geplant. Da sie bei einer Höhe von 180 cm enden, bestünde die Möglichkeit, dass sich etwas größere Menschen den Kopf stoßen. Um dies zu verhindern, wurden einerseits die Kanten der Oberschränke stark verrundet, andererseits wurden die eigentlichen zwei Arbeitsplatten, von der eine mit einem Induktionskochfeld bestückt wurde, ausziehbar entwickelt.

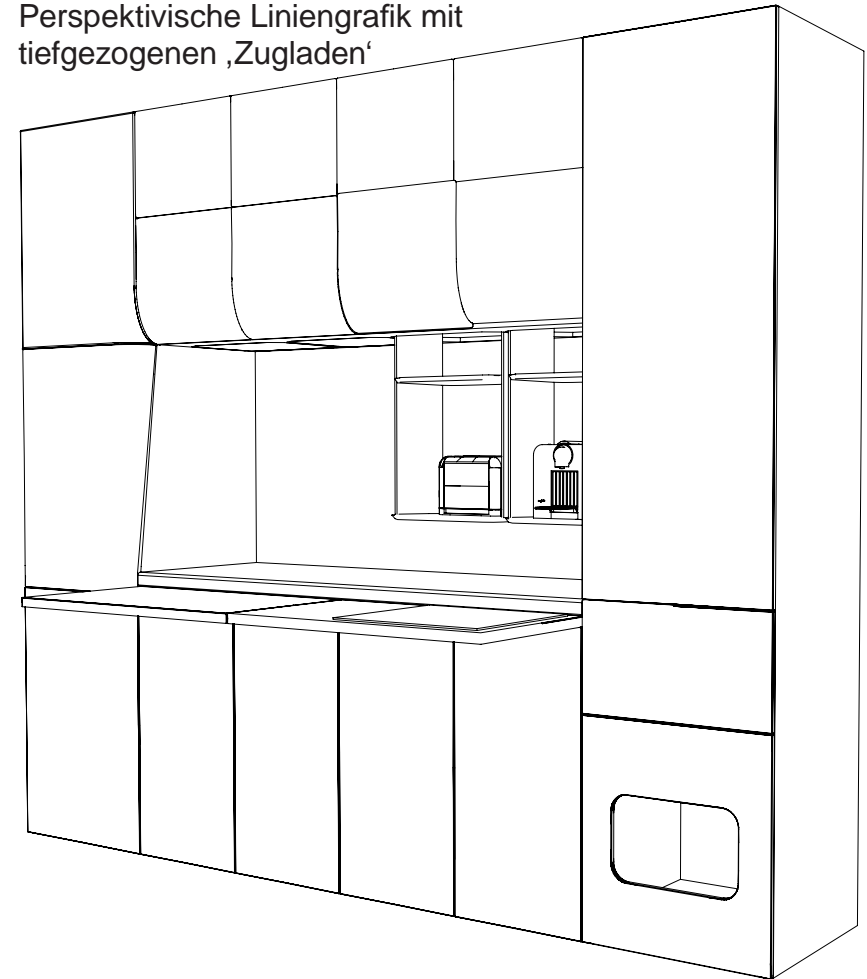
Dies bezweckt des Weiteren, dass man trotz der häufig voll gestellten oberen Arbeitsfläche immer Platz zum Zubereiten und Kochen hat. Da die Oberschränke sehr tief sind, wurde mit einer doppelten Wand gearbeitet, was bedeutet, dass vorne eine geringe Schranktiefe entsteht, sich dahinter aber noch ein nutzbarer Raum ergibt. Dieser lässt sich mit

Fächern bespielen, welche auf Schienen nach unten ziehen lassen. Für den ausgleichenden Zug nach oben sorgt eine Art Kabelaufroller mit Zugfeder, bei dem man den Widerstand je nach Belastung nachjustiert.

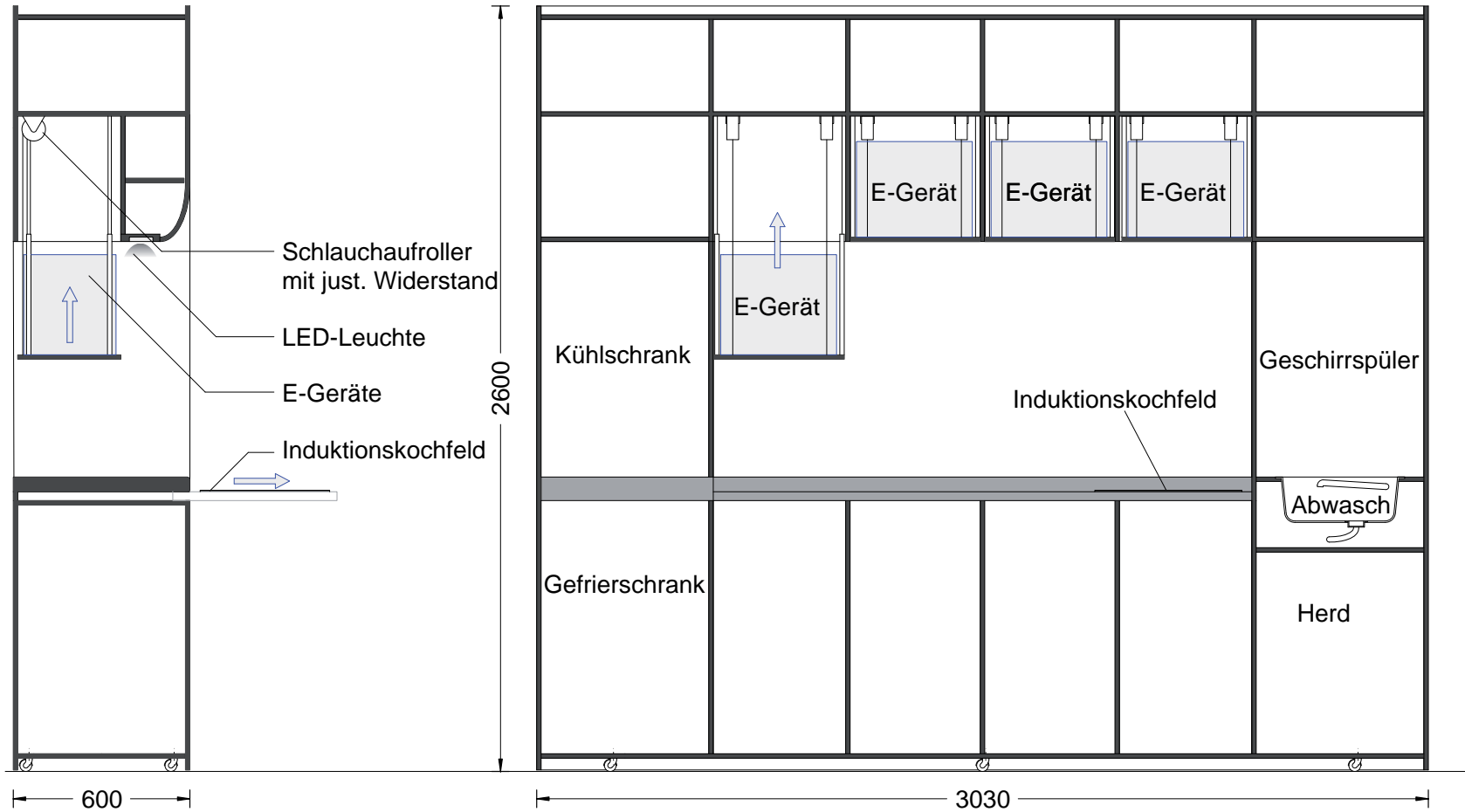
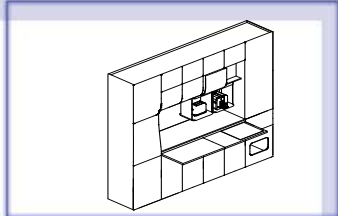
Diese Stauräume sind prädestiniert für Geräte, wie Mikrowelle, Kaffeemaschine, Kontaktgrill oder Milchaufschäumer, et cetera, die zumeist auf Arbeitsplatten gewöhnlicher Küchen den Platz rauben.

Des Weiteren ist die Küche mit jeglichen Annehmlichkeiten einer gewöhnlichen Küche ausgestattet, wobei noch vorzuheben ist, dass sie, mit Einschränkung der Kabel- und Leitungslänge, fahrbar ist. Die Spüle lässt sich auch aus dem Korpus herausziehen, wobei sich Trinkwasser auch im geschlossenen Zustand zapfen lässt. Somit ist diese Küche auch optisch salonfähig geworden, und lässt sich durch die freien, nicht mehr mit Utensilien und E-Geräten übersä-

Perspektivische Liniengrafik mit tiefgezogenen ‚Zugladen‘

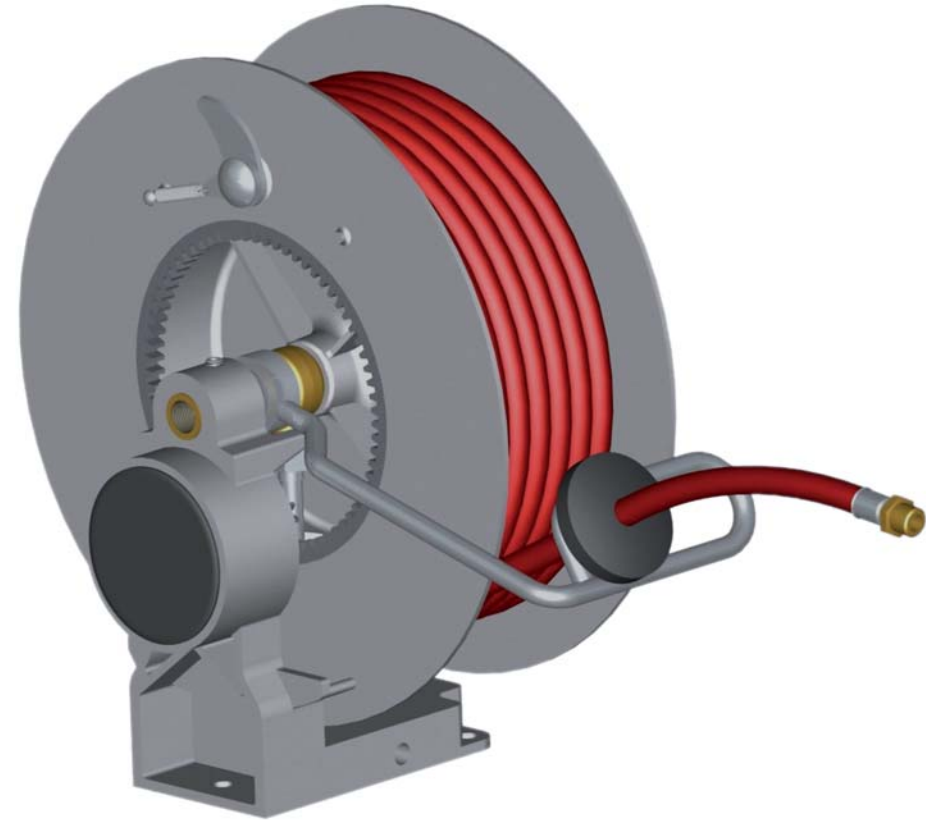


Küchenmodul, Schnitt

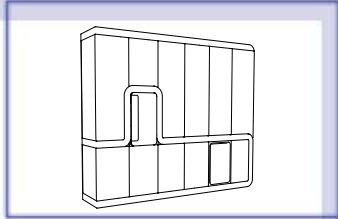
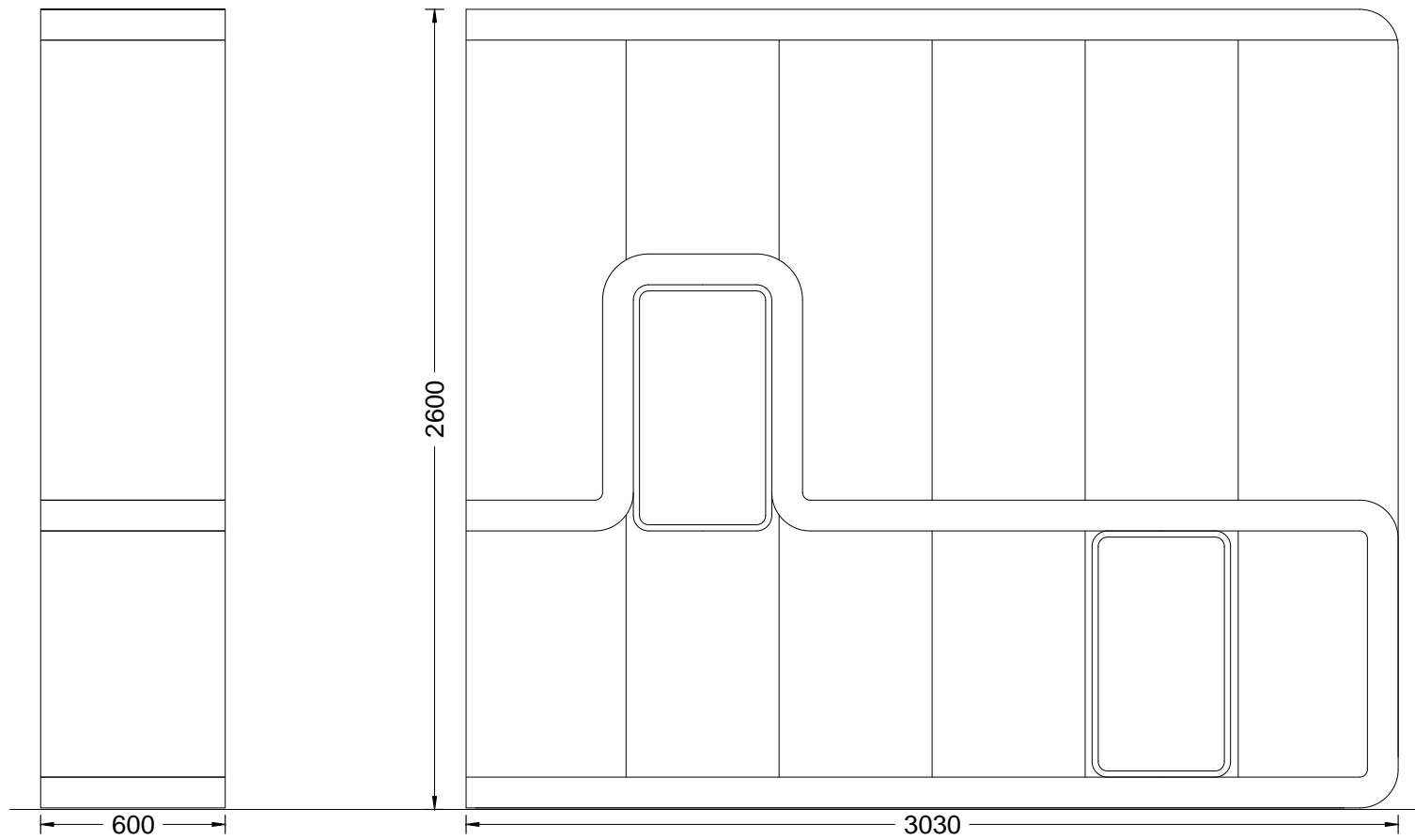


ten Arbeitsflächen zügig reinigen.
Um beim Transport den Raum zwischen den Oberkästen und der Arbeitsfläche perfekt auszunutzen, lässt sich die Sitzgruppe (3.1.3.5) dort ziemlich passgenau einsetzen.

Abb. 4.1.2.3/1: Kabelaufroller mit Zugfeder



Ansichten Stau- Heiz- und Trennmodul



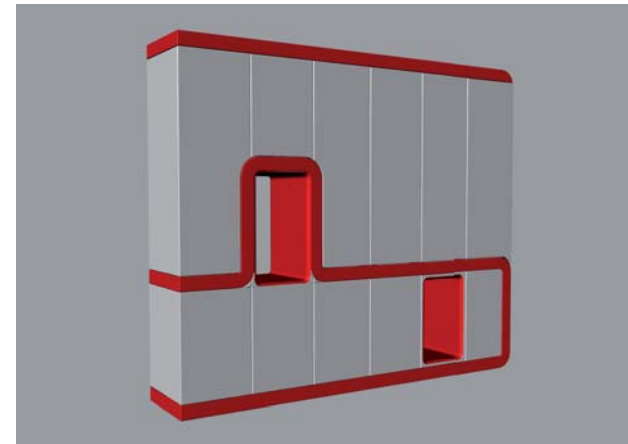
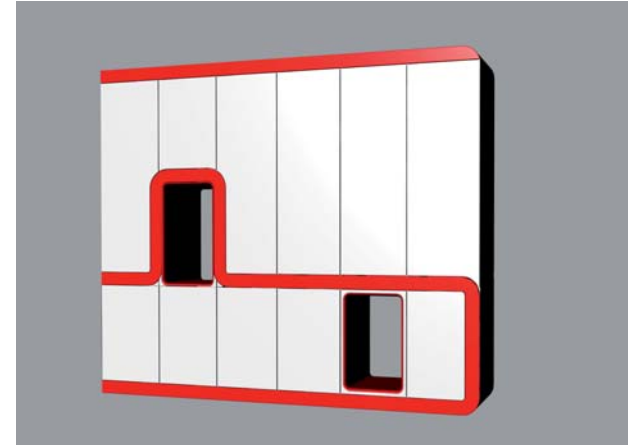
4.1.2.4 Store-Heizmodul

Das Heizen erfolgt über ein Modul mit Standardabmessungen, welches wiederum drei Funktionen erfüllt. Es bietet einen enormen Stauraum (300 cm x 260 cm x 60 cm), ist ein stilvoller Raumteiler und wie schon zuvor erwähnt, beheizt es das ganze Gebäude. Das System funktioniert mit elektrischen Heizleitungen, welche sich um das Modul schlingen.

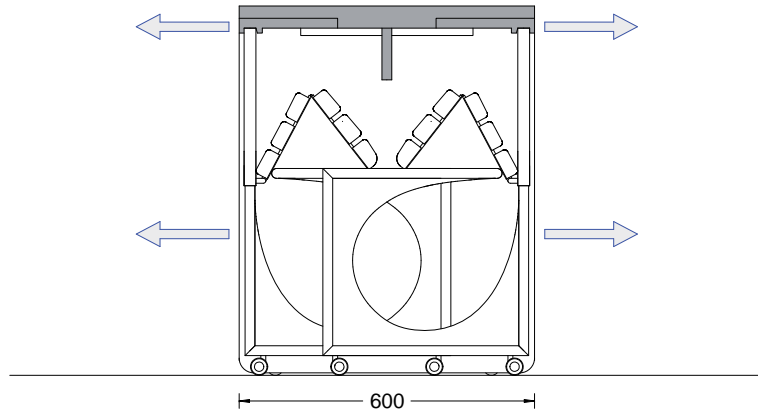
Aufgrund des Coanda-Effektes wird durch den Luftauftrieb die Wärme der Fußleistenheizung auf die Wand übertragen [In diesem Fall übertragen die Heizleitungen die Wärme auf das Modul - Anm. d. Verf.], die die Wärme als Strahlungswärme in den Raum abgibt.²⁴

Durch diesen Effekt emittiert das gesamte Modul eine sehr gleichmäßige Wärmestrahlung, welche der des Kachelofens wahrscheinlich am ähnlichsten kommt.

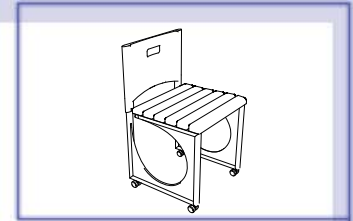
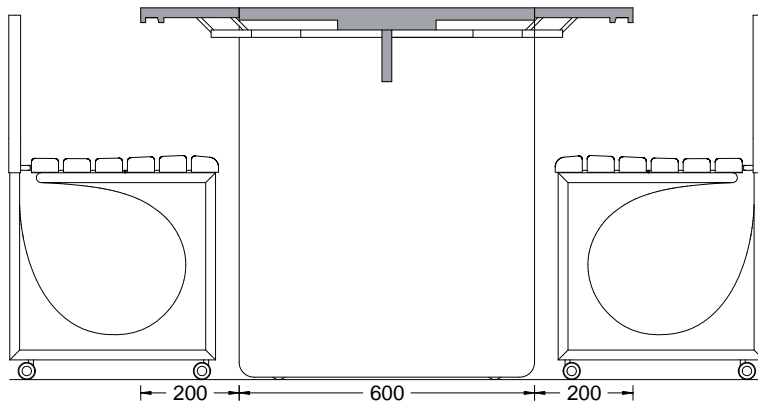
Renderings Store-Heizmodul



Sitzgruppe kompakt; Schnitt

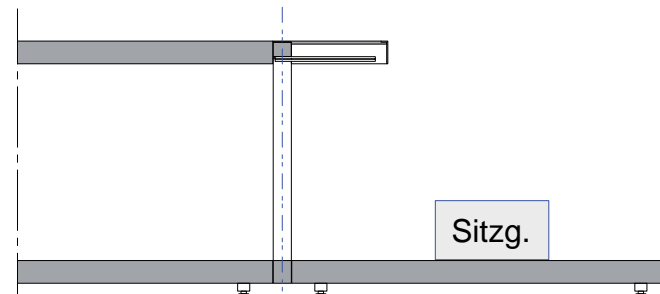
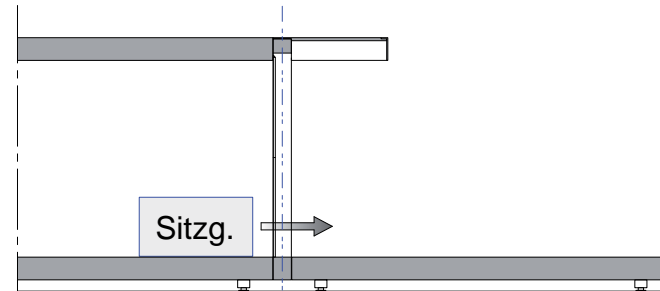


Sitzgruppe in Verwendung



innen

außen



4.1.2.5 Sitzen

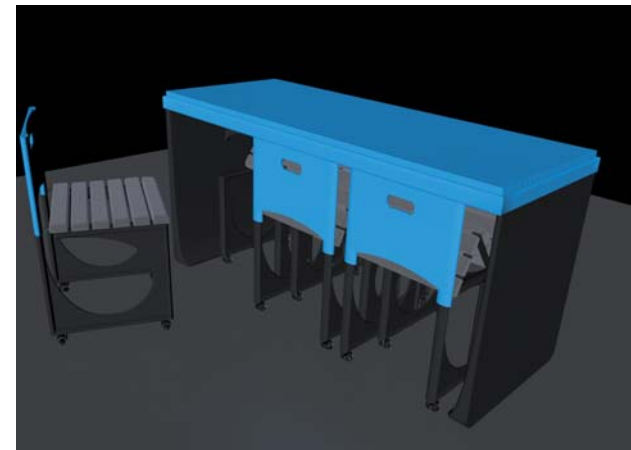
Die Sitzgruppe, welche sich beim Transport gut in das Küchenmodul integrieren lässt, besteht aus sechs Sessel und einem Tisch, welcher wiederum die 60 cm Tiefe aufweist. Die Breite des Tisches lässt sich bei Bedarf erweitern. Sowohl Sessel als auch Tisch bestehen aus Kunststoff und stehen auf Rollen.

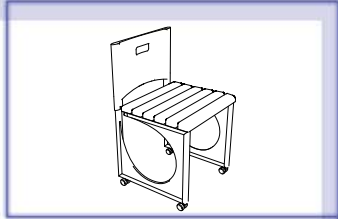
Das besondere an den Sesseln ist, dass sich durch das Runterdrücken der Lehne die Sitzfläche so aufaltet, dass sich beim Reinschieben des Sessels unter den Tisch, sich trotz der geringen Tiefe zwei gegenüberliegende Sessel integrieren lassen. Aufgrund dieses Mechanismus werden die Sitzgelegenheiten an den Tisch gekoppelt, was eine spontane Flexibilität erlaubt. So kann man, die einfache „Verschiebbarkeit“ ausnützen und den Tisch samt Sessel jeder-

zeit nach draußen auf die Terrasse oder einfach zur Küche zum Anrichten rollen.

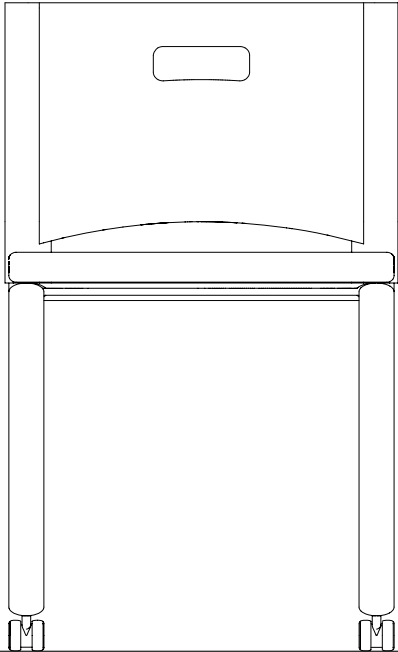
Die Räder des Tisches lassen sich blockieren. Die auf den ersten Blick ungewöhnliche Form der Sesselunterkonstruktion fundiert in der idealisierten Form des Biegemomentenverlaufs.

Renderings Sessel (o.) und Sitzgruppe (u.)

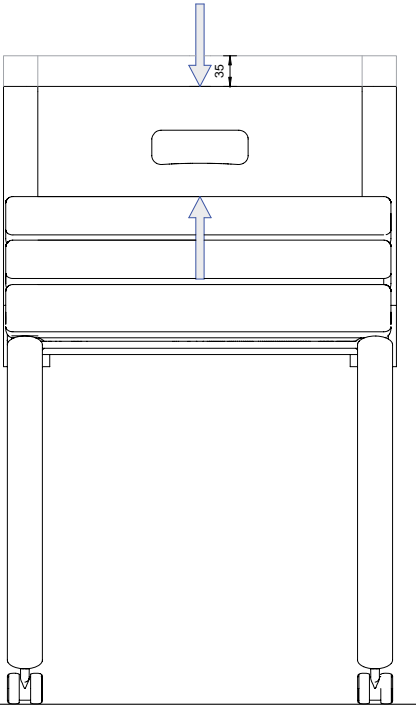




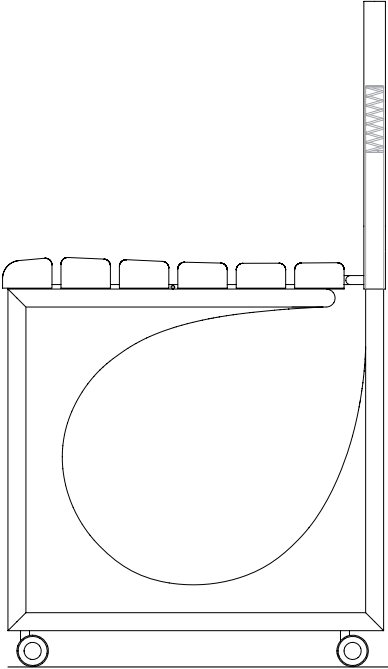
Vorderansicht Sessel



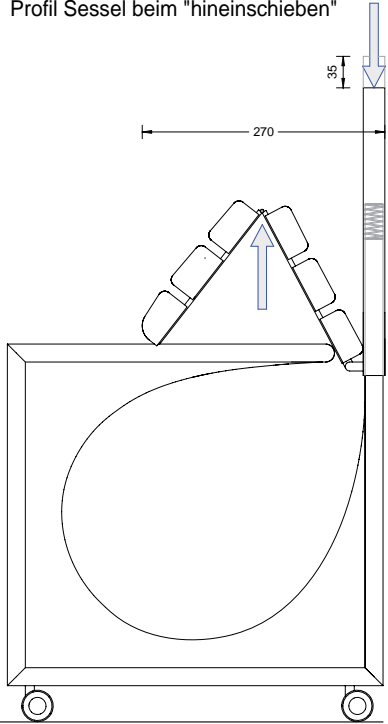
Vorderansicht Sessel beim "hineinschieben"



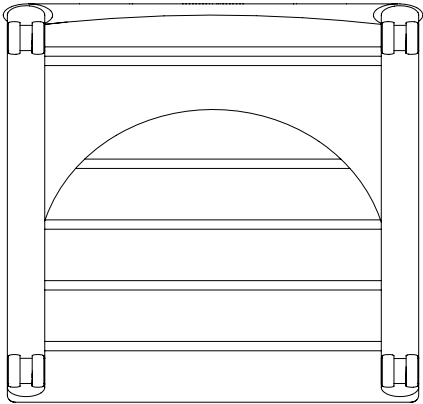
Profil Sessel



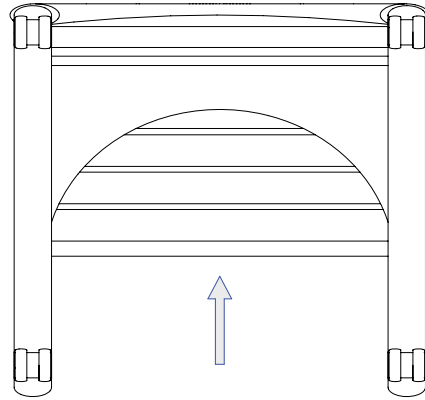
Profil Sessel beim "hineinschieben"



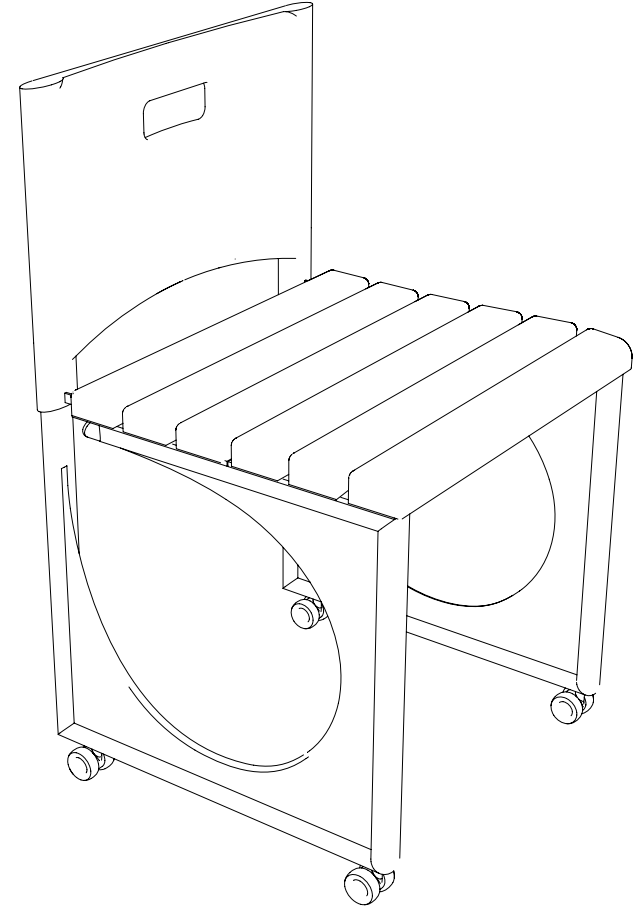
Untersicht Sessel



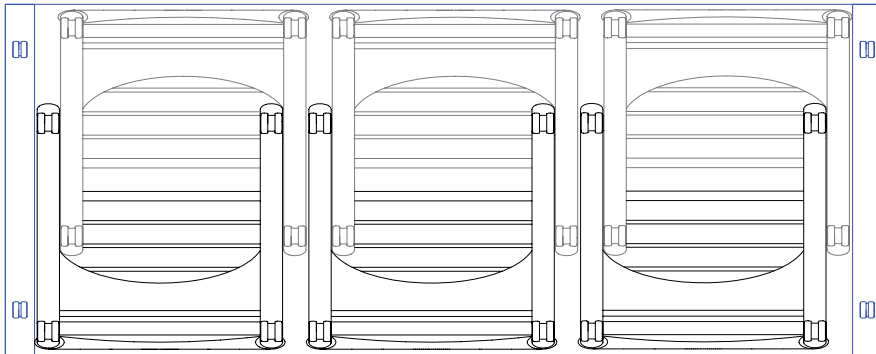
Untersicht Sessel beim "Hineinschieben"



Perspektivische Liniengrafik Sessel

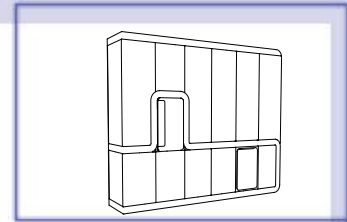


Untersicht Sitzgruppe, Schema "hineinschieben" Sessel



Legende: ● Tisch ● Sesselreihe 1 ● Sesselreihe 2

Abb. 4.1.3/1: Self Storage - Stauräume zu mieten



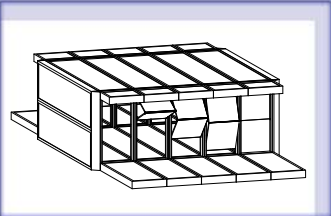
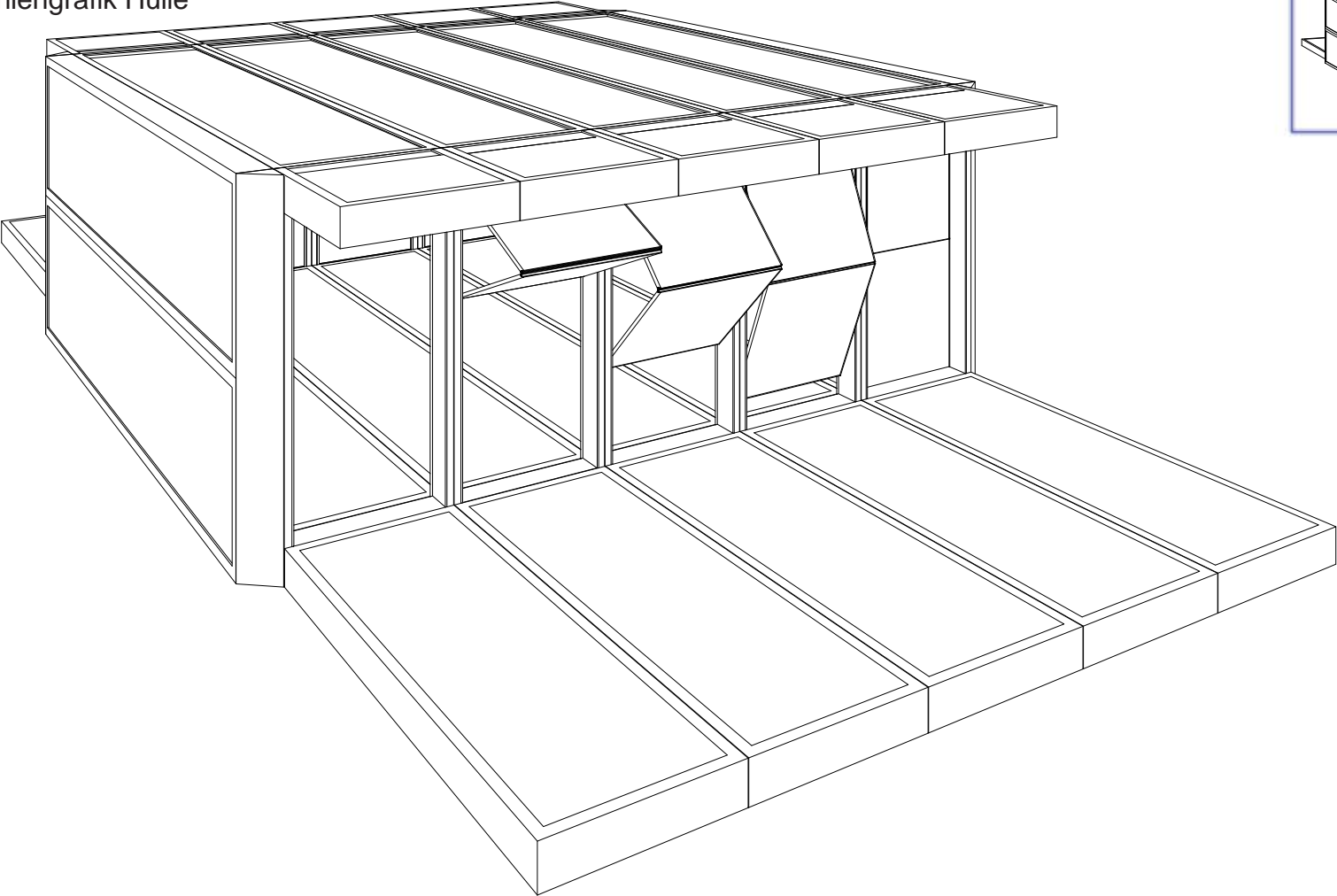
4.1.3 Stauraum

Man könnte behaupten dieses Wohnkonzept könne gar nicht funktionieren, da bei weitem nicht ausreichend Stellflächen und Stauraum zur Verfügung stünden. Dies möchte ich gar nicht vollkommen bestreiten, wobei ich unbedingt die Utensilien nach der Nutzungshäufigkeit differenzieren möchte.

Objekte die man nur zu speziellen Anlässen oder zu gewissen Jahreszeiten benötigt, könnte man ohne schlechten Gewissens outsourcen. Bekanntermaßen benötigen die vielen, zum Teil unnötigen Habseligkeiten Unmengen an Platz; im Regelfall immer etwas mehr als man besitzt. Sehr viele Stauräume sind raumtemperiert, was natürlich einerseits dem Geldtascherl, andererseits auch der Umwelt schadet.

Es gibt fast in jedem urbanen Raum Garagenplätze oder andere „Stauräume“, die eindeutig kostengünstiger sind, als sich eine größere Unterkunft zu nehmen. Da viele Bürger ihre Autos täglich in diese meist einige hundert Meter entfernten Räumlichkeiten parken, sollte es absolut kein Problem sein, seine sperrigen Besitztümer wie Schizeug, Zelt, Schlafsack oder Wanderutensilien, welche zumeist sehr selten in Verwendung sind, gelegentlich einmal von dort zu holen.

Perspektivische Liniengrafik Hülle



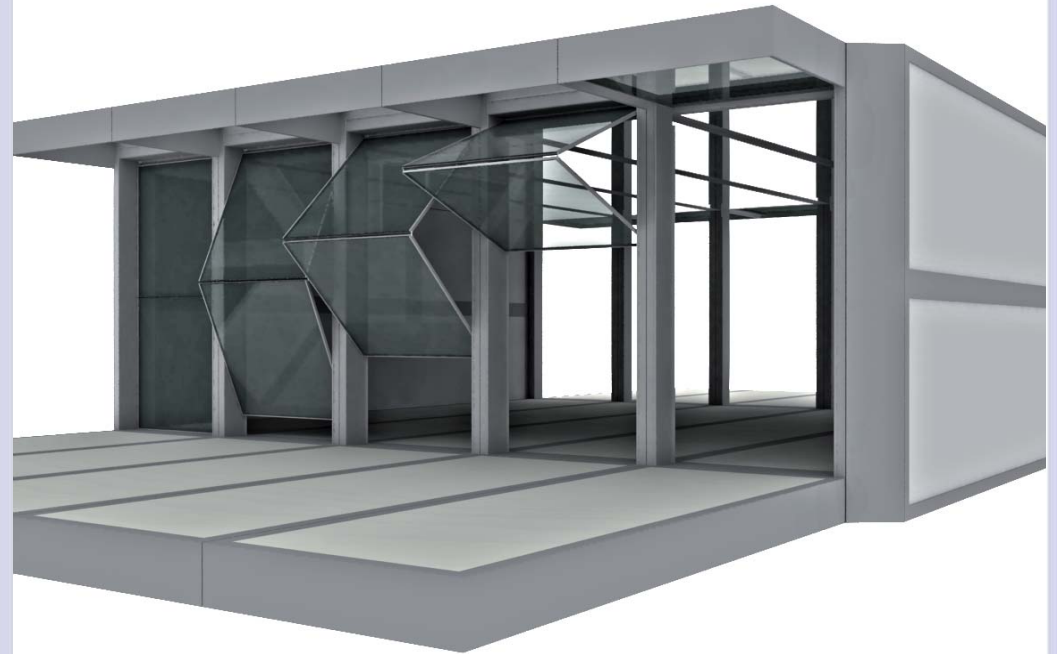
4.2 Die Hülle

Um dem neuartigen Wohnkonzept eine angemessene und ebenfalls innovative Hülle bereitzustellen und vor allem alle Features zuzulassen, die die Module auszeichnen, konnte sie keinesfalls mit herkömmlichen Materialien und Konstruktionen umgesetzt werden. Die Primärstruktur besteht beinahe zur Gänze aus Kunststoffprodukten, nur die aussteifenden Winkel, Schraubverbindungen und Kleinzeug sind aus Metall.

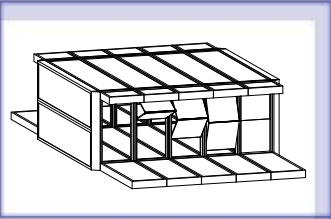
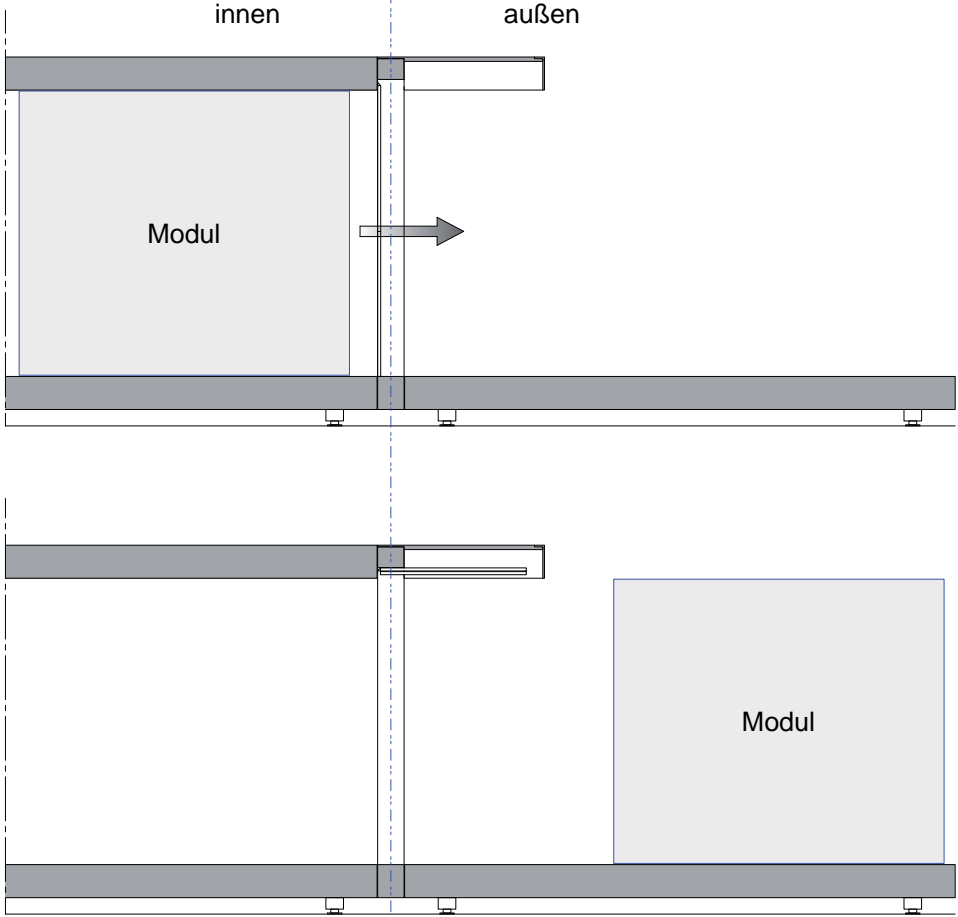
Durch die Leichtigkeit des Kunststoffes und der Modularität lässt sich das Gebäude sehr leicht transportieren und innerhalb weniger Stunden errichten. Weitere Besonderheiten sind noch die einfache Erweiterbarkeit der Wohnfläche und die „Wiederdemontierbarkeit“ der Hülle. Das Deckenmodul wurde transluzent gestaltet,

um einerseits mehr Licht ins Innere zu bekommen und Stromkosten zu reduzieren; andererseits kann man auch die solare Energie in den Kältemonaten nutzen, um den Heizbedarf zu reduzieren.

Rendering Hülle



Mobilität der Module



4.2.1 Aufgabe und Funktionsweise

Ziel war es, deshalb auch die Bezeichnung, dem Wohnkonzept eine angemessene Hülle zu geben. Die Architektur soll sich komplett zurücknehmen, sich den Modulen sogar unterordnen. Die Zerlegbarkeit für Transportzwecke und die Option das Gebäude modulweise zu vergrößern waren Grundvoraussetzungen. Um Aneinanderreihung von mehreren dieser Gebäude zu ermöglichen bzw. etwas mehr Privatsphäre zu schaffen, wurden zwei Seiten der Hülle als gewöhnliche opake Wände ausgeführt. Das Haus wird aus Boden-, Wand-, Decken-, und Fassadenmodulen zusammengebaut. Die Terrassenelemente, der Dachvorsprung und die Lamellen auf dem Dachmodul sind nicht unbedingt nötig, aber vorgesehen und von Vorteil.

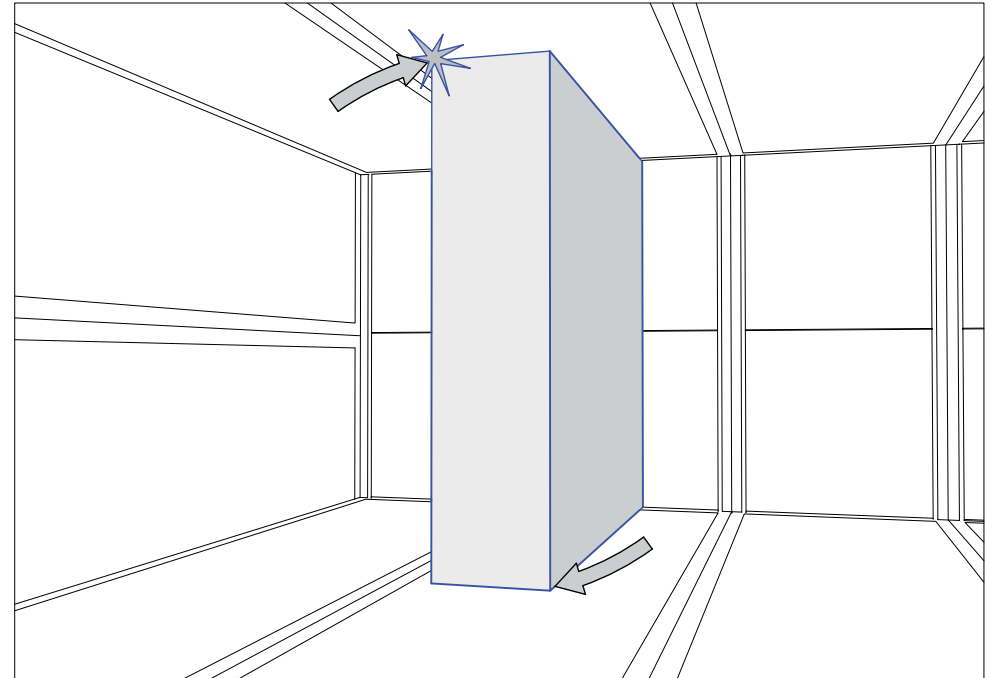
Durch die hochklappbaren Fassa-

denelemente lässt sich der Wohnraum nicht nur visuell sondern auch funktionell mit dem Außenraum verbinden.

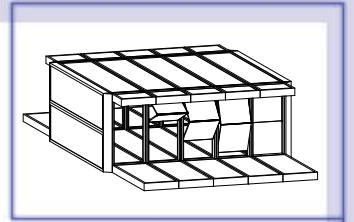
Das Wohnzimmer und auch die anderen Möbel können barrierefrei in den Außenraum gerollt werden.

Das Gebäude selbst steht auf justierbaren Aluminiumstehern, welche mittels Schrauben im Boden verankert werden.

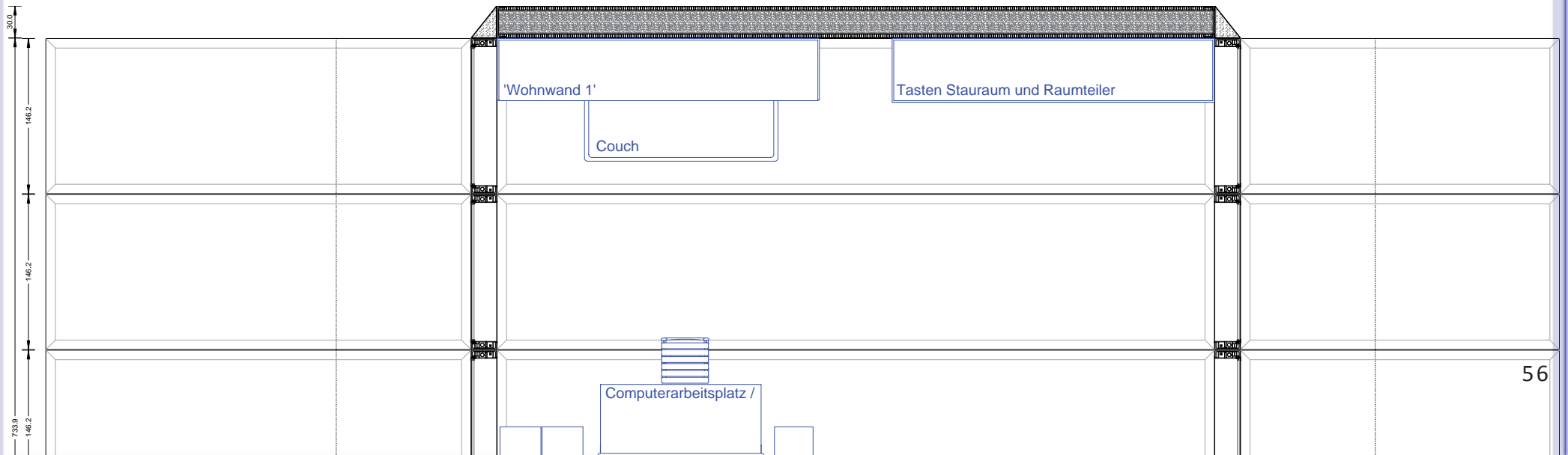
Die optimierte Modulhöhe verhindert das Kippen im Inneren

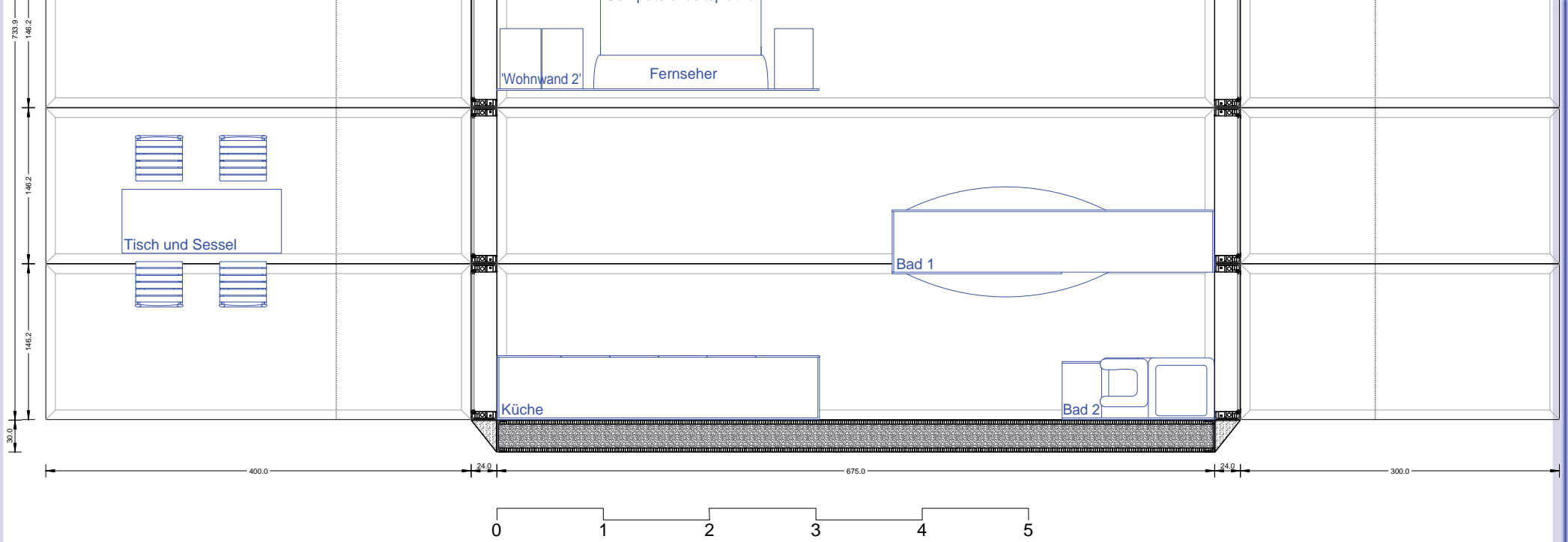


4.2.1 Pläne und Details

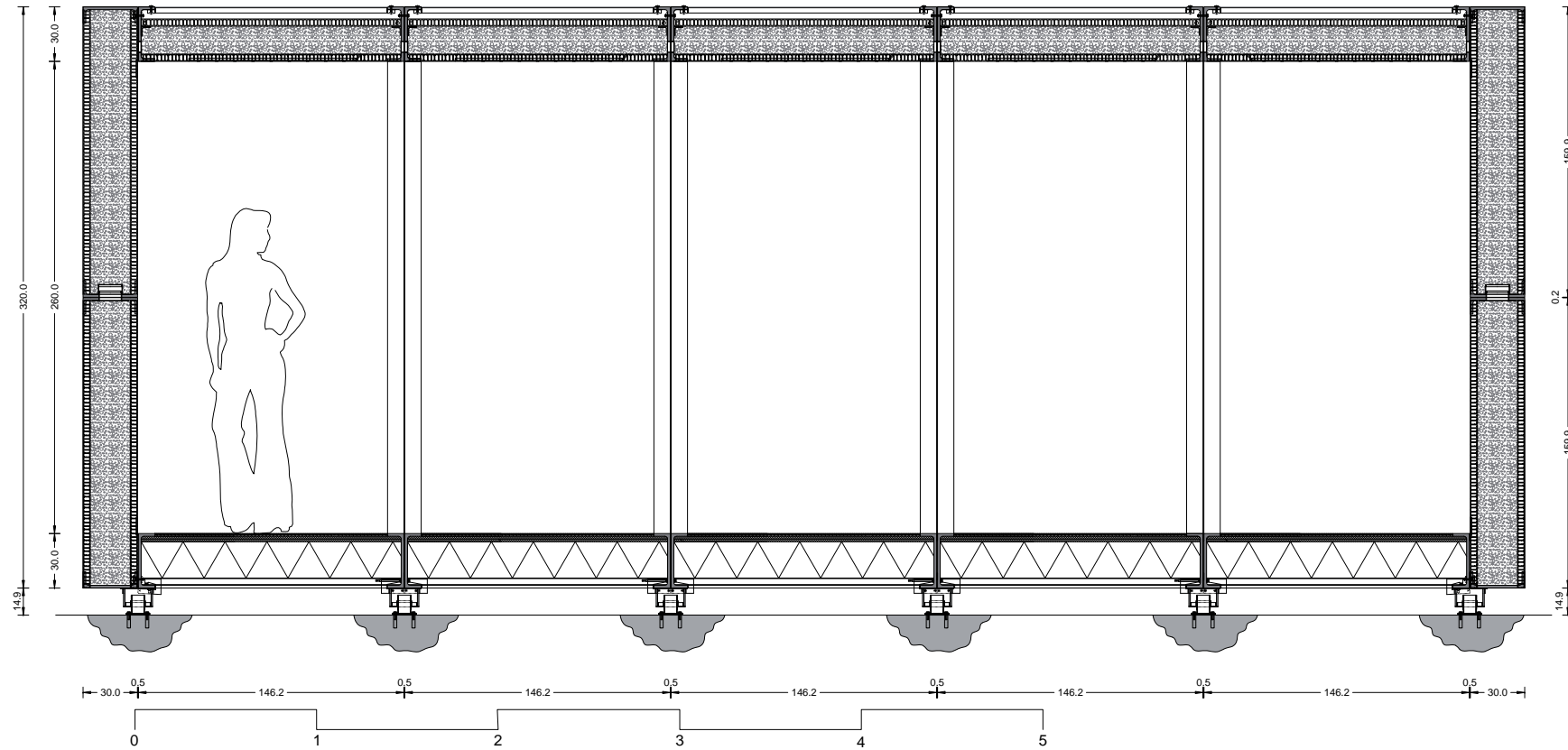


Grundriss mit Module

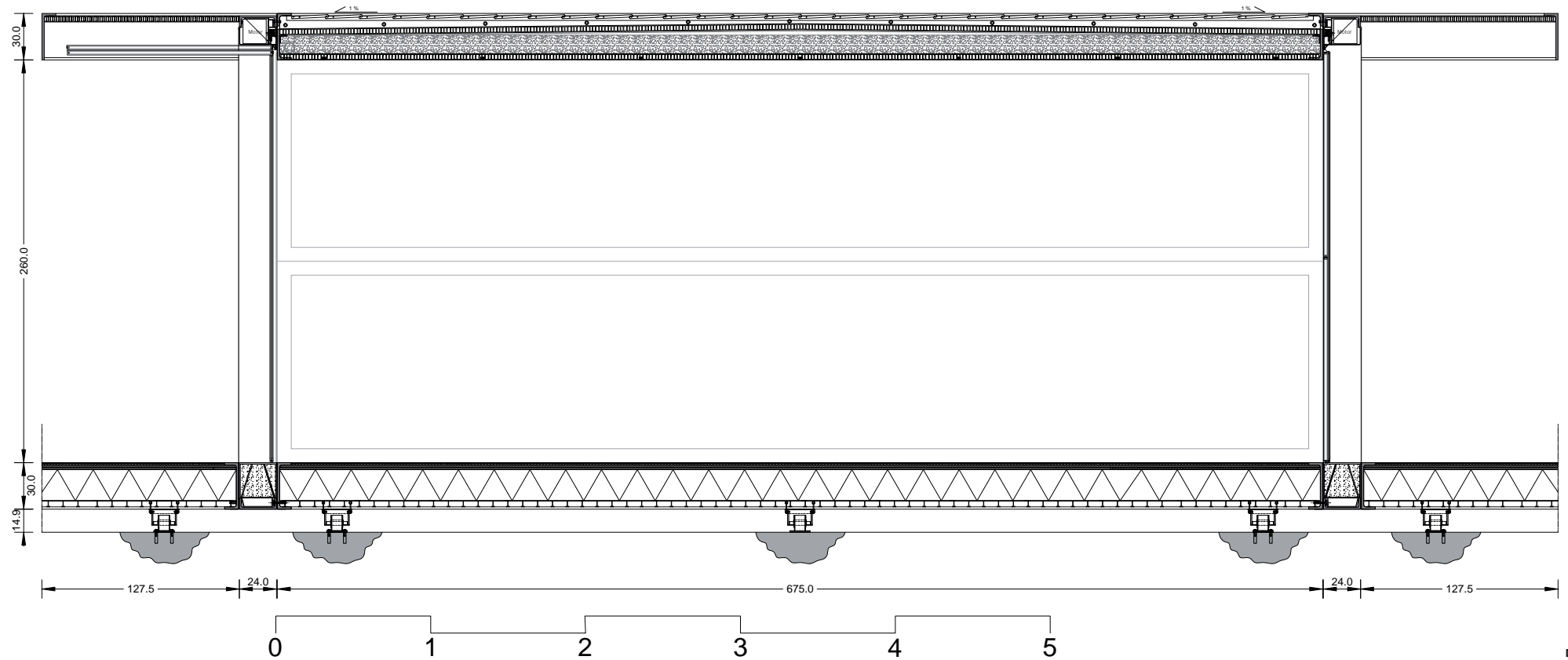




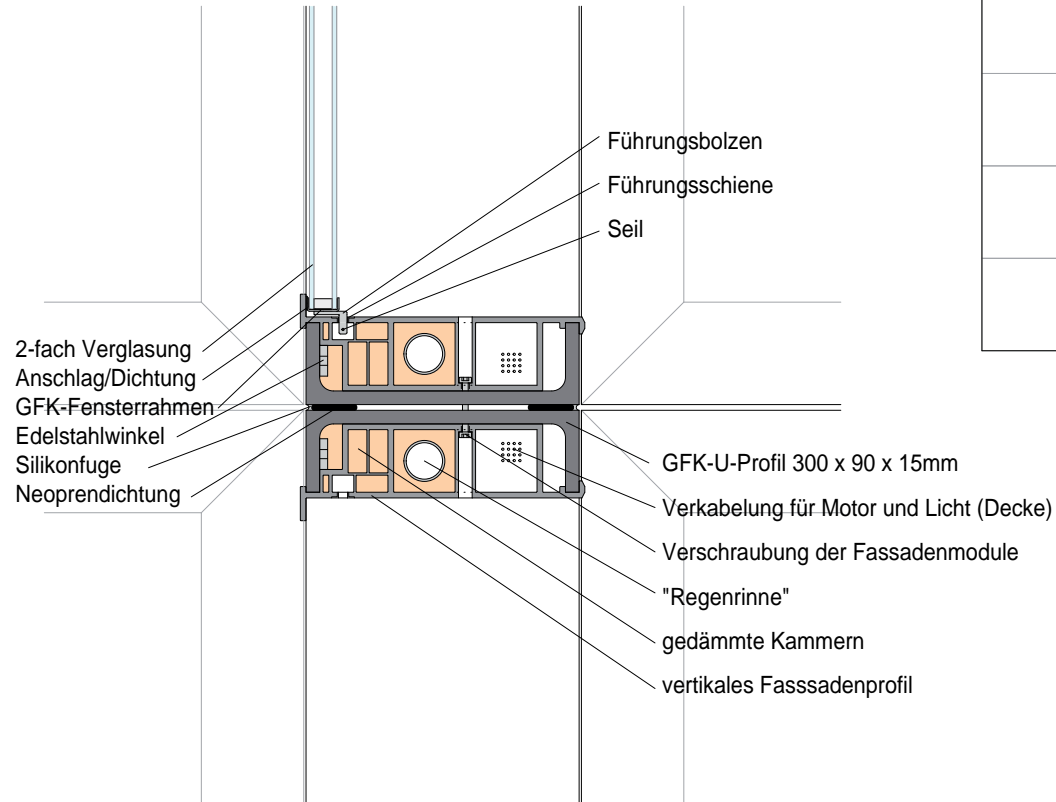
Schnitt A



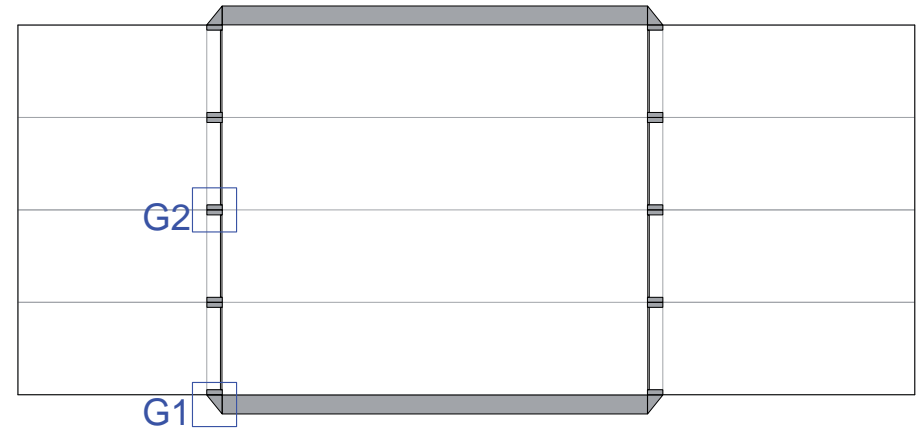
Schnitt B



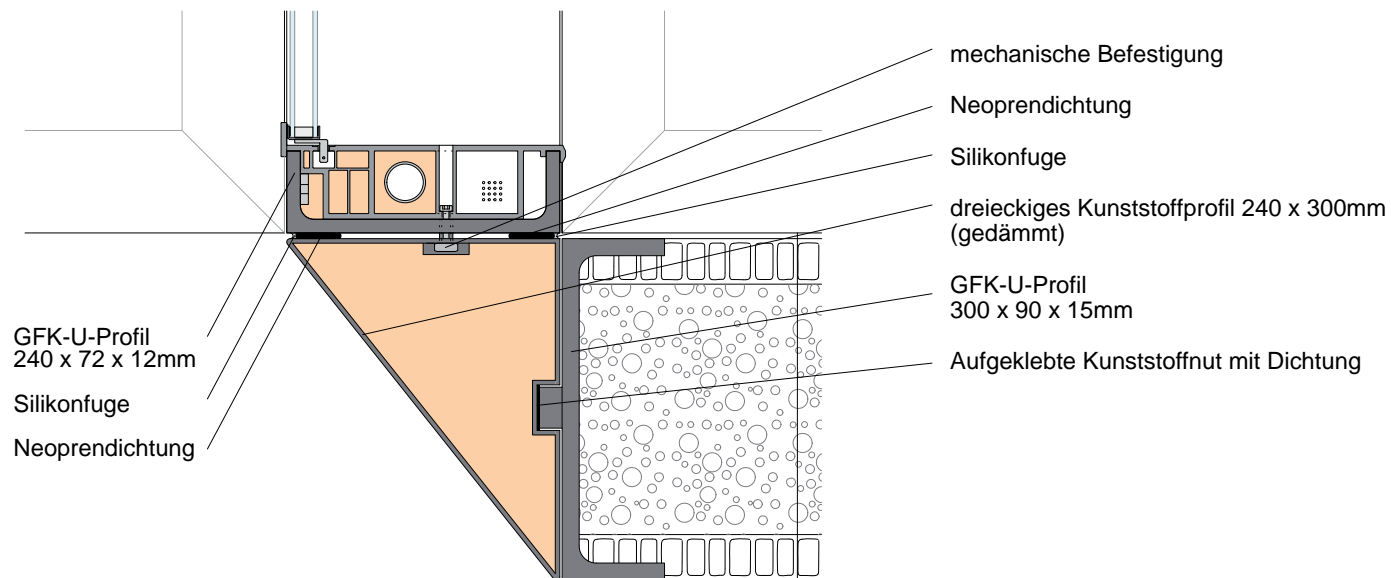
G2 - Anschluss Fassadenmodul-Fassadenmodul



Detailübersicht Grundriss



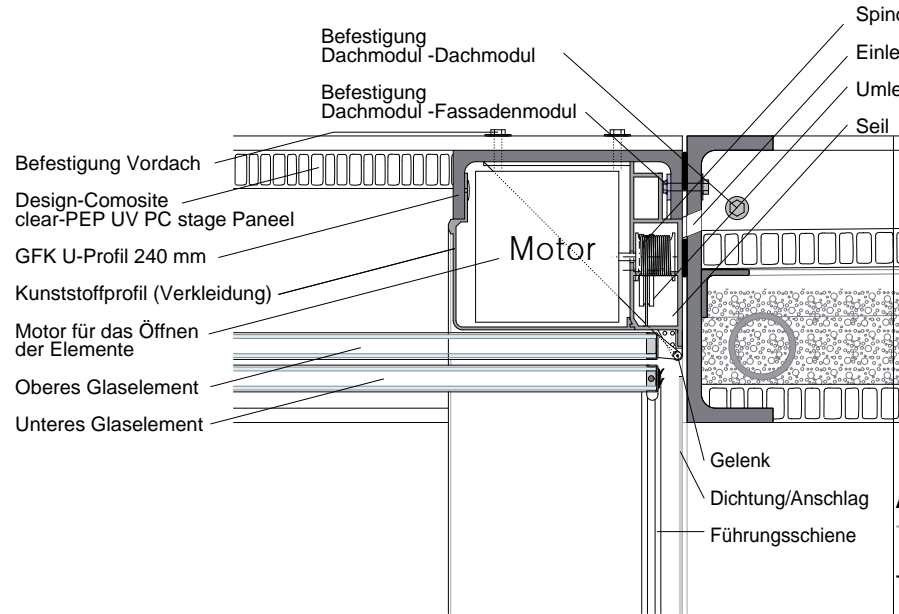
G1 - Anschluss Fassadenmodul-Wandmodul



Aufbau:

- Design Composite Paneele
clear-PEP® UV PC stage, 40 mm
- Polystyrol-Partikelschaum-Granulat
RigiBead® 035, 220 mm
- Design Composite Paneele
clear-PEP® UV PC stage, 40 mm

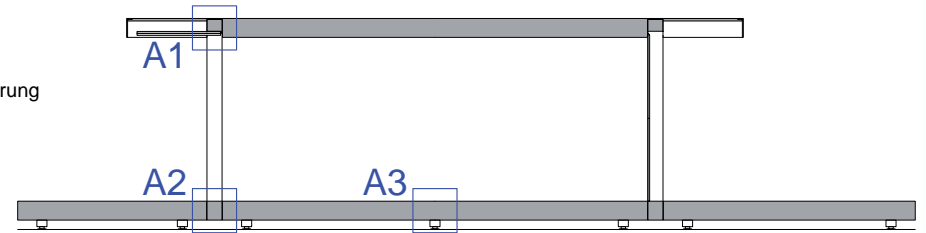
A1 - Anschluss Fassadenmodul-Deckenmodul



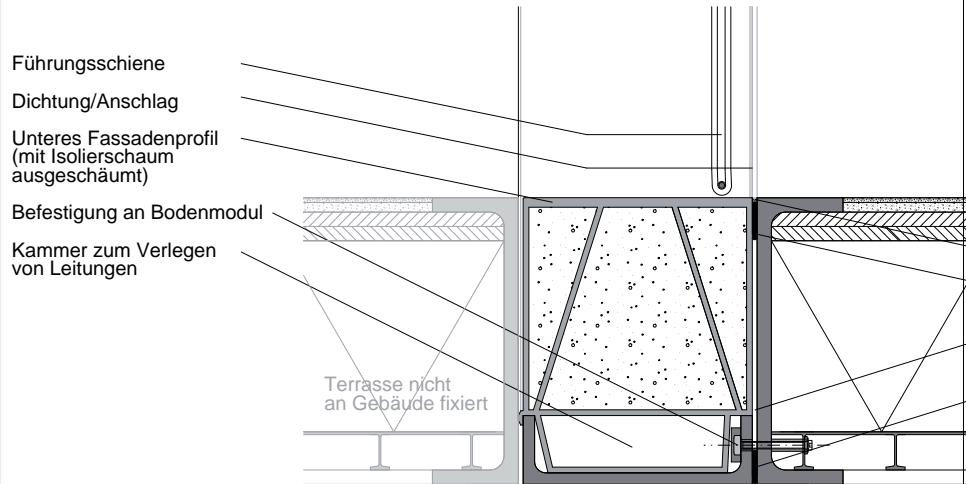
Aufbau:

- Schenkel von Fiberline U-Profil 300, o. A.
- drehbrahre Lammellen, geschlossen, 30 mm
- Luftschicht, 30 mm
- Design Composite Paneele clear-PEP® UV PC stage, 40 mm
- Luftschicht, 60-13,5 mm
- Aerogel-Granulat P400, 80 mm
- Design Composite Paneele clear-PEP® UV PC stage (LED-Leuchte Zumtobel Micro-Tools integriert), 40 mm

Detailübersicht Schnitt A



A2 - Anschluss Fassadenmodul-Bodenmodul



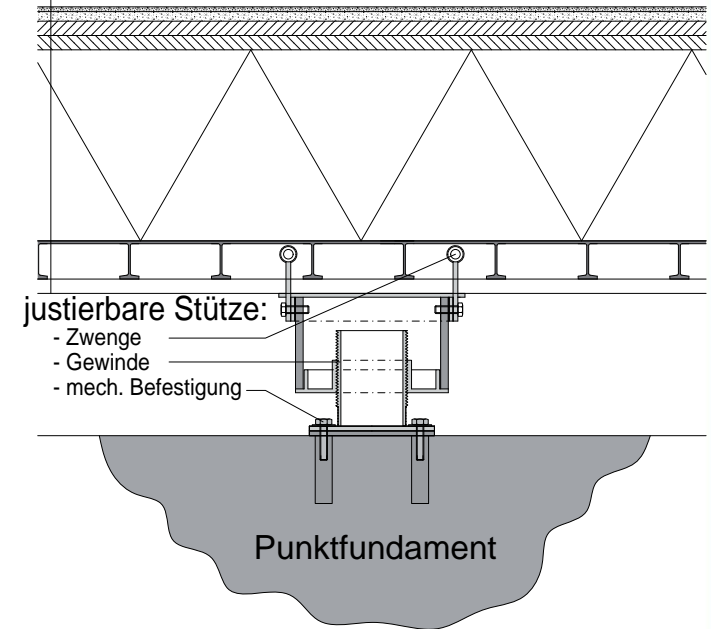
Aufbau:

- Kunstharz, 5 mm
- Kunstharz mit PCM, 10 mm
- 2 x druckverteilende Hartschaumplatten, à 15 mm
- Dämmung XPS, 200 mm
- Fiberline Planke MD, 40 mm
- Schenkel von Fiberline U-Profil 300, 15 mm

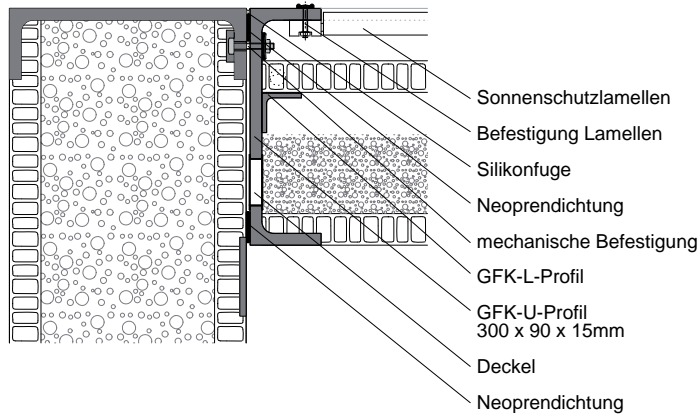
A3 - Bodenmodul

Aufbau:

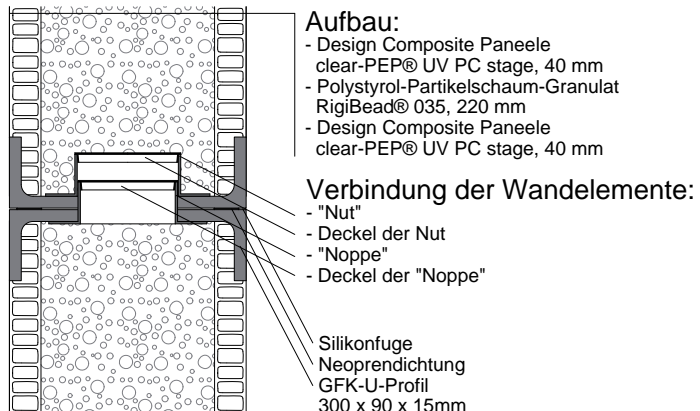
- Kunstharz, 5 mm
- Kunstharz mit PCM, 10 mm
- 2 x druckverteilende Hartschaumplatten, à 15 mm
- Dämmung XPS, 200 mm
- Fiberline Planke MD, 40 mm
- Schenkel von Fiberline U-Profil 300, 15 mm



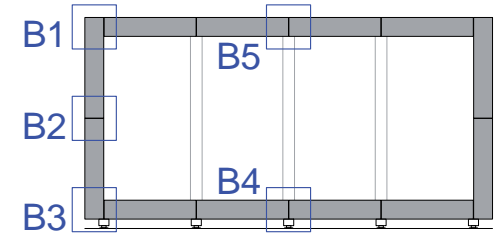
B1 - Anschluss Wandmodul-Deckenmodul



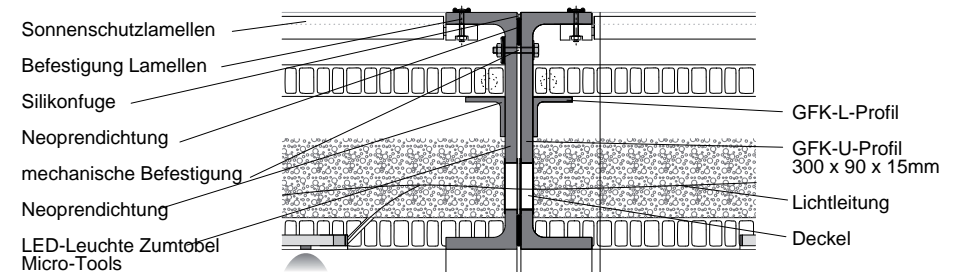
B2 - Anschluss Wandmodul-Wandmodul



Detailübersicht Schnitt B

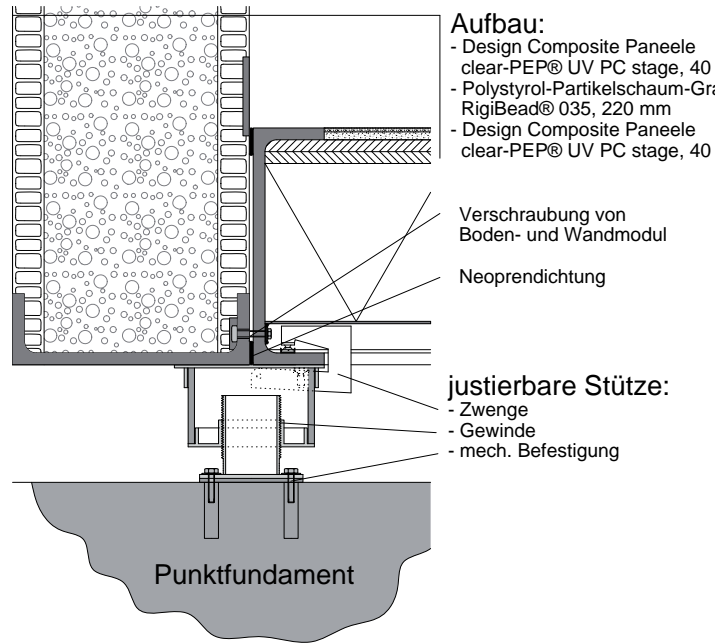


B5 - Anschluss Deckenmodul-Deckenmodul



- Aufbau:**
 - Schenkel von Fiberline
 U-Profil 300, o. A.
 - drehbrahe Lammellen,
 geschlossen, 30 mm
 - Luftschicht, 30 mm
 - Design Composite Paneele
 clear-PEP® UV PC stage, 40 mm
 - Luftschicht, 60-13,5 mm
 - Aerogel-Granulat P400, 80 mm
 - Design Composite Paneele
 clear-PEP® UV PC stage
 (LED-Leuchte Zumtobel
 Micro-Tools integriert), 40 mm

B3 - Anschluss Wandmodul-Bodenmodul



Ad B1

Das GFK-L-Profil wird mit einem Gefälle von rund 1% auf das U-Profil geklebt, um das Gefälle für die Entwässerung zu formen.

Ad B2

Durch „Nut“ und „Noppe“, welche auf die GFK-Profile aufgeklebt werden, lässt sich das eine Elemente auf das andere stecken. Die Öffnungen eignen sich dazu, die Einblasdämmung einzubringen, die Deckel verschließen sie.

B4 - Anschluss Bodenmodul-Bodenmodul

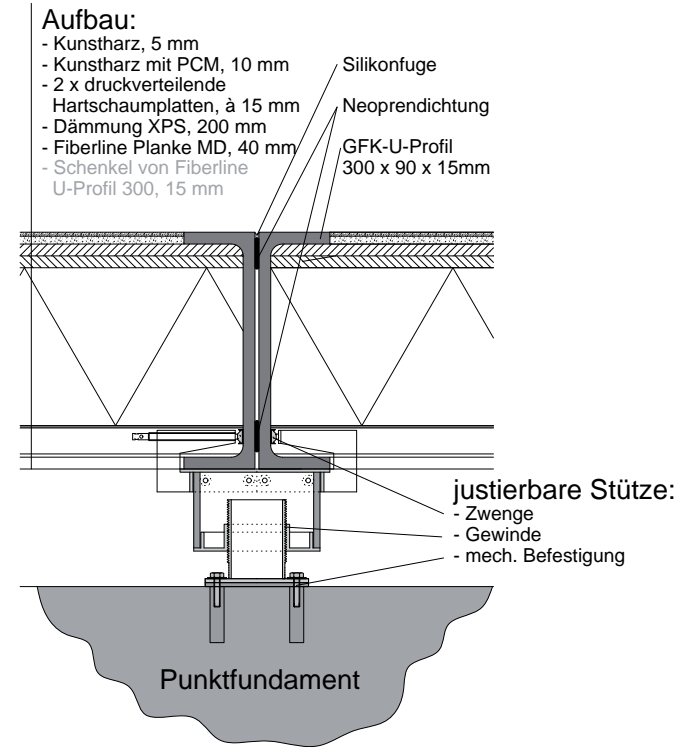
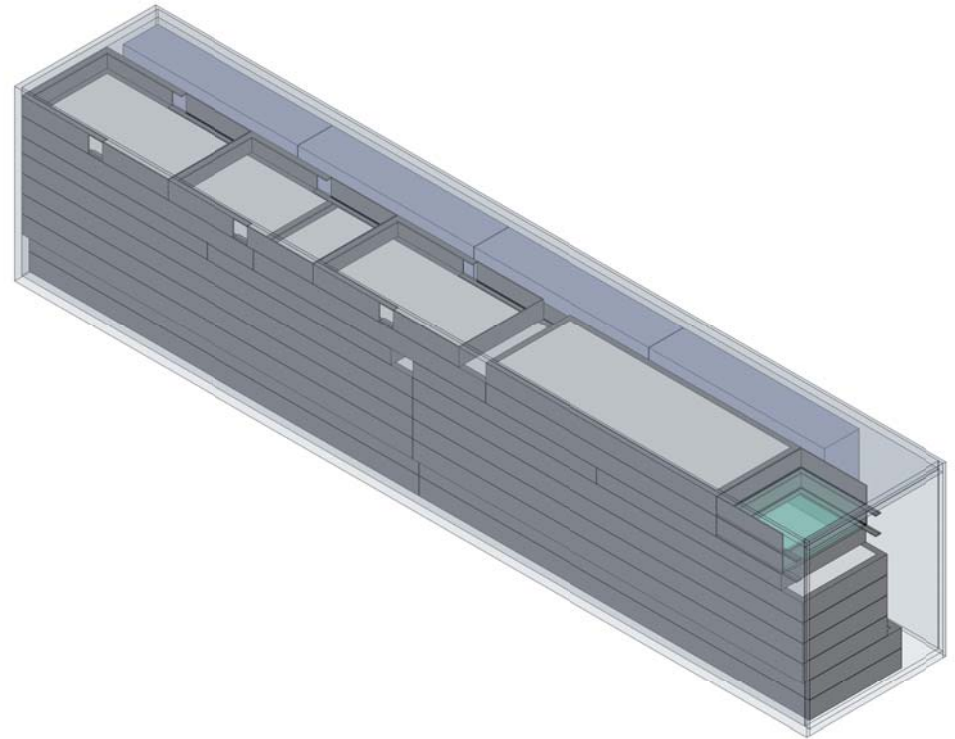


Abb. 4.2.3/1: ISO-Container 45' highcube als ,open-top-container'



Ladeschema der 40 m² Variante



4.2.3 Transport und Ladeschema

Es wurde bei den Dimensionen im Entwurf berücksichtigt, dass sich ein Standardgebäude mit knapp 40 m² samt vier Modulen (Wohnschlaf-, Bad-, Küchen-, Store-Heizmodul) und der Sitzgruppe in einem „45 Fuß High-Cube Container“ (in der Ausführungsvariante eines open-top-containers) verfrachten lässt. Dieser ISO-Container ist einer der größten Container die noch regulär per LKW auf europäischen Straßen transportiert werden dürfen und somit äußerst effizient.

4.2.4 Aufbau

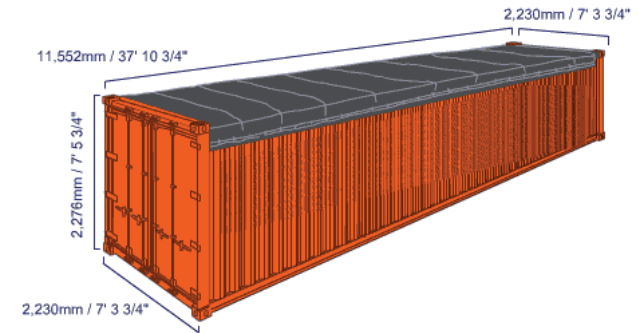
Das Gebäude wird zuerst in Sektionen „aufgebockt“ aufgebaut, wobei eine Gruppe mit zwei Fassadenmodulen, ein Deckenmodul und ein Bodenmodul vollständig ist. Die Verkabelung zwischen Decke, Fassade und Boden wird währenddessen eingezogen.

Nachdem diese Sektionen errichtet sind, werden sie passgenau aufeinandergepresst und fixiert.

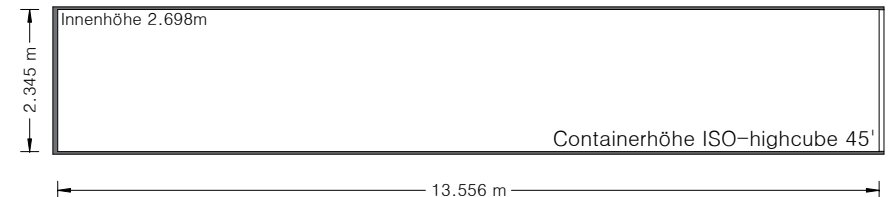
Nachfolgend werden die Steher montiert und in der Höhe richtig justiert. Im dritten Abschnitt werden die zwei zweiteiligen Wände an das Gebäude montiert, und die Verkabelung abgeschlossen. Ab diesem Zeitpunkt ist die Hülle statisch ausgesteift und funktionsfähig.

Letztendlich, falls vorhanden, werden Vordach, Lamellen und Terrasse montiert.

Abb. 4.2.3/2: ISO-Container 45' highcube als „open-top-container“



Abmessungen ISO-Container 45' highcube



4.2.5 Energiekonzept

4.2.5.1 Solarthermie als unterstützendes Heizsystem

Die Dachmodule sind mit einem transluzenten Aerogel-Granulat (s. 3.2.6.4 Aerogel) befüllt, und lassen die Sonnenenergie zum Teil durch, welche den Boden als Speichermasse aktivieren kann.

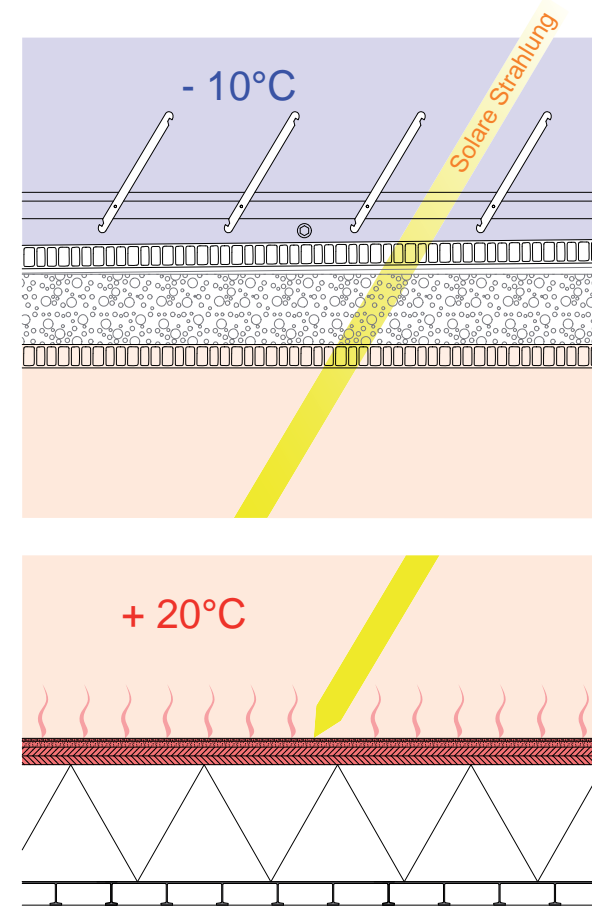
Dieses TWD-System (TWD bedeutet transparente Wärmedämmung [müsste eigentlich transluzente WD heißen - Anm. d. Verf.]) ist dem Direktgewinnsystem ähnlich, bei dem das Sonnenlicht direkt in den Raum eintritt und in den Raumoberflächen in Wärme umgewandelt wird.²⁵

²⁵ Kerschberger 1996, 20.

In den wärmeren Jahreszeiten ist dies nicht immer erwünscht, deshalb sind auf den Dachmodulen die Lamellen angedacht, welche auch die Verdunkelung des Raumes ermöglichen. Da das Gebäude großteils aus Kunststoffen besteht, hat es den Nachteil einer geringen Speichermasse, wobei man sich aber mit Latentwärmespeicher behelfen kann.

Der große Vorteil von PCM (Anm.: Phase Change Materials, Latentwärmespeicher) gegenüber anderen Speichermassen ist, dass sich über das Schmelzen und Gefrieren wesentlich mehr Wärme speichern lässt als über die gewöhnliche Wärmespeicherung bei der Erwärmung eines Bauteils. Aufgrund der hohen Speicherfähigkeit lässt sich mit wenig Material eine große Speicherwirkung erreichen. So

Solares Energiekonzept der Hülle



hat zum Beispiel eine 1,5 cm starke PCM-Gipskartonplatte die gleiche Wärmespeicherung wie 17 cm Stahlbeton. Diese Eigenschaften machen PCM zu einer sinnvollen Ergänzung von leichten Bauteilen. Die Verarbeitung als Innenputz, Gipskartonplatten oder Deckenelemente macht sogar den nachträglichen Einbau in Bestandsgebäuden möglich.²⁶

Deshalb ist in der finalen, aus Kunstharz bestehenden, Oberfläche des Bodenmoduls PCM-Granulat integriert, um eine effektive Speichermasse zu erhalten. (siehe auch 4.2.8.5)

Die Transluzenz des Daches erzeugt auch ein spannendes Raumklima und reduziert nebenbei auch die Stromkosten durch den geringeren

26 Hofer et al. 2009, 16

Bedarf an künstlichem Licht.

Nach Kerschberger scheinen TWD-Systeme durchaus Marktchancen zu haben, und waren schon 1997 (Erscheinungsjahr des Buches) einer konventionellen Wärmedämmung überlegen. Dennoch müsse man Energie- und Wirtschaftlichkeitsrechnungen tätigen, denn im Gegensatz zu opaken Systemen sind Allgemein- aussagen zur Wirtschaftlichkeit nicht möglich.²⁷

27 Kerschberger, 1996, 216.

Abb. 4.2.5.1/1: Unterschiedliche TWD-Strukturen

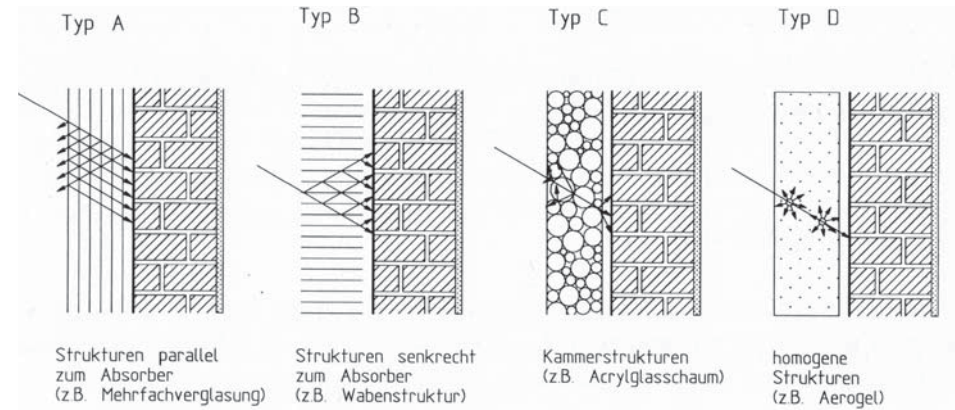
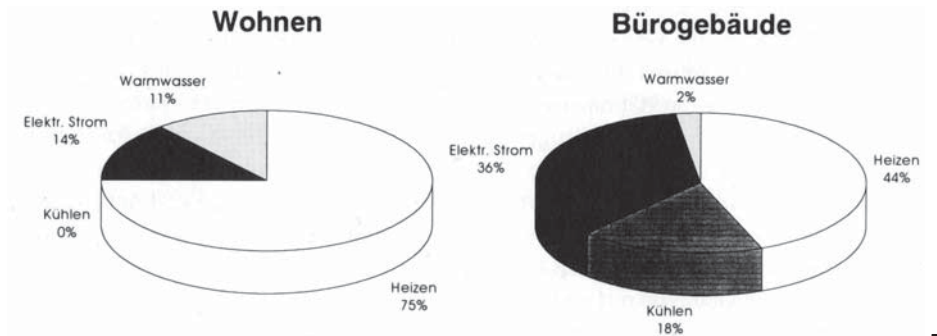


Abb. 4.2.5.1/2: Anteile unterschiedlicher Verbrauchsbereiche am Gesamtverbrauch für typische Büro- und Wohngebäude



4.2.5.2 Elektrizität

Da die Möbel beweglich sind, sind natürlich zu viele Kabel oder Leitungen am Boden störend, respektive schränken sie ihre Mobilität ein. Deshalb sind die Küche und das Badmodul, die ja bekanntlich viele davon besitzen, an den Seitenwänden des Gebäudes arrangiert. Die Steckdosen befinden sich an den Seitenwänden, beziehungsweise sind in den Bodenmodulen „C7-Buchsen“ eingelassen, welche aus der Unterhaltungselektronik bekannt sind, die aufgrund der Größe die Mobilität nicht stören. Für diese Buchse wurde ein spezieller Schuko-Verteiler entwickelt, der mittels eines passenden „C8-Steckers“ auch für andere Kaltgeräte nutzbar wäre.

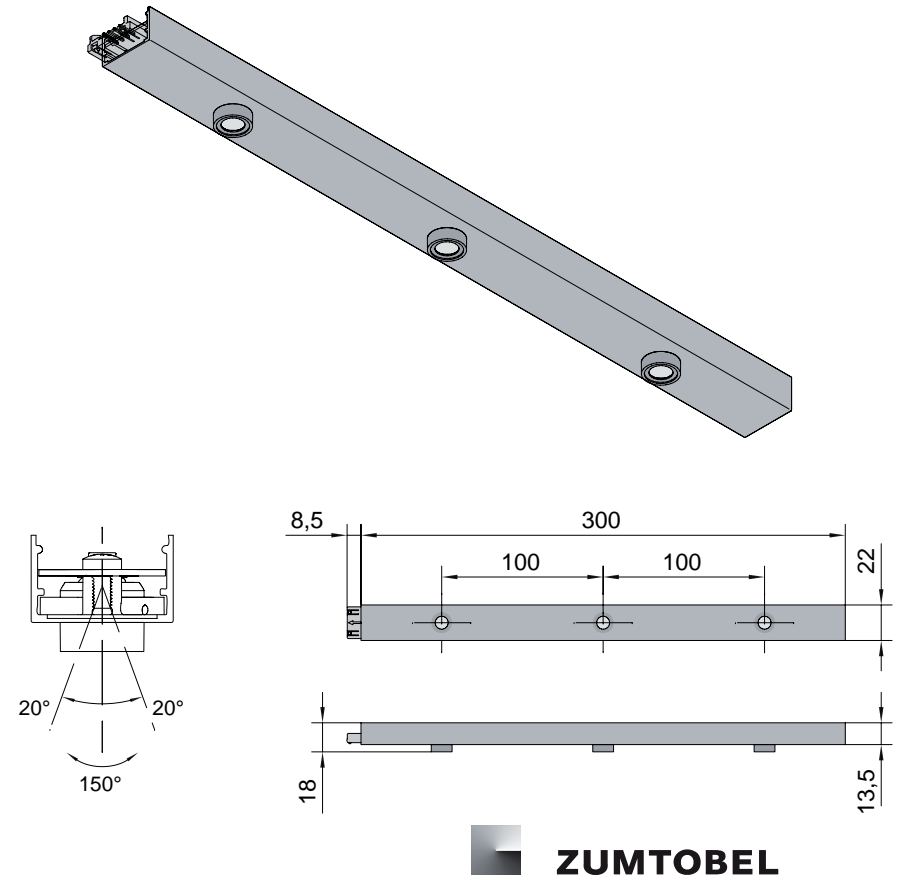
4.2.5.3 Künstliche Beleuchtung und Beschattung

Tagsüber ist das Gebäude meist durch die zwei Glasfassaden und der transluzenten Decke mit Licht durchflutet. Wenn es zu hell wird kann man die Deckenmodule über die Lamellen und die Glasfassaden, welche über LC-Gläser (liquid crystal-Gläser, die bei geringer elektrischer Spannung transparent sind und sobald man sie abdrehet, opak werden) verfügen, per Knopfdruck verdunkeln und somit Privatsphäre schaffen.

Die Grundbeleuchtung bei Dunkelheit wird mit LED-Lichtmoduleisten (Referenzleuchte Microtools der Firma Zumtobel) erreicht, die in die Deckenmodule bündig integriert sind, um die Möbel nicht zu blockieren.

Um den Nachweis zu erbringen, dass man die nötigen Lux schon mit solch schlanken LED-Leisten erreichen

Abb. 4.2.5.3/1: Grafiken des modularen LED-Lichtsystems „Microtools“ (Fa. Zumtobel)



kann, wurde im DIALux (eine Lichtberechnungssoftware der Fa. Zumtobel) eine Lichtberechnung gemacht.

4.2.6 Entwässerung

Jedes Dachmodul besitzt seine eigene Entwässerung. Da die finale Oberfläche zweifach gekrümmt ist, gibt es auf allen vier Ecken eine kleine Regenrinne. Die vertikalen wärmege-dämmten Leitungen sind in den Fassadenelementen integriert. Ob das Wasser aufgefangen und abtransportiert, oder einfach unter dem Gebäude versickert, müsste man von Fall zu Fall entscheiden. Aus ökologischer Sicht wäre letzteres sinnvoller.

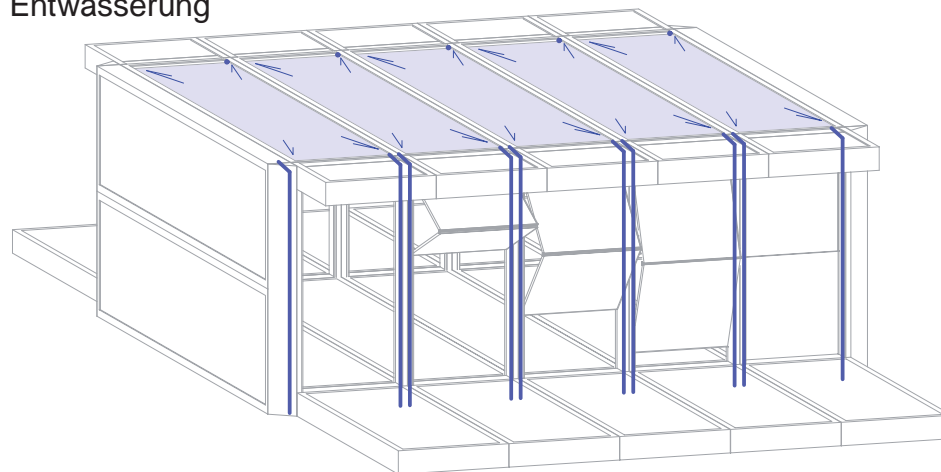
4.2.7 Verkabelung

Zwischen den einzelnen Modulen der Hülle muss es auch Möglichkeiten der Verlegung bzw. Leerverrohrungen für diverse Kabel geben.

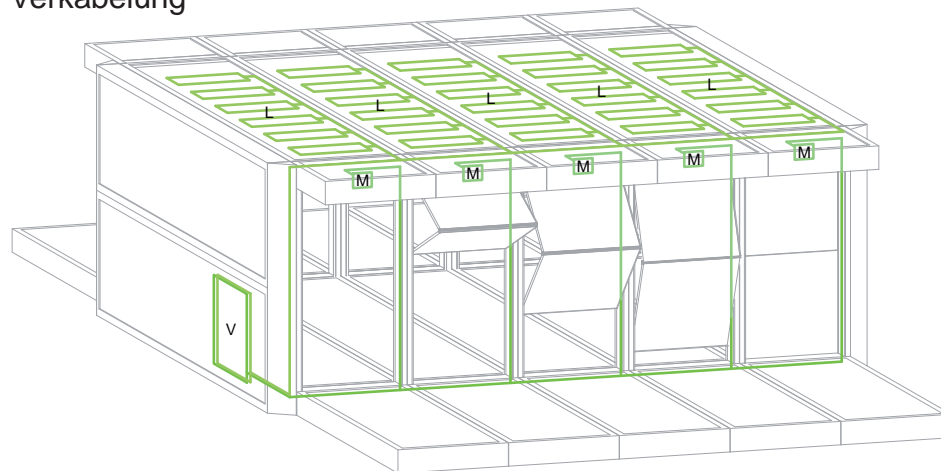
Im Dachbereich lassen sich die Kabel sehr leicht in der Dämmebene führen und können von Dachmodul zu Dachmodul durch eine abgedichtete Öffnung verlegt werden.

Die Fassadenelemente besitzen alle im Bodenbereich eine horizontale Leerverrohrung, um die Stromkabel für die Versorgung des E-Motors und der verdunkelbaren Fassade bzw. der Stromanschlüsse im Bodenmodul zu verlegen.

Entwässerung



Verkabelung



4.2.8 Materialien und Bauteile

4.2.8.1 Kunststoff

Da der Großteil des Projektes mit diversen Kunststoffen entwickelt wurde und der Stand des Materials durch einige Kampagnen und Dokumentationen kein guter ist, sehe ich mich zu diesem überblicksartigen Materialteil verpflichtet.

Die Entscheidung Kunststoff zu verwenden, war eine rein rationale und ökologische. Die Hülle benötigt Materialien, die einige Meter überspannen können und leicht für die Anlieferung, den Transport und den Aufbau sind. Eine möglichst geringe Energiebilanz und die Möglichkeit die Bauteile mit geringem Aufwand zu recyceln waren auch sehr wichtige Kriterien.

Diverse Kunststoffe können all diese Vorgaben mit Bravour meistern. Es gibt Biokunststoffe die aus Holzabfallstoffe gewonnen werden, wie die Firma Arboform eindrucksvoll beweist. Was ist ökologischer als aus einem eigentlichen Abfallprodukt - Lignin, ein bisher ungenutztes Nebenprodukt der Papierindustrie - ein hochwertiges Material herzustellen?

Abb. 4.2.8.1/1: Leuchte ‚Greenlantern‘ aus Arboform



4.2.8.2 GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff)

Glasfaser-Polymer-Composites werden als das Material des 21. Jahrhunderts beworben.

Die Hauptgründe für diese Aussage sind wie folgt: (1) die höhere Reißlänge und Steifigkeit als konventionelle Materialien; (2) bessere Dauerfestigkeit und Energieabsorption; (3) höhere Beständigkeit gegenüber Korrosion, Feuer, Mikroorganismen, Insekten und anderen Schädlingen; und (4) geringere Installations- und Instandhaltungs- und Wartungskosten.

In der letzten Zeit haben Wissenschaftler das Hauptaugenmerk auf Windmühlenrotorblätter, Masten, Planken, Brücken für Fahrbahnen oder Röhren gelenkt.²⁸

²⁸ Vgl. J. Beach/J. Cavallaro, zit. n. GangaRao, 2011, 565-567.

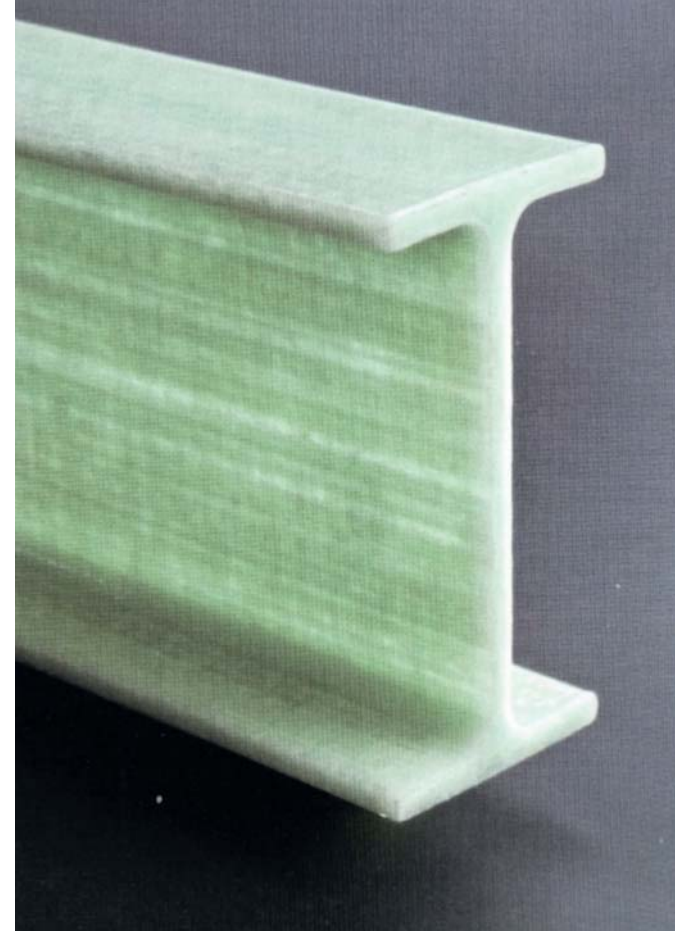
Die Tragstruktur besteht aus - ganz allgemein - glasfaserverstärktem Kunststoff. Es ist ein Compound aus Glasfasern und einer Matrix - einem Kunststoff -, wobei man für diese Zwecke Duroplaste (auch Duromere genannt) und Thermoplaste (auch Plastomere genannt) einsetzt. Duroplaste können weit druckfester und formstabiler sein als Thermoplaste. Die Fasern dienen zur Verstärkung des Verbundwerkstoffes und sorgen für Festigkeit und Steifigkeit.

Die GFK-Träger werden üblicherweise im Pultrusionsverfahren, bei denen sie als ‚Endlosprofile‘ produziert werden, hergestellt.²⁹

Thermoplaste lassen sich - wie bereits erwähnt - thermo-plastisch bei einer

²⁹ Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters, 2010, 48-57.

Abb. 4.2.8.2/1: I-Profil aus GFK



bestimmten Temperatur formen und verformen. Dieser Prozess ist reversibel, was bedeutet, man kann dem recycelten Material mit geringem energetischem Aufwand jede beliebig neue Form geben. Ein weiteres Charakteristikum, das die Thermoplaste von den Duromeren unterscheidet, ist ihre Schweißbarkeit.³⁰

Im Vergleich dazu lassen sich Duroplaste aufgrund ihrer molekularen Struktur nicht aufschmelzen, was dazu führt, dass sie hitzebeständiger sind, aber sich leider nicht wieder einschmelzen lassen.

³⁰ Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters, 2010, 32-48.



Abb. 4.2.8.2/2: Errichtung einer Brücke mit GFK als Tragstruktur

Abb. 4.2.8.2/3: Bauteilherstellung im Pultrusionsverfahren



4.2.8.3 Design Composite Paneele

Kunststoffe können mittels einigen konstruktiven Tricks in ziemlich robuste, flächige Bauteile umgewandelt werden, wie die im Projekt eingeplante transluzente Clear-PEP Paneele. Sie ist ein dreischichtiges Verbundpaneel wobei in der Mitte eine Wabenstruktur für Stabilität, Steifigkeit, Leichtigkeit und durch die eingeschlossenen Luftschichten auch für gute Dämmeigenschaften sorgt.³¹

Die einfärbbaren Deckschichten bestehen aus PC (Polycarbonat) oder PMMA (Acrylglas) und können transparent oder satiniert produziert werden.

Sie ist auch als UV- und witterungsbeständige Variante verfügbar, wobei bei letzterem die Kanten vor

möglicher eindringender Feuchtigkeit geschützt werden müssen.³²

³¹ Vgl. <http://www.design-composite.at>.

³² Vgl. Engelsmann/Spalding/Peters, 2010, 72f.

Abb. 4.2.8.3/1: Clear-PEP Paneel



Abb. 4.2.8.3/2: Clear-PEP Paneel



4.2.8.4 Aerogel

Aerogel ist ein poröses Nanoprodukt, das zu den höchstdämmenden Materialien zählt. Es lässt sich als ein sehr transluzentes Material herstellen, und kann daher sehr effektiv in der Solarthermie eingesetzt werden, da das Material durchlässig gegenüber Sonnenenergie ist, aber hochwärmedämmende Eigenschaften besitzt. Dieses Produkt lässt sich aus allen Materialien, darunter Polymere - meist Kunststoffe - und Silikate fertigen, die sich in einem Sol-Gel-Prozess verarbeiten lassen.

Es ist ein offenzelliger, mesoporöser [Porengröße zwischen 2 und 50 nm], solider Schaum, der aus einem Netzwerk von miteinander verbundenen Nanostrukturen besteht. Es erreicht seinen geringen Wärmedurchgangskoeffizient durch die geringe Porengröße, welche im Nanometerbereich

liegt. Der U-Wert liegt bei ca. 0,018 W/(m²·K) bei einer Raumtemperatur von 25°C. Der Aufwand zur Herstellung nanoporöser Gelmatten ist nach Angabe eines Produzenten 56 MJ/m² (entspricht einer 10 mm dicken „Spaceloft“ [Anm.: ist eine Hochleistungs-Dämmstoffmatte]). In Relation zur Dämmleistung ist der Aufwand an energetische Ressourcen zur Herstellung von Aerogel-Dämmplatten etwa äquivalent mit jenem von expandiertem Polystyrol oder etwa halb so groß wie bei Schaumglas.³³

³³ Vgl. Starzner, www.wecobis.de.

Abb. 4.2.8.4/1: Aerogel



Abb. 4.2.8.4/2: Aerogel-Granulat



4.2.8.5 PCM-Granulat

PCM bedeutet Phase Change Materials, zu Deutsch Phasenwechselmaterialien. Es ist ein Latentwärmespeicher, und simpel formuliert, funktioniert er wie ein Akku, nur dass Wärme gespeichert wird.

Schon vor 2000 Jahren haben die Römer begonnen Keramikfliesen am Fußboden zu verlegen, um die Wärme der Hypokausten zu speichern. Selbst wenn das Feuer aus war blieben die Räume für mehrere Stunden warm.

Ungeachtet dieses Wissens spielten für viele Menschen in den letzten Jahrhunderten Wärme- und Kältespeicherung keine wichtige Rolle. Dies änderte sich während der industriellen Revolution in der sich Gefrierschränke, Heizungen und Warmwasser bereits im Wohnstandard

etablierten. Heutzutage erfordert der Energiebedarf einen nachhaltigeren Umgang mit der Speicherung von Wärme/Kälte, was mit den Latentwärmespeichern sehr effektiv möglich ist.³⁴

Als PCM eignen sich die Materialien, bei denen der Phasenübergang, vom festen in den flüssigen Zustand und umgekehrt, im erwünschten Temperaturbereich liegt.³⁵ Sehr gängig sind aus diesem Grund Paraffine und Salzhydrate.

Die Latentwärmespeicher werden als PCM (reines nicht gebundenes Material, PCM composite materials (z.B. Latentwärmepulver, oder -granulat) und als ummanteltes, gebundenes Compound produziert.³⁶

³⁴ Vgl. Mehling/Cabeza, 2008, VII-VIII.

³⁵ Vgl. Mehling/Cabeza, 2008, 11f.

³⁶ Vgl. Mehling/Cabeza, 2008, 41.

Abb. 4.2.8.5/1: Systeme mit und ohne PCM, rechts mit einer höheren, besseren Schmelztemperatur, da die Temperaturspitzen besser gedreht werden.

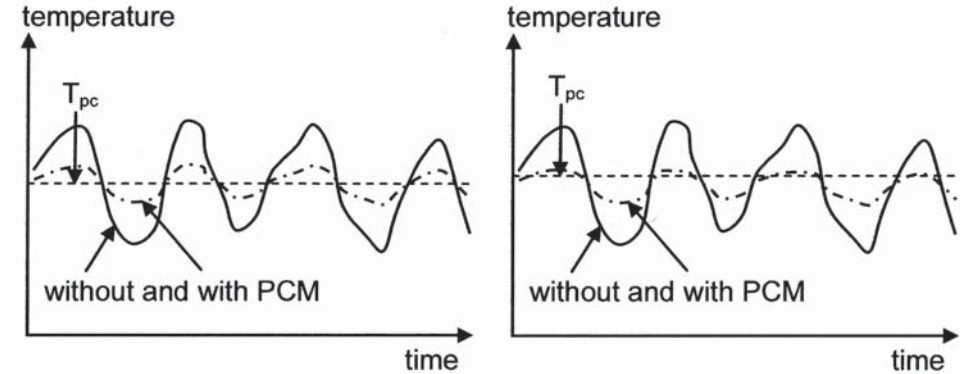


Abb. 4.2.8.5/2: Phasenübergangstemperaturen pro Volumen (Würfel) und pro Masse (Raute) von kommerziellen PCM

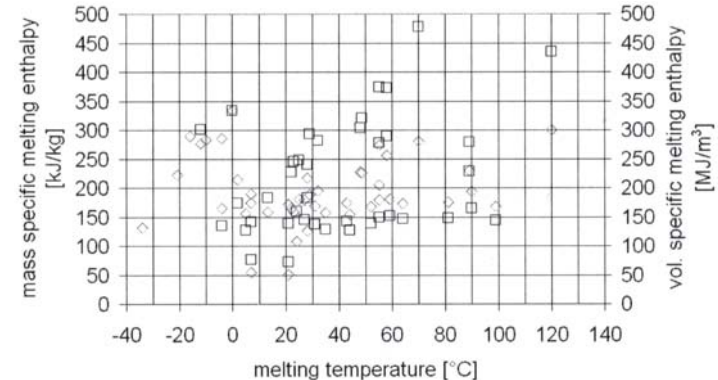


Abb. 4.2.8.5/3: PCM (Natriumnitrat) als Granulat



Neben Baumaterialien können auch Bauteile mit PCM ausgestattet werden.³⁷

reagieren.³⁸

Im angewandten System, wo das PCM-Produkt als Latentwärmecompound (Referenzprodukt Rubitherm PK) verbaut wurde, wird der Phasenübergang vom festen in den flüssigen Zustand und umgekehrt ausgenutzt. Dieses Speichermedium vermag selbst bei geringen Temperaturschwankungen große Wärme- und Kältemassen über einen längeren Zeitraum zu konservieren und wieder in den Raum abzugeben.

Der Hersteller kann die Schmelztemperatur des Produkts zwischen 6 und 43 Grad Celsius sehr genau definieren, dadurch kann man auf äußere und bauliche Bedingungen optimal

³⁷ Vgl. Mehling/Cabeza, 2008, 241.

³⁸ Vgl. Rubitherm Technologies GmbH

Abb. 4.2.8.5/4: Äquivalente Stärken anderer Materialien gegenüber 1 cm PCM hinsichtlich der Speichermasse

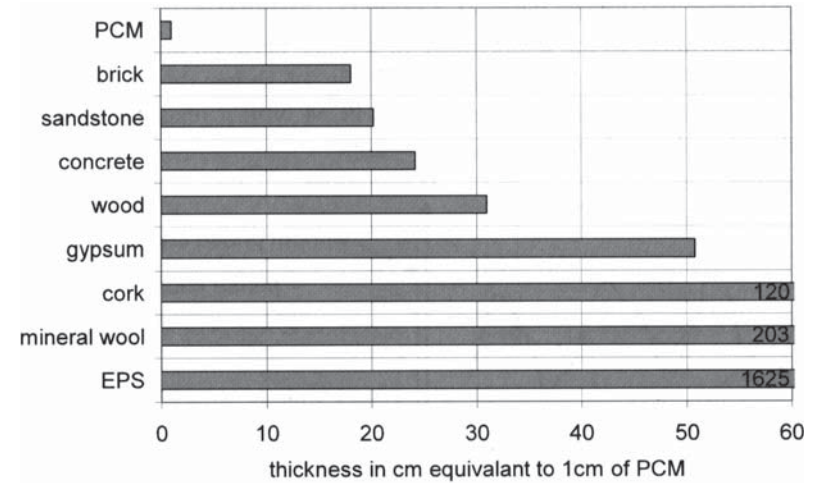
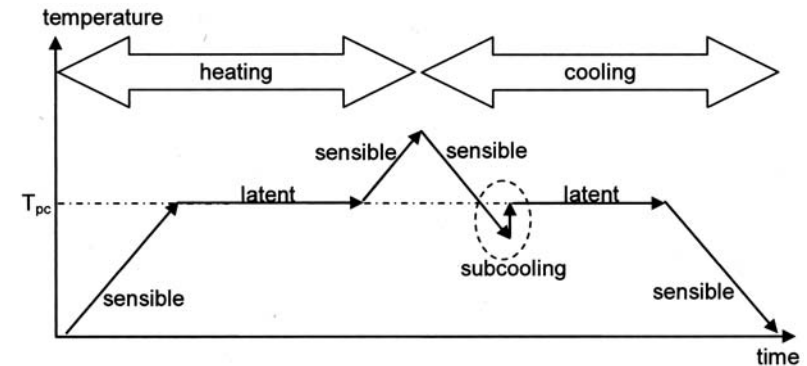
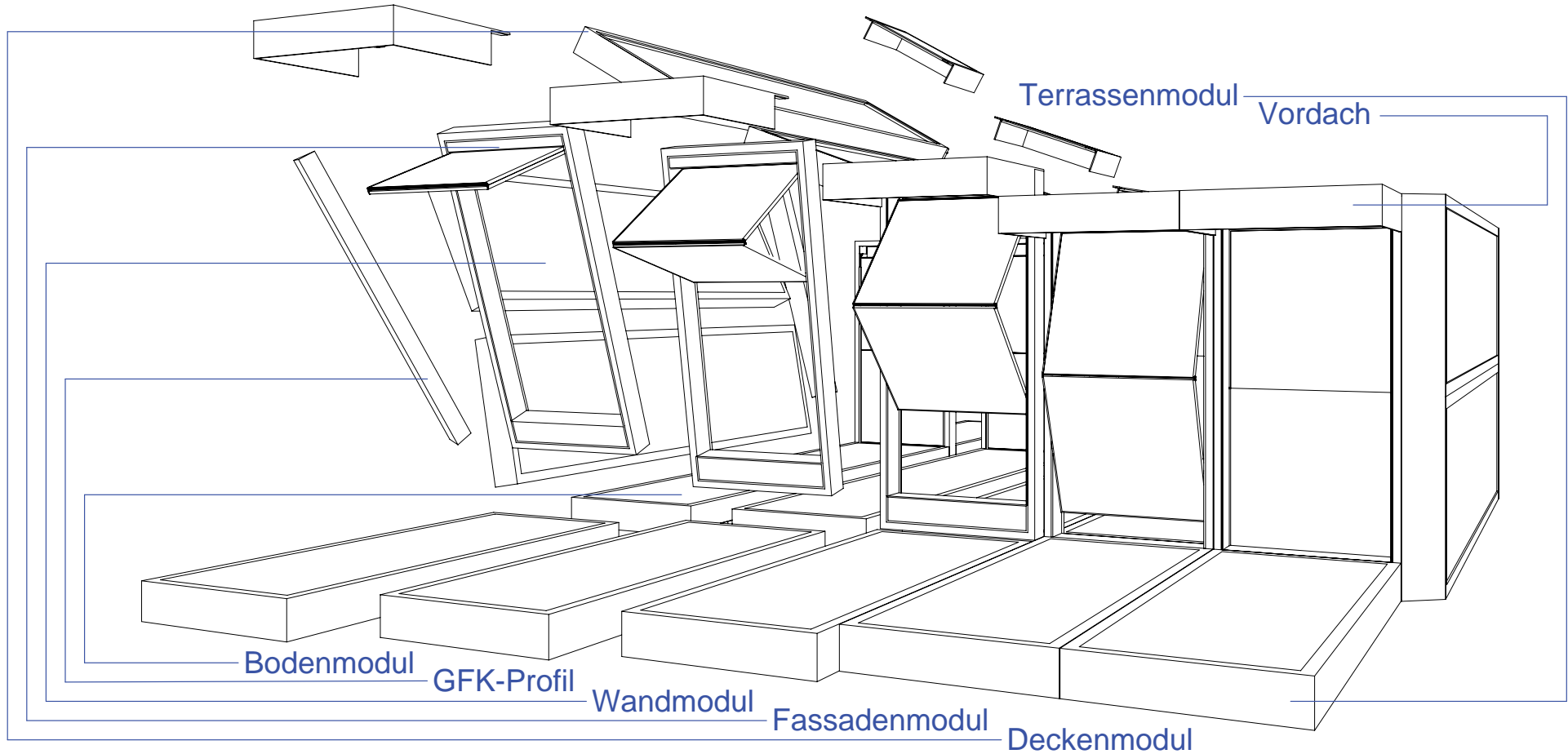


Abb. 4.2.8.5/5: Schematische Temperaturänderungen des PCM in den Phasenübergängen



Modulübersicht

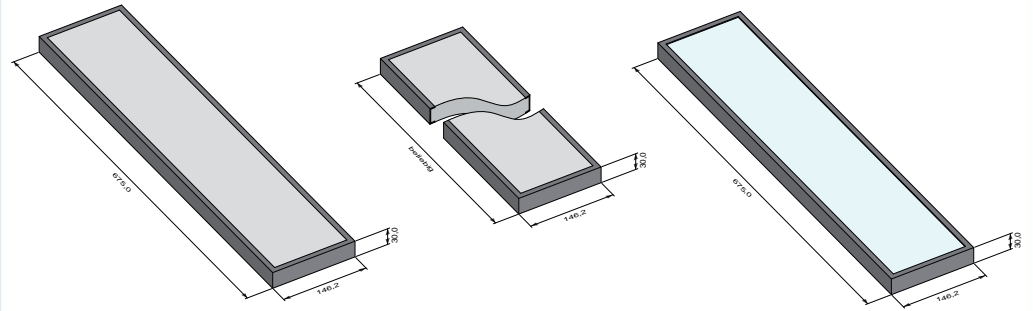


4.2.9 Modularer Aufbau

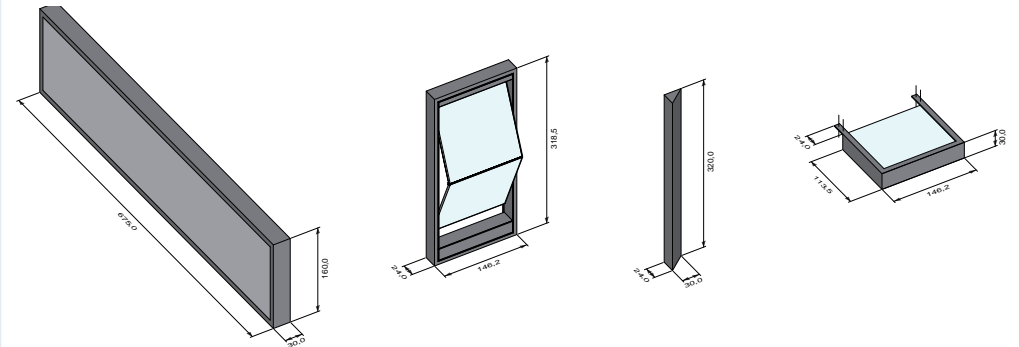
In diesem Kapitel wurde noch einmal in einer Schnellfassung der Aufgaben und Funktionen der einzelnen Bausteine der Hülle formuliert, um die komplexe Aufgabenverteilung besser übermitteln zu können.

Auf der oberen Seite wurde illustriert, wie sich die Module zusammensetzen. Die Grafik zeigt auch, dass man die Größe des Gebäudes durch den modularen Aufbau sehr leicht verändern kann, da es nicht sehr viele Bausteine gibt.

Boden- Terrassen- und Dachmodul (ohne Lamellen), (v. li. n. re.)



Wand- Fassaden- Fassadeneckmodul und Vordach, (v. li. n. re.)



4.2.9.1 Dachmodul

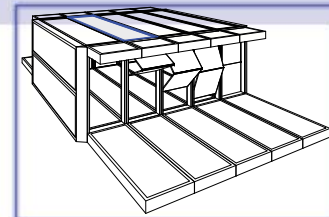
Als Dach besitzt es die Aufgaben, die Innenräume vor der Witterung und anderen Umwelteinflüssen zu schützen. Weiters kann man mit diesem transluzenten Bauteil die natürliche Lichtsituation über die Lamellen regeln. Die Grundbeleuchtung erfolgt durch bündig mit der Unterkante versenkte LED-Lichtleisten.

Um die Schiebbarkeit der raumhohen Möbel zu gewährleisten, muss die Unterkante plan sein und darf keine Höhengsprünge, Unterzüge oder dergleichen aufweisen. Die GFK-Rahmen (siehe unter 4.2.8.2) funktionieren als integrierte Träger, die zwei Design Composite Paneele (siehe unter 4.2.8.3) sorgen für die Decken-Aussteifung. Obwohl diese Verbundpaneele laut dem Hersteller UV-beständig sind, wäre an der finalen Oberfläche eine transparente Fo-

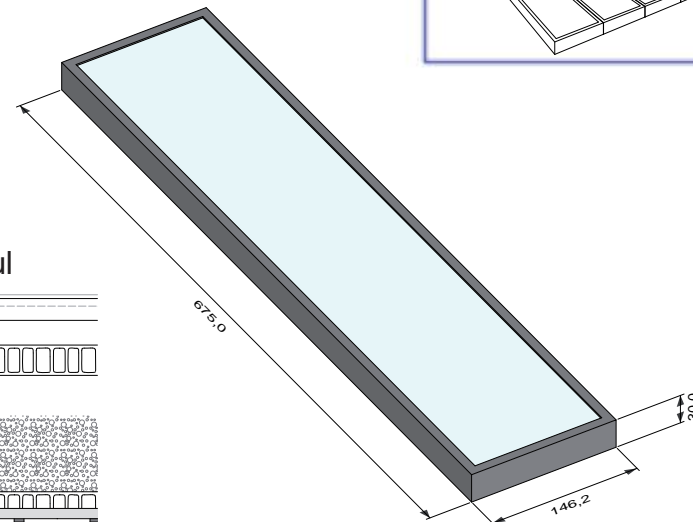
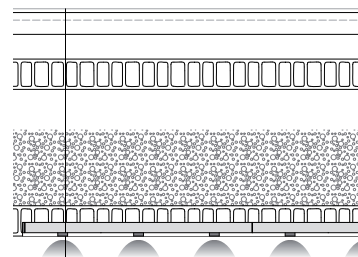
lie ein sinnvoller Schutz, der die Lebenserwartung des Bauteiles sicher verlängern würde.

Weiters muss das Objekt wie alle anderen Module recyclebar und aus diesem Grund zerlegbar sein, da es aus zwei verschiedenen Kunststoffen besteht. Das Aerogel-Granulat, das bei der Herstellung des Moduls eingeblasen wurde, kommt aus dem selbigen Weg wieder heraus und kann zur Gänze wiederverwendet werden.

Axonometrie Dachmodul



Aufbau Dachmodul



Aufbau:

- Schenkel von Fiberline U-Profil 300, o. A.
- drehbrahre Lamellen, geschlossen, 30 mm
- Luftschicht, 30 mm
- Design Composite Paneele clear-PEP® UV PC stage, 40 mm
- Luftschicht, 60-13,5 mm
- Aerogel-Granulat P400, 80 mm
- Design Composite Paneele clear-PEP® UV PC stage (LED-Leuchte Zumtobel Micro-Tools integriert), 40 mm

U-Wert Dachmodul (aufg. des G-Werts mit geschlossenen Lamellen berechnet): 0,17 W/m²K

Gewicht pro Modul: ~475 kg
exkl. Lamellen

4.2.9.2 Wandmodul

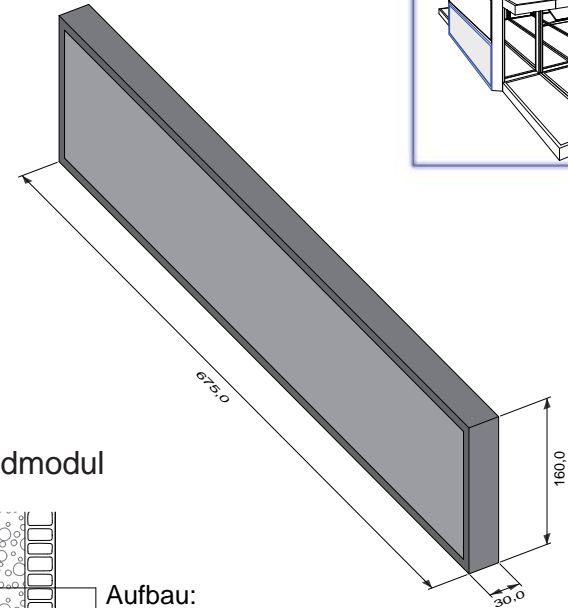
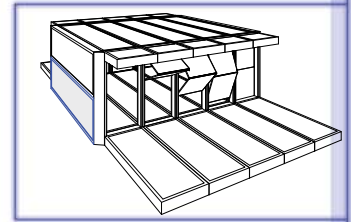
Eine Wand besteht jeweils aus zwei Teilen, einerseits da die Plattengrößen der DC-Paneele nicht die nötige Breite für die ganze Raumhöhe aufweisen, andererseits um die Handlichkeit beim Transport zu verbessern. Diese Elemente lassen sich wie zwei Legosteine aufeinander stecken. Nach der Fixierung der Seitenwände an die anderen Module übernehmen sie die Aussteifung längs ihrer Ausdehnung.

In einem der zwei unteren Wandteile, werden, sowohl alle Installationsleitungen für Küche und Bad, als auch die Elektroinstallationen untergebracht. Die Öffnungen lassen sich mit einfachstem Werkzeug in die DC-Platten schneiden, müssen aber wieder professionell verschlossen werden, damit das danach eingefüllte Polystyrol-Partikelschaum-Granulat (Referenzprodukt: Rigips Rigibead

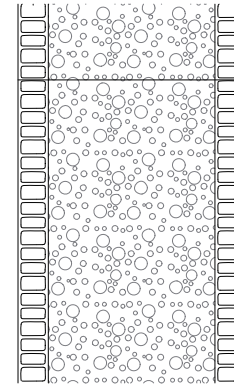
Premium 033) nicht mehr austreten kann. Wie beim Deckenmodul lässt sich die Wand wieder in alle Bauteile zerlegen und teilweise sogar wiederverwenden.

Die Oberflächen lassen sich individuell gestalten, indem man sie lackiert oder mit einer Kunststoffolie beschichtet. Obwohl die Verbundpaneel laut Hersteller UV-beständig sind, wäre eine Folie sicherlich ein sinnvoller Schutz mit dem positivem Nebeneffekt der Gestaltungsmöglichkeit der Außen- und eventuell auch der Innenwand.

Axonomie Wandmodul



Aufbau Wandmodul

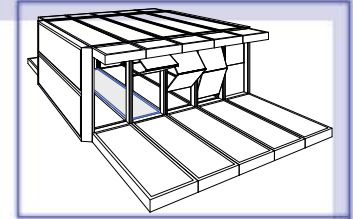


Aufbau:

- Design Composite Paneele clear-PEP® UV PC stage, 40 mm
- Polystyrol-Partikelschaum-Granulat RigiBead® 035, 220 mm
- Design Composite Paneele clear-PEP® UV PC stage, 40 mm

U-Wert Wandmodul: 0,14 W/m²K

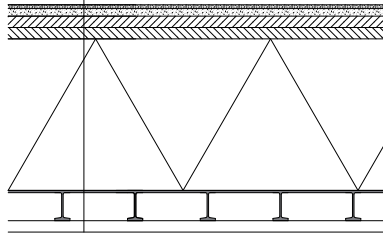
Gewicht pro Modul: ~301 kg



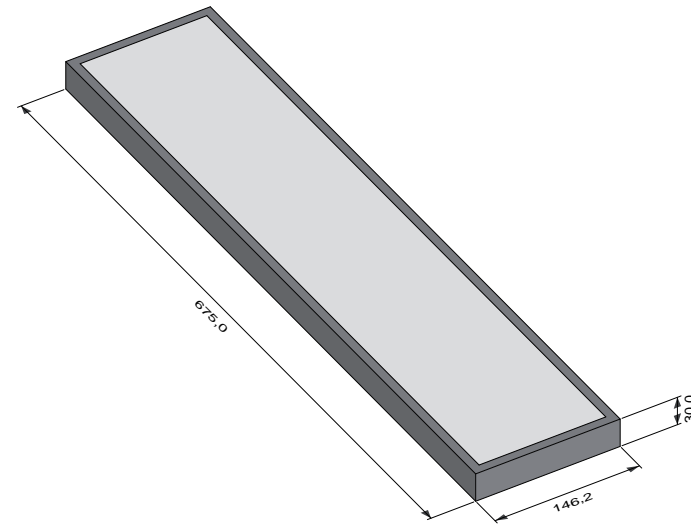
Aufbau Bodenmodul

Aufbau:

- Kunstharz, 5 mm
- Kunstharz mit PCM, 10 mm
- 2 x druckverteilende Hartschaumplatten, à 15 mm
- Dämmung XPS, 200 mm
- Fiberline Planke MD, 40 mm
- Schenkel von Fiberline U-Profil 300, 15 mm



Axonometrie Bodenmodul



U-Wert Bodenmodul: 0,18 W/m²K

Gewicht pro Modul (exkl. Stützen):
~702 kg

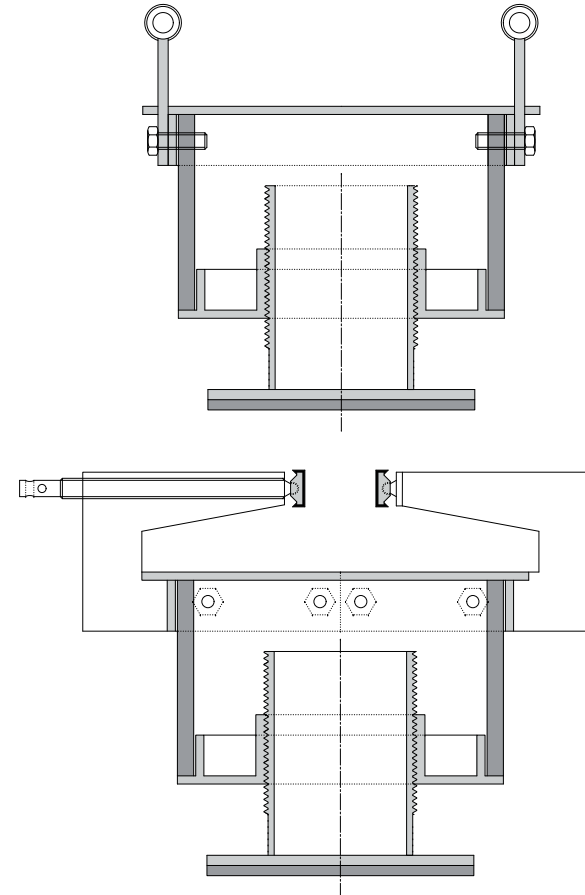
4.2.9.3 Bodenmodul

Das Bodenmodul wird wie die anderen Module durch 300 mm GFK-Rahmen eingefasst welche als Träger dienen. Ausgesteift wird durch die in der untersten Schicht liegenden GFK-Planke (Referenzprodukt: Fiberline Planke HD), die mit den U-Profilen kraftschlüssig verbunden ist. Die darauf liegende Dämmung aus Polystyrol besitzt eine Stärke von 200 mm. Darauf liegen zwei druckverteilende, feuchteresistente Trockenestrichplatten, um die Last der Module gleichmäßig auf die Dämmplatten zu verteilen.

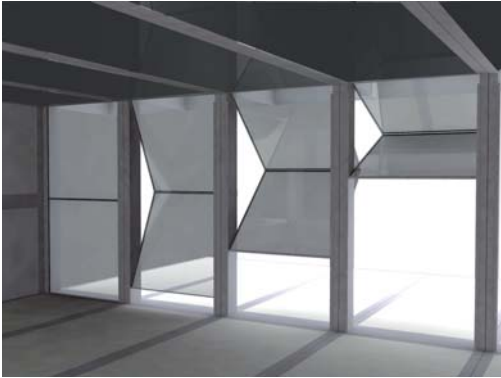
Die finale Oberfläche ist - wie schon erwähnt - aus Kunstharz, in welchem ein PCM-Granulat integriert ist, um eine effektive Speichermasse zu erhalten. Diese Böden lassen individuelle Gestaltungsmöglichkeiten – sowohl bei Farbe als auch Design – zu.

Nach dem Aufbau steht dieses Modul, auf welchem die ganze Last abgetragen wird, auf eigens entwickelten in der Höhe justierbaren Stützen, welche auch die einzelnen Module untereinander verzwängt.

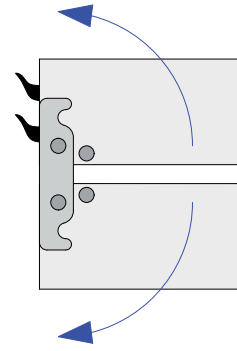
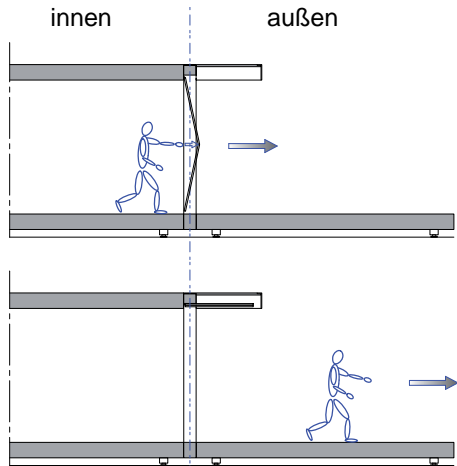
Stützen welche die Bodenmodule verzwängen, zwei Schnitte



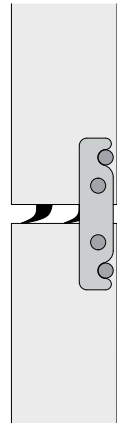
Rendering von Innen



Schema Öffnen der Fassadenelemente

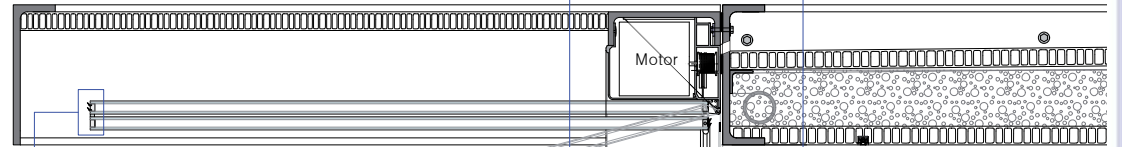


Fassadenelement geöffnet



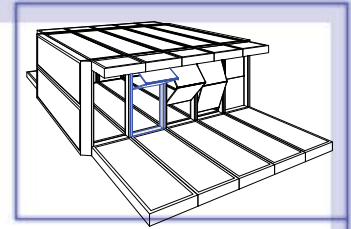
Fassadenelement geschlossen

Fassadenschnitt



Det.: Fassadenmodul oben

Schnitt Fassadenmodul



4.2.9.4 Fassadenmodul

Für die zwei Glasfronten wurde ein spezieller Öffnungsmechanismus entwickelt, um zum Einen oben und unten keinen Sturz bzw. Falz zu haben, da die raumhohen Module „durchpassen“ müssen; zum Anderen sollte sich die komplette Fassade öffnen lassen können, ohne dass die Fassadenteile den Außenraum und die Leichtigkeit der Form stören.

Bei einem leichten Druck außenseitig auf die vertikale Mitte der zweiteiligen Glasfassade entsichert sie sich und der Motor, der die Glasflächen nach oben zieht, registriert die Zugentlastung und befördert die Fassade nach oben. Er ist im oberen Bereich des Moduls verbaut, und auf beiden Fensterrahmenseiten über je einem Seil und einer Umlenkrolle mit dem am unteren Ende liegenden Bolzen verbunden, welcher in einem Lang-

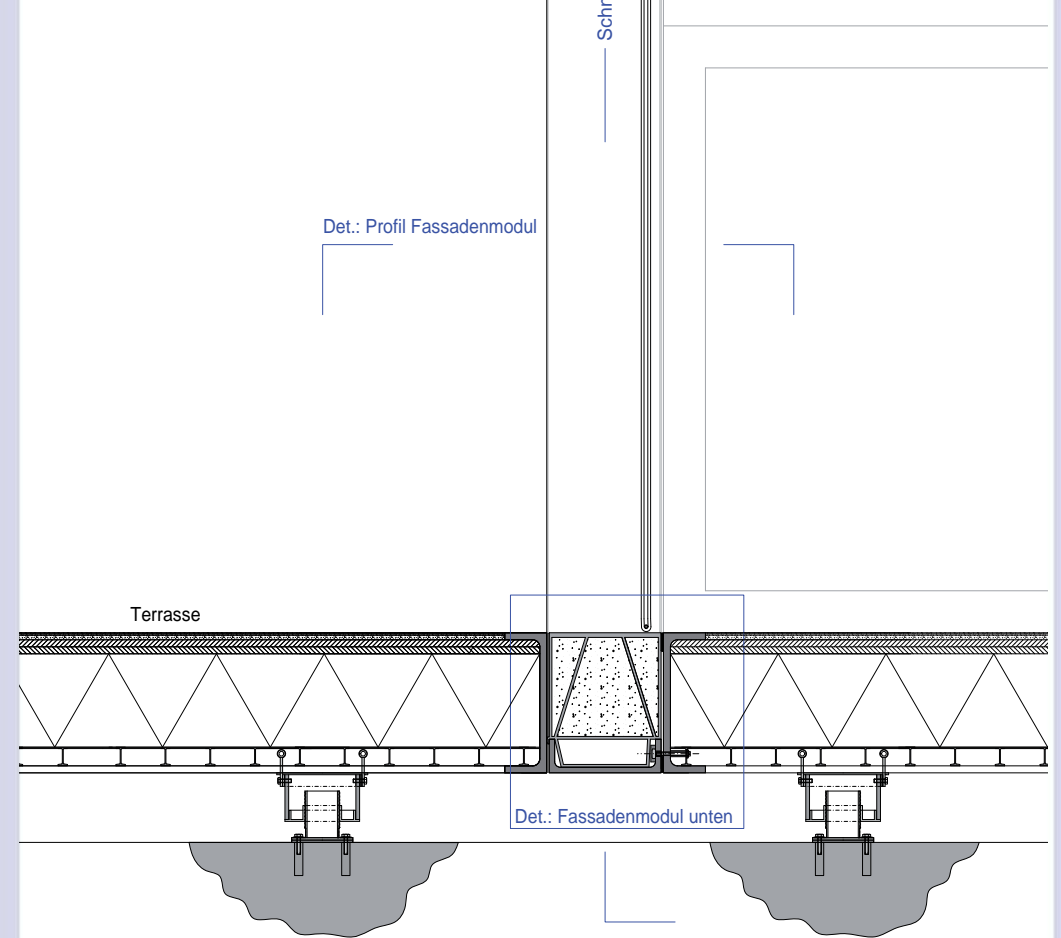
loch fahrend, für die Führung der beweglichen Bauteile sorgt.

Das Vordach schützt die aufgeklappten Fassaden vor äußeren Einflüssen und spendet Schatten.

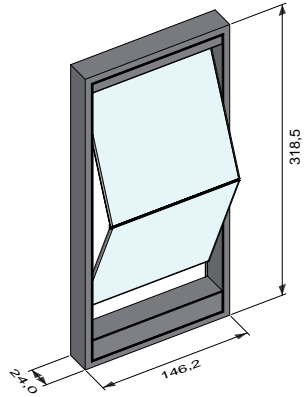
An den äußeren Enden der Fassaden gibt es ein dreieckiges gedämmtes GFK-Hohlprofil, welches die Wärmebrücke zur Wand schließt.

Durch die zweiteiligen, hochklappbaren Fassadenelemente wird der Wohnraum sowohl visuell als auch funktionell mit dem Außenraum verbunden.

Wenn beide Fassaden hochgeklappt sind wird das Gebäude an sich in eine Art Bergola transformiert, das in den gemäßigten Monaten viel mehr Lebensqualität bringt. Im geöffneten Zustand wird die eigentliche Wohnfläche um die der Fläche der Terrasse mit selbiger Qualität vergrößert, denn die Sitzgruppe, das Wohnzimmer

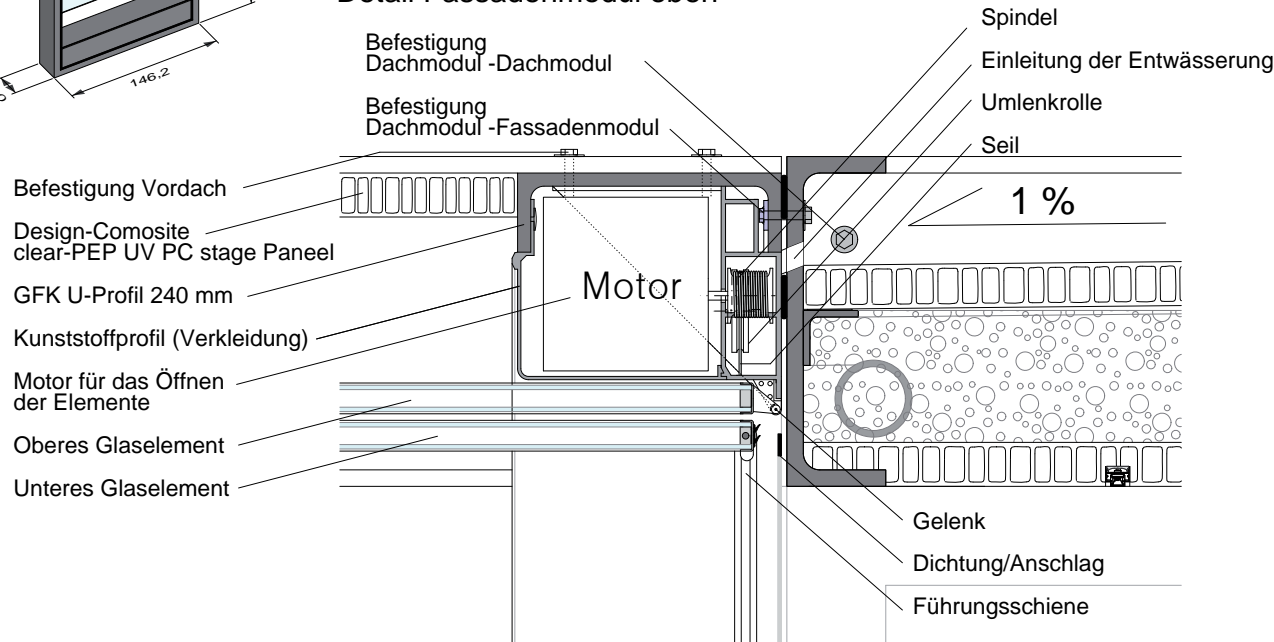


Axonometrie Fassadenmodul

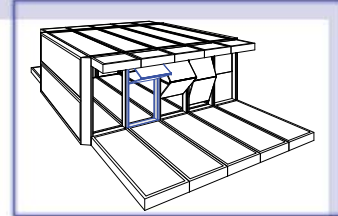
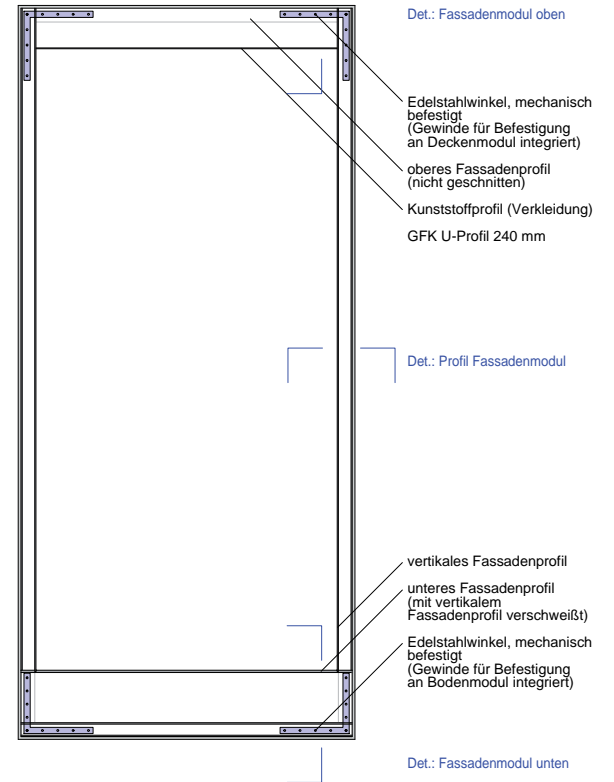


Gewicht pro Modul:
~167 kg

Detail Fassadenmodul oben

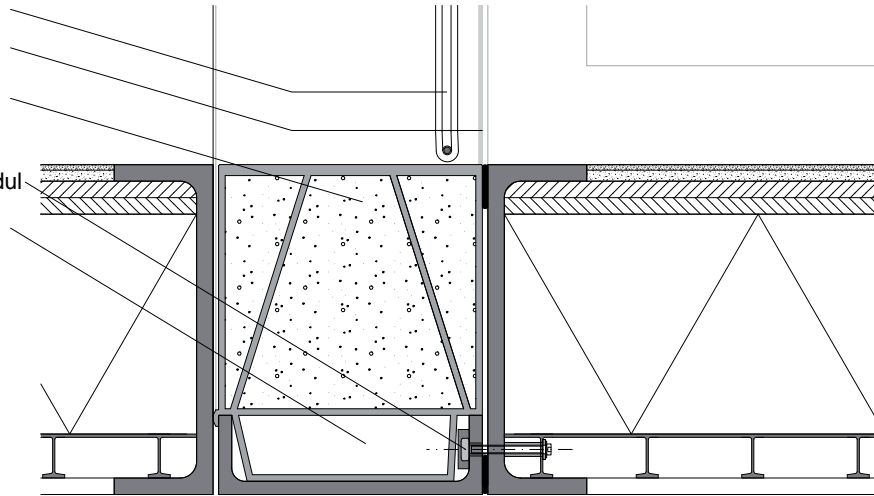


Schnitt Fassadenmodul

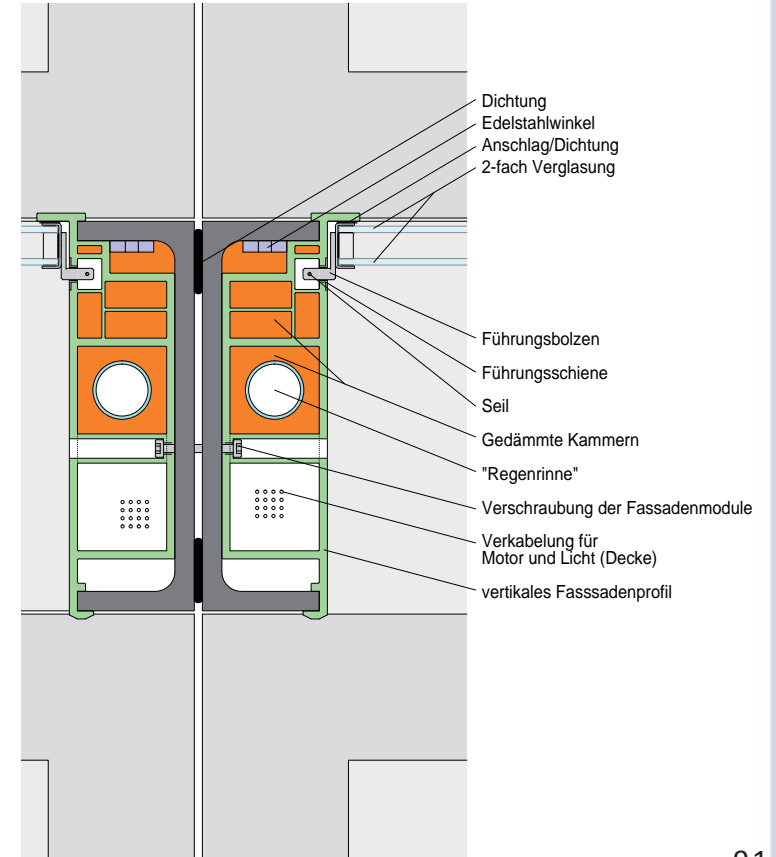


Detail Fassadenmodul unten

- Führungsschiene
- Dichtung/Anschlag
- Unteres Fassadenprofil (mit Isolierschaum ausgeschäumt)
- Befestigung an Bodenmodul
- Kammer zum Verlegen von Leitungen



Profil Fassadenmodul



und auch die anderen Möbel können barrierefrei in den Außenraum gerollt werden.

Die LC-Gläser der Glasfassaden (siehe 4.2.5.3) lassen sich per Knopfdruck verdunkeln.

4.2.9.5 Vordach

Das Vordach schützt die geöffneten Module vor Wind, Regen und jeglicher anderer Witterung. Weiters lässt es die Glaselemente optisch verschwinden und dient zur Beschattung. Der Rahmen ist ebenfalls aus GFK und wird an das Fassadenmodul mittels Schrauben befestigt. Die Überdachung erfolgte ebenfalls mit dem Design-Composite-Paneel. (siehe Darstellungen 4.2.9.4)

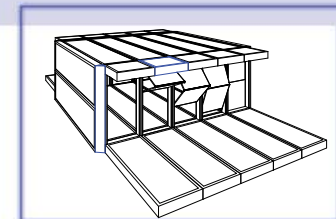
4.2.9.6 Terrasse

Die Terrasse lässt sich natürlich mit dem selben Aufbau wie das Bodenmodul herstellen. Lediglich die Wärmedämmung und der Aufbau mit dem PCM-Granulat fallen natürlich weg.

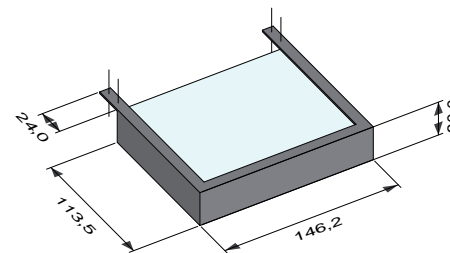
Auch die höhenverstellbaren Stützen der Hülle könnte man verwenden.

Es ließen sich die Terrassen auch ohne weiteres von den Bewohnern mit einem anderen Aufbau errichten, jedoch sollten sie die nötige Druckfestigkeit und Mobilität für die Module gewährleisten.

(siehe ebenfalls Darstellungen 4.2.9.4)

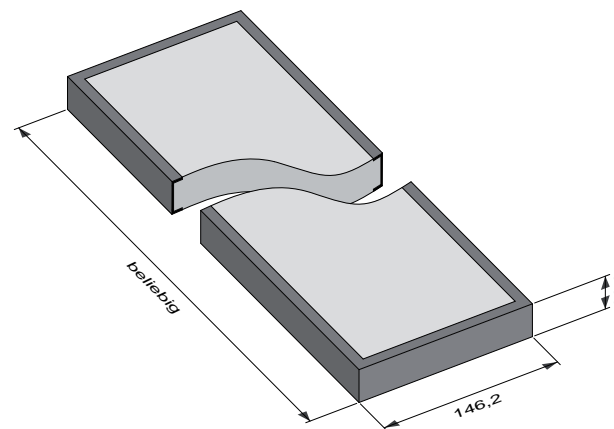


Axonometrie Vordach



Gewicht pro Modul:
~20 kg

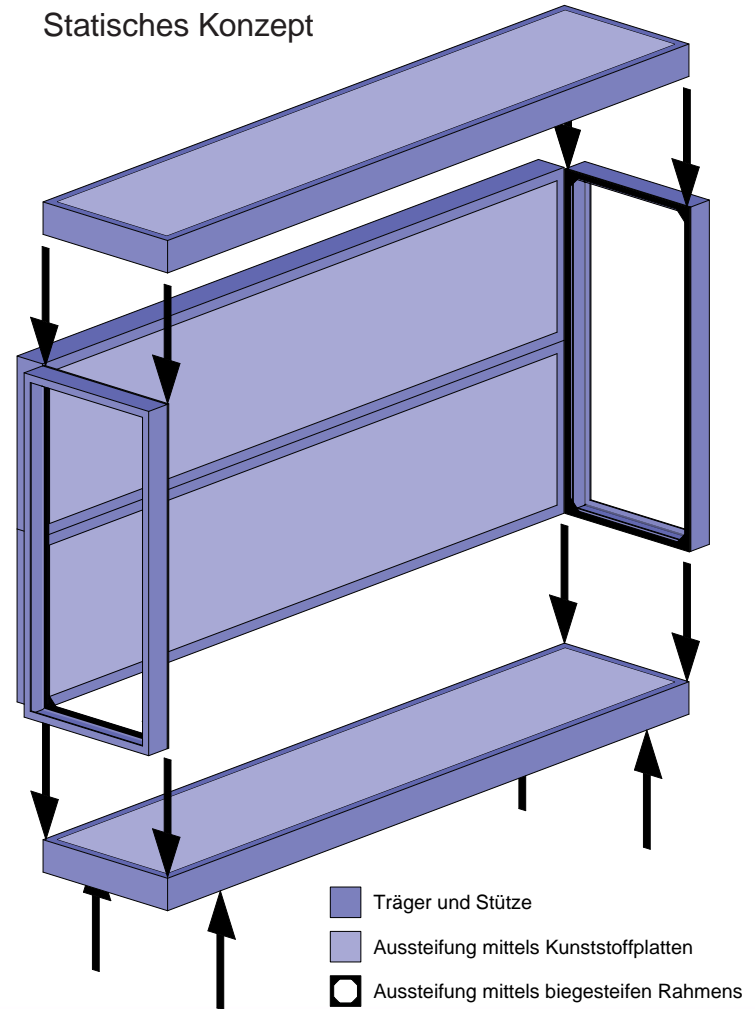
Axonometrie Terrassenmodul



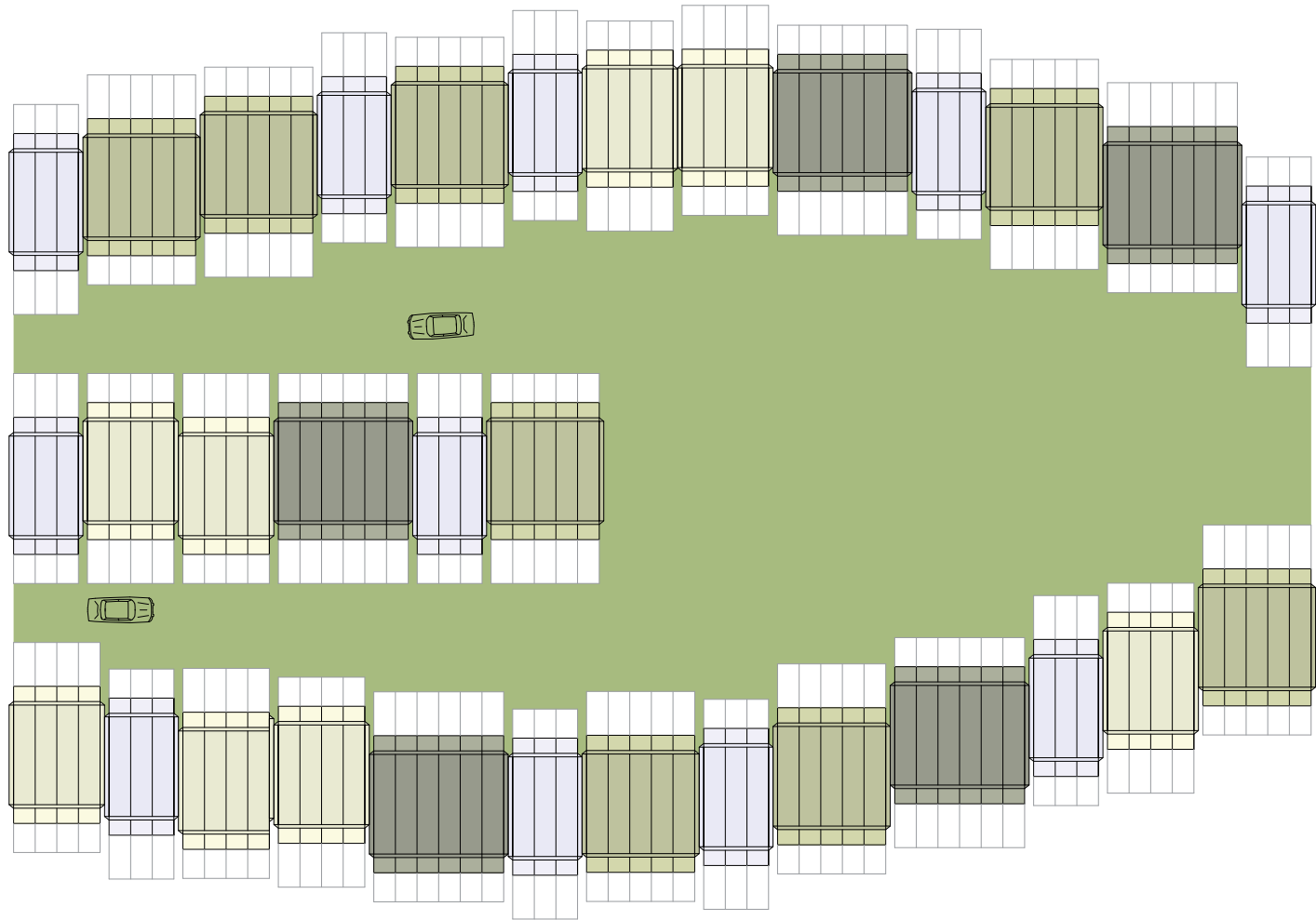
4.2.10 Statisches Konzept

Jedes Modul in sich funktioniert, ausgenommen das Fassadenelement, nach demselben System. Die Rahmen aus GFK-U-Profilen können als Träger oder Stütze instrumentalisiert werden, die Aussteifung müssen dennoch die plattenförmigen DC-Paneele übernehmen.

Die Fassadenmodule lassen sich aufgrund der Öffnungen nicht mit einem flächigen Bauteil aussteifen, ergo wurde der GFK-Rahmen mittels Stahlwinkel biegesteif gestaltet.



Organische städtebauliche
Anwendung mit Häusern
zwischen 30 m² und 60 m²
Wohnfläche und öffentlichen
Räumen.



4.3 Städtebauliches Potential

4.3.1 Nachverdichtung und Auffüllen von urbanen Räumen

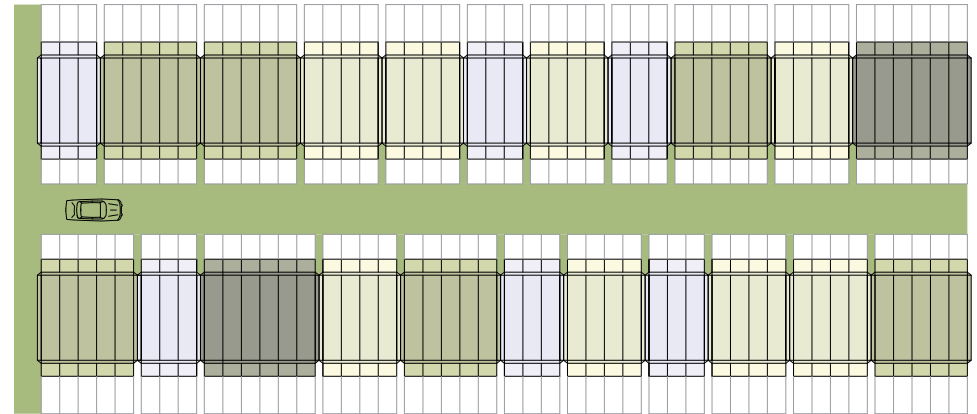
Da diese Gebäude nur kleine Punktfundamente benötigen und keineswegs mühsam errichtet werden müssen, sind sie auch in der Nachverdichtung sehr flexibel. Durch die Leichtigkeit der Module könnte man sie auch spielend auf Flachdächer städtischer Wohn- und Hochhäuser heben. Sie eignen sich auch gut als temporäre Bebauungen wie zum Beispiel in Baulücken.

4.3.2 Verwendung als städtebauliche Pionervegetation

Unabhängig von den Zielgruppen könnte man dieses Konzept als eine Art Pionervegetation sehen und es als ein effektives Werkzeug im Städtebau instrumentalisieren. Dies könnte man sich so vorstellen, das man diese Gebäude temporär in Arealen aufstellt in denen man möglichst schnell eine gewisse Bewohnerdichte erreichen möchte, um der nötigen Infrastruktur einen gewissen „Nährboden“ zu geben. Danach könnte man sie langsam schrittweise durch die angedachte Bebauung ersetzen.

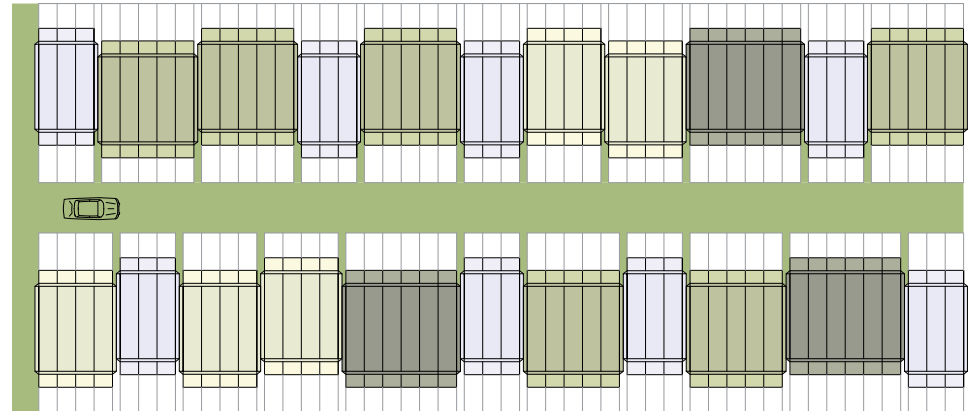
Trotz der Eingeschoßigkeit kann man durchaus sagen, dass dieses Konzept als urbanes Mittel viel Potential hat. Wenn man damit die Dichte ausreizt und daraus eine Reihenhaus-

Städtebauliche Anwendung, mit Straßenflucht und Häusern zwischen 30 m² und 60 m² Wohnfläche.



siedlung konfiguriert, erreiche man mit minimalem privaten Grün und interner Erschließung eine örtliche Bevölkerungsdichte von rund 20.000 Einwohnern pro Quadratkilometer (E/km^2).

Städtebauliche Anwendung, mit versetzten Häusernzischen 30 m² und 60 m² Wohnfläche.



4.4 Interaktion des Gebäudes mit Bewohnern

Wie lebt man in so einem Haus? Kann man in einem Haus überhaupt leben, wenn man nicht sein eigenes fixes Refugium hat? Kaum ein Objekt ist fixiert und lässt sich verschieben!?

Natürlich würde es auf diese Fragen vielen Antworten geben. Wir Menschen neigen zum Vergleichen. Wenn man als Referenz für dieses Objekt seine aktuelle Behausung nimmt, kann man das ‚Space by Motion‘ Konzept nicht vollends erfassen, da in gewöhnlichen Unterkünften die zeitliche Dimension irrelevant ist. Es entsteht ein vierdimensionales Raum-Zeit-Wohnen, an welches man sich meiner Ansicht nach schnell gewöhnen könnte. Man kann die Möglichkeit nutzen und mit dem Wohnzimmer der Sonne folgen. Wenn der Bedarf an

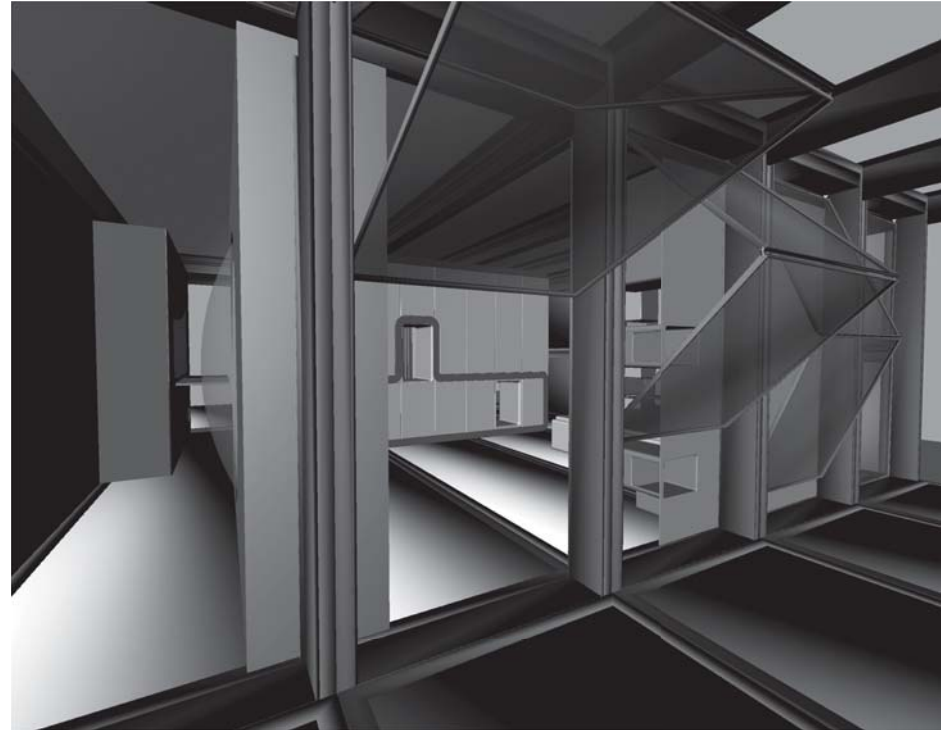
viel Raum da ist, sei es ein großer Besuch, Kinder im Haus oder eine Aerobiceinheit, wird spontan der Platz anderer Wohnfunktionen reduziert respektive werden die Module auf die 60 cm zusammengeschoben.

Das Reinigen des Gebäudes samt Inhalt ist weniger aufwändig, da sowohl Boden als auch Wand feuchtigkeitsresistent sind bzw. die Module fahrbar sind.

Ein ganz wichtiger Punkt ist, dass eine Änderung der Lebenssituation, sei es die Arbeit oder ein Kind, nicht automatisch einen Wohnungswechsel bedeutet. Ein junges Paar muss nicht schon vorausplanend in eine größere Unterkunft einziehen, weil Nachwuchs in den nächsten Jahren geplant ist.

Die Absurdität an dem sehr flexiblen und mobilen Konzept ist, dass es für

Perspektive in den Innenraum

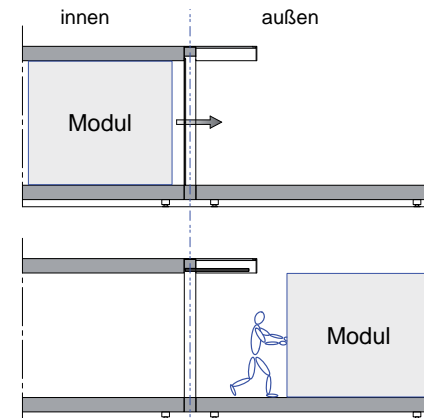


viele Menschen etwas viel Dauerhafteres und Solideres sein kann, als ein gewöhnliches Heim.

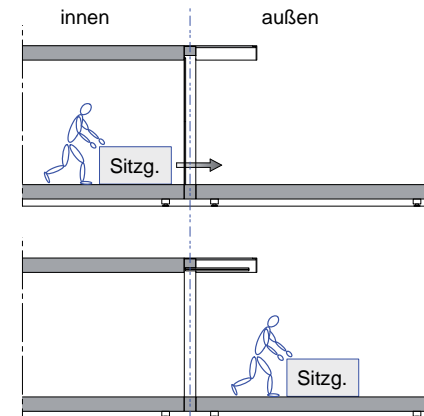
Der Individualismus ist bei den meisten Menschen doch so sehr ausgeprägt, dass sie mitgestalten wollen und müssen. Natürlich lässt das entwickelte Interieur aufgrund der Optimierung den Gestaltungswillen nur in einem geringeren Maße zu, doch bietet sich noch an genügend Stellen und Wänden die Möglichkeit dazu. Es sitzt den Bewohnern ohnehin kein Architekt im Nacken der sich beklage, wenn sie einen Fauteuil an die Glasfront stellen.

Mobilität der Module

Raumhohe Module



Sitzgruppe (Tisch samt 6 Sessel in einem)



5. Epilog

Natürlich könnte man vorrechnen wie viele Quadratmeter man sich mit diesem Wohnmodell einspart oder ein ‚wie großes Haus‘ man mit welcher Anzahl von den Gebäudemodulen ersetzen kann. Eben das ist nicht das Ziel. Noch darf jeder Mensch für sich selbst entscheiden, welche Räumlichkeiten er benötigt und welche nicht. Theoretisch könnte man ja auch unzählige Module aneinanderreihen bis man die gewünschte Fläche hat.

Aber genau dieser Drang sich Auszubreiten soll man der Umwelt zuliebe, den Mitmenschen zuliebe und der Infrastruktur zuliebe, unterlassen. Dieses Konzept bietet wahrscheinlich den Bewohnern weit mehr Flexibilität, als man in dieses virtuelle Projekt hineininterpretieren kann. In welcher Wohnung oder in welchem Haus, sei es doppelt so groß, könnten sie spontan für 20-30 Personen Raum schaf-

fen, um eine Feier zu veranstalten? Mit ‚Space by Motion‘ - nomen est omen - werden die Module an den Rand, oder bei passendem Wetter gar nach draußen geschoben, und man gewinnt beinahe die komplette Nutzfläche für die Gäste.

Ein weiteres Argument für diese Wohnweise ist, dass diese Wohnform, trotz der geringen, optimierten Wohnfläche - und eigentlich als urbanes Mittel konzipiertes Gebäude - dennoch eine Art Einfamilienhaus ist; was von den Menschen vermehrt gewünscht wird.

Abb. 5/1: Wohnflächenexplosion und Konsumismus



6. Quellenverzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

Cantor, Kirk M. / Watts, Patrick: Introduction to the Plastics Industry , in: Kutz, Myer (Hg.): Applied Plastics Engineering Handbook. Processing and Materials, Oxford 2011, xv-xvi

Engelsmann, Stephan / Spalding, Valerie / Peters, Stefan: Kunststoffe. in Architektur und Konstruktion, Basel 2010

GangaRao, Hota: Infrastructure Applications of Fiber-Reinforced Polymer Composites, in: Kutz, Myer (Hg.): Applied Plastics Engineering Handbook. Processing and Materials, Oxford 2011, 565-584

He, Wei / Benson, Roberto: Polymeric Biomaterials, in: Kutz, Myer (Hg.): Applied Plastics Engineering Handbook. Processing and Materials, Oxford 2011, 159-176

Hofer, Gerhard et al.: Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau. Leitfaden, http://www.voeb.com/material/service/downloads/NHM_LEITFADEN_Speichermasse-B%C3%BCrobau.pdf, in: www.voeb.com (Stand: 24.April.2012)

Käferhaus, Jochen: Kartause Mauerbach. Auf der Suche nach der schadenspräventiven Heizung für historische Gebäude. Vergleich von sechs unterschiedlichen Wärmeverteilsystemen und deren Auswirkungen auf die Räume, in: Kotterer, Michael et al. (Hg.): Klima in Museen und historischen Gebäuden. Die Temperierung, Bd. 9, Wien 2004

Kerschberger, Alfred: Solares Bauen mit transparenter Wärmedämmung. Systeme, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven, Berlin [u.a.] 1996

Kunststoffrohrverband e.V.: <http://www.wipo.krv.de/recycling/duroplaste/item/duroplaste-recycling/recycling-von-duroplasten-wie-gfk.html>, in: www.wipo.krv.de (Stand: 24. April 2012)

Mehling, Harald / Cabeza, Luisa F: Heat and cold storage with PCM. an up to date introduction into basics and applications, Berlin [u.a.] 2008

Rubitherm Technologies GmbH: <http://www.rubitherm.com/deutsch/index.htm>, in: www.rubitherm.com (Stand: 24. April 2012)

Schiffhauer, Nils: Das Zeitalter der ersehnten Künstlichkeit, in: Frankfurter Allgemeine, 12.08.2012, Online unter <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/100-jahre-plastik-das-zeitalter-der-ersehnten-kuenstlichkeit-1462859.html> (Stand: 24. April 2012)

Shah, Aamer Ali et al. (Hg.): Biological degradation of plastics: A comprehensive review, in: Biotechnology Advances (2008), H. 26, 246–265

Starzner, Sepp: Aerogele, Online unter http://www.wecobis.de/jahia/Jahia/Home/Bauproduktgruppen/Daemmstoffe/aus_mineralischen_Rohstoffen/Aerogele, in: WECOBIS Ökologisches Baustoffinformationssystem, in: www.wecobis.de (Stand: 24. April 2012)

Statistik Austria: Wohnsituation der Bevölkerung 2001, Wien 2006, Online unter <http://www.statistik.at> (Stand: 24. April 2012)

Uffelen, Chris van: pure Plastic. New materials for today's architecture, Berlin 2008

Internetquellen:

Design Composite: <http://www.design-composite.at> (Stand: 02.Mai.2012)

Seilnacht, Lexikon der Polymere und Kunststoffe: http://www.seilnacht.com/Lexikon/k_gesch.html (Stand: 29.April.2012)

Wissensportal für Kunststoffrohrsysteme, Kunststoffrohrverband e.V:
<http://www.wipo.krv.de/recycling/duroplaste/item/duroplaste-recycling/recycling-von-duroplasten-wie-gfk.html> (Stand: 03.Mai.2012)

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1/1: Fläche pro Person nach Politischen Bezirken, Quelle: Statistik Austria: Wohnsituation der Bevölkerung 2001, Wien 2006, Online unter http://www.statistik.at (Stand: 24. April 2012)	6
Abb. 1.1/2: Wohnfläche pro Kopf Quelle: Pech, Michael: Vortragskonzept. Die Grundlagen guter Wohnversorgung. Online unter http://www.oesw.at/uploads/media/ Impulsreferat_WWT_Pech.pdf (Stand: 6. Mai 2012)	7
Abb. 1.2/1: Agglomerationsgürtel Quelle: http://www.zacharyaders.com/wp-content/uploads/2010/08/ sprawl.jpg	8
Abb. 1.2/2: Pendlerverkehr Quelle: http://www.ace-online.de/uploads/media/ACE-Stau03-300dpi.jpg	9
Abb. 2.2/1: Zielgruppe Quelle: http://www.internetmarketingmuenchen.de/wp-content/ uploads/2011/11/seo-zielgruppe.gif	10
Abb. 3.2/1: Geschichte des Kunststoffes Quelle: Angewandte Chemie International Edition 2005, 44, 3358	12

Abb. 3.2/2: Telefon aus Bakelit	13
Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ac/Telephone_W48_Bakelit_IMG9744.jpg/1280px-Telephone_W48_Bakelit_IMG9744.jpg	
Abb. 3.3/1: Kunststoffrecycling	14
Adaptiert aus: Engelsmann, Stephan / Spalding, Valerie / Peters, Stefan: Kunststoffe. in Architektur und Konstruktion, Basel 2010	
Abb. 3.3/2: Recyceltes Kunststoffmahlgut	15
Quelle: http://www.moa.sk/de/pics/recyk5.JPG	
Abb. 3.3/3: Recycling Codes der Kunststoffe	16
Adaptiert aus: http://www.upperpittsgrovenj.org/images/all-plasticsicon.gif	
Abb. 3.4/1: Abbau von PHB Polyhydroxybuttersäure (ein Biopolymer)	17
Quelle: http://www.epobio.net/biopolymers.htm	
Abb. 3.4/2: Kompostierung einer Flasche aus biologischem Kunststoff	17
Quelle: http://www.calfinder.com/blog/green-remodeling/green-wednesday-how-earth-friendly-is-bioplastic/	
Abb. 3.5/1: Verner Pantons Stuhl ‚Panton‘ (1959/60)	18
Quelle: http://www.occa-home.co.uk/media/catalog/product/cache/1/image/1000x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/0/1/01_panton_product02.jpg	

Abb. 3.5/2: Monsanto House of the Future	19
Quelle: http://2.bp.blogspot.com/-806j2l08uDY/T2iu5ycqUTI/AAAAAAAAAJQ/33-Jcpb2aXg/s1600/TouristsatDisneylandtouraplastic-inkbluesky-copyrighted.png	
Abb. 3.5/2: Kunsthaus Graz, Fassade aus Acrylglas	20
Quelle: http://www.graztourismus.at/cms/dokumente/10012237_2865688/1e8db25f/030_Kunsthaus%20beleuchtet_.jpg	
Abb. 3.6/1: Clear-PEP Paneele der Firma Design Composite	21
Quelle: http://www.design-composite.at/uploads/pics/clear-PEP.jpg	
Abb. 4.1.2.3/1: Kabelaufroller mit Zugfeder	43
Quelle: http://www.guc.biz/de/rapid/item/innovation-mit-bremse	
Abb. 4.1.3/1: Self Storage - Stauräume zu mieten	50
Quelle: http://www.jwlindsay.ca/project-types/images/self-storage/spaces-self-storage-02-larg.jpg	
Abb. 4.2.3/1: ISO-Container 45' highcube als ,open-top-container'	68
Quelle: http://www.noborutrading.com/UploadFiles/2010612144511391.jpg	
Abb. 4.2.3/2: ISO-Container 45' highcube als ,open-top-container'	69
Quelle: http://www.shippingcontainers24.com/wp-content/uploads/2011/11/40-open-top-container-dimensions.gif	

Abb. 4.2.5.1/1: Unterschiedliche TWD-Strukturen	71
Quelle: Kerschberger, Alfred: Solares Bauen mit transparenter Wärmedämmung. Systeme, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven, Berlin [u.a.] 1996	
Abb. 4.2.5.1/2: Anteile unterschiedlicher Verbrauchsbereiche am Gesamtberbrauch für typische Büro- und Wohngebäude	71
Quelle: Kerschberger, Alfred: Solares Bauen mit transparenter Wärmedämmung. Systeme, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven, Berlin [u.a.] 1996	
Abb. 4.2.5.3/1: Grafiken des modularen LED-Lichtsystems „Microtools“ (Fa. Zumtobel)	72
Adaptiert aus: http://www.zumtobel.com/com-de/produkte/microtools.html?&GUID=5353D4EA-3EA6-4825-9939-45F335174623#MICROTOOLS%20Lichtmodule%20kardanisch	
Abb. 4.2.8.1/1: Leuchte ‚Greenlantern‘ aus Arboform	74
http://happymediumstudios.blogspot.com/2011_11_01_archive.html	
Abb. 4.2.8.2/1: I-Profil aus GFK	75
Engelsmann, Stephan / Spalding, Valerie / Peters, Stefan: Kunststoffe. in Architektur und Konstruktion, Basel 2010	

Abb. 4.2.8.2/2: Errichtung einer Brücke mit GFK als Tragstruktur Quelle: http://www.pressebox.de/pressefach/fiberline-composites/bilder-dokumente/all/all/1/ , © fiberline 2008	76
Abb. 4.2.8.2/3: Bauteilherstellung im Pultrusionsverfahren Engelsmann, Stephan / Spalding, Valerie / Peters, Stefan: Kunststoffe. in Architektur und Konstruktion, Basel 2010	76
Abb. 4.2.8.3/1: Clear-PEP Paneel Quelle: http://www.stylepark.com/de/design-composite/clear-pep-uv-pc-stage?nr=1	77
Abb. 4.2.8.3/2: Clear-PEP Paneel Quelle: http://www.stylepark.com/de/design-composite/clear-pep-uv-pc-stage?nr=1	77
Abb. 4.2.8.4/1: Aerogel Quelle: http://physics.uoregon.edu/~jimbrau/astr121/Notes/Chapter14.html , © Paerson Education, Inc.	78
Abb. 4.2.8.4/2: Aerogel-Granulat Quelle: http://www.guenstiger-daemmen.de/fileadmin/xl_bilder/nanogel_xl.jpg	78

Abb. 4.2.8.5/1: Systeme mit und ohne PCM, rechts mit einer höheren, besseren Schmelztemperatur, da die Temperaturspitzen besser gedrückt werden. Quelle: Mehling, Harald / Cabeza, Luisa F: Heat and cold storage with PCM. an up to date introduction into basics and applications, Berlin [u.a.] 2008	79
Abb. 4.2.8.5/2: Phasenübergangstemperaturen pro Volumen (Würfel) und pro Masse (Raute) von kommerziellen PCM Quelle: Mehling, Harald / Cabeza, Luisa F: Heat and cold storage with PCM. an up to date introduction into basics and applications, Berlin [u.a.] 2008	79
Abb. 4.2.8.5/3: PCM (Natriumnitrat) als Granulat Quelle: http://de.academic.ru/pictures/dewiki/67/Chilisalpeter_%28Sodium_nitrate%29.jpg	80
Abb. 4.2.8.5/4: Äquivalente Stärken anderer Materialien gegenüber 1 cm PCM hinsichtlich der Speichermasse Quelle: Mehling, Harald / Cabeza, Luisa F: Heat and cold storage with PCM. an up to date introduction into basics and applications, Berlin [u.a.] 2008	81
Abb. 4.2.8.5/5: Schematische Temperaturänderungen des PCM in den Phasenübergängen Quelle: Mehling, Harald / Cabeza, Luisa F: Heat and cold storage with PCM. an up to date introduction into basics and applications, Berlin [u.a.] 2008	81
Abb. 5/1: Wohnflächenexplosion und Konsumismus Quelle: Film: Pink Floyd. The Wall	99

7. Anhang

Berechnung der
Modulmassen

Dachmodul (exklusiv Lamellen und Leuchten)

Material	Gewicht	Einheit	Länge/Fläche	Gewicht pro Modul
Fiberline Composites U-Profil, 300x90x15 mm	12,3	kg/m	16,34	200,98
Fiberline Composites L-Profil, 50x50x8 mm	1,34	kg/m	16,34	21,90
Clear-PEP Paneele, 40 mm	9,7	kg/m ²	9,585	92,97
Aerogel-Granulat P400	85	kg/m ³	0,767	65,20
Clear-PEP Paneele, 40 mm	9,7	kg/m ²	9,585	92,97
Kleinzeug (Schätzung)	1	kg		1,00
Gesamtgewicht (kg)				475,02

Bodenmodul (exklusiv Stützen)

Material	Gewicht	Einheit	L/F/V	Gewicht pro Modul
Fiberline composites U-Profil, 300x90x15 mm	12,3	kg/m	16,34	200,98
Fiberline Planke MD, 40x500 mm	6,57	kg/m	16,34	107,35
Kunstharz, 5 mm	1,2	g/cm ³	x	57,50
Kunstharz mit PCM, 10 mm (Dichte von Kunstharz angen.)	1,2	g/cm ³	x	115,00
Hartschaumplatte, 15 mm	0,5	g/cm ³		71,9
Hartschaumplatte, 15 mm	0,5	g/cm ³		71,9
XPS 200 mm	35	kg/m ³	1,92	67,20
Kleinzeug und Stützen exkl. Fundament (Schätzung)	10	kg		10,00
Gesamtgewicht (kg)				701,84

Wandmodul

Material	Gewicht	Einheit	L/F/V	Gewicht pro Modul
Fiberline Composites U-Profil, 300x90x15 mm	12,3	kg/m	16,7	205,41
Fiberline Composites L-Profil, 50x50x8 mm	1,34	kg/m	19,74	26,45
RigiBead 035, 220 mm	18	kg/m ³	2,38	42,84
Design composite L-Profil, 50x50x8 mm	1,34	kg/m	19,74	26,45
Kleinzeug (Schätzung)	5	kg		5,00
Gesamtgewicht (kg)				301,15

Fassadenprofil

Material	Gewicht	Einheit	L/F/V	Gewicht pro Modul
Fiberline composites U-Profil, 240x72x8 mm	5,35	kg/m	6,04	32,31
Rahmenprofile (Schätzung)	4,82	kg/m	6,04	29,11
Edelstahlelemente	7874	kg/m ³		1,89
Motor, Seil und Umlenkrolle (Schätzung)		kg		10
2fach Verglasung	2500	kg/m ³		70
Fensterrahmen (Schätzung)	4	kg/m	6,04	24,16
Gesamtgewicht (kg)				167,48

Vordach

Material	Gewicht	Einheit	L/F/V	Gewicht pro Modul
Fiberline composites U-Profil, 300x90x15 mm	12,3	kg/m	3,73	45,88
Clear-PEP Paneele, 40 mm	9,7	kg/m ²	1,66	16,10
Gesamtgewicht (kg)				61,98

Dreiecksprofil

Material	Gewicht	Einheit	L/F/V	Gewicht pro Modul
Dreieckkunststoffprofil	4,82	kg/m	3,2	15,424
PUR-Schaum	40	kg/m ³		4,29
Gesamtgewicht (kg)				19,71

Berechnung der Maßen der Gebäudehülle als 30, 40 und 50 m²

Variante:

(exkl. Lamellen, Leuchten und Installationen)

Haus 30 m ²	Anzahl	Gewicht	Gesamt
Bodenmodule	3	701,84	2105,51
Deckenmodule	3	475,02	1425,06
Fassadenmodule	6	167,48	1004,86
Wandmodule	4	301,15	1204,61
Dreiecksprofil	4	19,71	78,86
Vordach	6	61,98	371,89
Gesamtgewicht (kg)			6190,79
Gewicht pro m ² Bruttogeschosßfläche (36,24 m ²)			170,83 kg/m ²

Haus 40 m ²	Anzahl	Gewicht	Gesamt
Bodenmodule	4	701,84	2807,34
Deckenmodule	4	475,02	1900,09
Fassadenmodule	8	167,48	1339,81
Wandmodule	4	301,15	1204,61
Dreiecksprofil	4	19,71	78,86
Vordach	8	61,98	495,85
Gesamtgewicht (kg)			7826,56
Gewicht pro m ² Bruttogeschosßfläche (46,88 m ²)			166,95 kg/m ²

Haus 50 m ²	Anzahl	Gewicht	Gesamt
Bodenmodule	5	701,84	3509,18
Deckenmodule	5	475,02	2375,11
Fassadenmodule	10	167,48	1674,77
Wandmodule	4	301,15	1204,61
Dreiecksprofil	4	19,71	78,86
Vordach	10	61,98	619,81
Gesamtgewicht (kg)			9462,33
Gewicht pro m ² Bruttogeschosßfläche (57,47 m ²)			164,65 kg/m ²

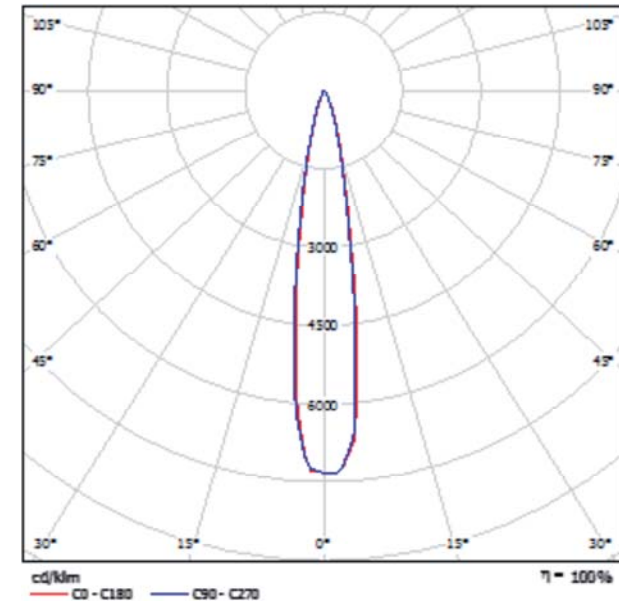
Lichtberechnung mit DIALux

Leuchtenklassifikation nach DIN: A60
CIE Flux Code: 97 99 100 100 111
Lichtmodul mit 1 LED-Lichtkopf; mit
kardanischem Gelenk zur
Akzentbeleuchtung; mit stabilisierter
Farbtemperatur „Essential Stable
White“; Bestückung: 1/1,1 W LED 840,
spot (Abstrahlcharakteristik);
Farbtemperatur „Stable
White“: 4000K (neutralweiß);
Farbwiedergabe:
RA>80; Premiumbinng für höchste
Farbstabilität (MacAdam 2); UVA-
und
IR-freies Licht; Lebensdauer:
50.000h bei 70% Lichtstrom;
Konverter separat
zu bestellen; elektrischer Anschluss
über Einspeisungsset, separat zu
bestellen; Lichtmodule einfach
zusammensteckbar, keine



Zumtobel 60210433 M-TOOLS-C 1/1,1W LED840 350MA SP SRE [STD] / Leuchtendatenblatt

Lichtaustritt 1:



zusätzliche

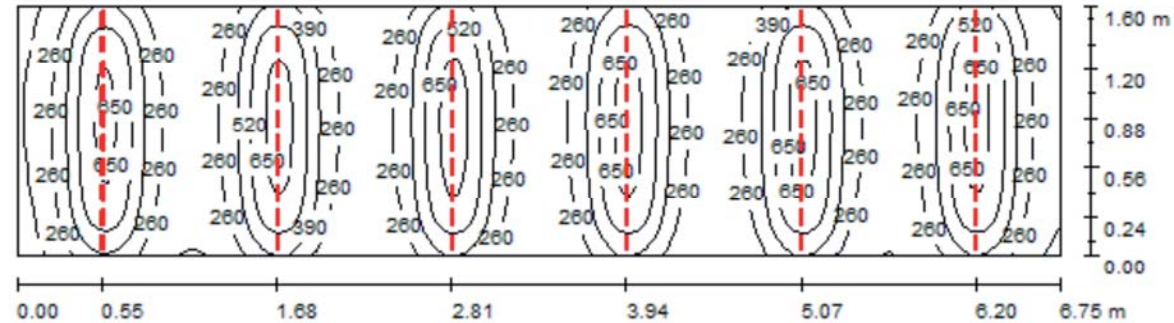
Durchgangsverdrahtung notwendig;
Lichtkopf um $\pm 20^\circ$ schwenkbar und
um

$\pm 75^\circ$ drehbar; Lichtmodulgehäuse
aus Aluminiumstrangpressprofil,
silber

eloxiert; LED-Strahlerlichtkopf 2-teilig
aus Aluminium gefräst, silber eloxiert
und COOL TOUCH-Frontring
aus Polycarbonat; Frontring des
Lichtkopfes

dient zur Aufnahme der Wechsellinse
bzw. Ovalzeichner; Abmessungen:
109x22x18 mm; Gewicht: 0,03 kg;
Hinweis: Konverter (350 mA)
schaltbar und dimmbar DALI bzw.
1-10V
separat zu bestellen!

Raum 1 / Zusammenfassung



Raumhöhe: 2.600 m, Montagehöhe: 2.600 m, Wartungsfaktor: 0.80

Werte in Lux, Maßstab 1:49

Fläche	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	g_1
Nutzebene	/	363	81	709	0.222
Boden	30	330	115	499	0.348
Decke	70	50	37	66	0.751
Wände (4)	50	77	35	329	/

Nutzebene:

Höhe: 0.850 m
Raster: 128 x 32 Punkte
Randzone: 0.000 m

Leuchten-Stückliste

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	Φ (Leuchte) [lm]	Φ (Lampen) [lm]	P [W]
1	60	Zumtobel 60210433 M-TOOLS-C 1/1,1W LED840 350MA SP SRE [STD] (Typ 1)* (1.000)	90	90	1.0
*Geänderte technische Daten			Gesamt: 5400	Gesamt: 5400	60.0

Spezifischer Anschlußwert: $5.56 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Grundfläche: 10.80 m^2)

Raum 1 / Eingabeprotokoll

Höhe der Nutzebene: 0.850 m
Randzone: 0.000 m

Wartungsfaktor: 0.80

Raumhöhe: 2.600 m
Grundfläche: 10.80 m²

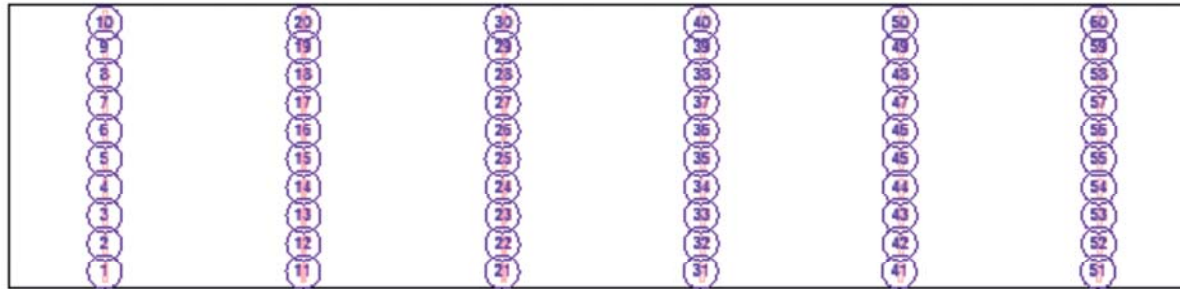


Fläche	Rho [%]	von ([m] [m])	nach ([m] [m])	Länge [m]
Boden	30	/	/	/
Decke	70	/	/	/
Wand 1	50	(0.000 0.000)	(6.750 0.000)	6.750
Wand 2	50	(6.750 0.000)	(6.750 1.600)	1.600
Wand 3	50	(6.750 1.600)	(0.000 1.600)	6.750
Wand 4	50	(0.000 1.600)	(0.000 0.000)	1.600

Raum 1 / Leuchten (Koordinatenliste)

Zumtobel 60210433 M-TOOLS-C 1/1,1W LED840 350MA SP SRE [STD] (Typ 1)

90 lm, 1.0 W, 1 x 1 x Benutzerdefiniert (Korrekturfaktor 1.000).



Raum 1 / Leuchten (Koordinatenliste)

Zumtobel 60210433 M-TOOLS-C 1/1,1W LED840 350MA SP SRE [STD] (Typ 1)

90 lm, 1.0 W, 1 x 1 x Benutzerdefiniert (Korrekturfaktor 1.000).

Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.550	0.080	2.600	0.0	0.0	0.0
2	0.550	0.240	2.600	0.0	0.0	0.0
3	0.550	0.400	2.600	0.0	0.0	0.0
4	0.550	0.560	2.600	0.0	0.0	0.0
5	0.550	0.720	2.600	0.0	0.0	0.0
6	0.550	0.880	2.600	0.0	0.0	0.0
7	0.550	1.040	2.600	0.0	0.0	0.0
8	0.550	1.200	2.600	0.0	0.0	0.0
9	0.550	1.360	2.600	0.0	0.0	0.0
10	0.550	1.520	2.600	0.0	0.0	0.0
11	1.680	0.080	2.600	0.0	0.0	0.0
12	1.680	0.240	2.600	0.0	0.0	0.0
13	1.680	0.400	2.600	0.0	0.0	0.0
14	1.680	0.560	2.600	0.0	0.0	0.0
15	1.680	0.720	2.600	0.0	0.0	0.0
16	1.680	0.880	2.600	0.0	0.0	0.0
17	1.680	1.040	2.600	0.0	0.0	0.0
18	1.680	1.200	2.600	0.0	0.0	0.0
19	1.680	1.360	2.600	0.0	0.0	0.0
20	1.680	1.520	2.600	0.0	0.0	0.0
21	2.810	0.080	2.600	0.0	0.0	0.0
22	2.810	0.240	2.600	0.0	0.0	0.0
23	2.810	0.400	2.600	0.0	0.0	0.0
24	2.810	0.560	2.600	0.0	0.0	0.0
25	2.810	0.720	2.600	0.0	0.0	0.0
26	2.810	0.880	2.600	0.0	0.0	0.0
27	2.810	1.040	2.600	0.0	0.0	0.0
28	2.810	1.200	2.600	0.0	0.0	0.0

Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
29	2.810	1.360	2.600	0.0	0.0	0.0
30	2.810	1.520	2.600	0.0	0.0	0.0
31	3.940	0.080	2.600	0.0	0.0	0.0
32	3.940	0.240	2.600	0.0	0.0	0.0
33	3.940	0.400	2.600	0.0	0.0	0.0
34	3.940	0.560	2.600	0.0	0.0	0.0
35	3.940	0.720	2.600	0.0	0.0	0.0
36	3.940	0.880	2.600	0.0	0.0	0.0
37	3.940	1.040	2.600	0.0	0.0	0.0
38	3.940	1.200	2.600	0.0	0.0	0.0
39	3.940	1.360	2.600	0.0	0.0	0.0
40	3.940	1.520	2.600	0.0	0.0	0.0
41	5.070	0.080	2.600	0.0	0.0	0.0
42	5.070	0.240	2.600	0.0	0.0	0.0
43	5.070	0.400	2.600	0.0	0.0	0.0
44	5.070	0.560	2.600	0.0	0.0	0.0
45	5.070	0.720	2.600	0.0	0.0	0.0
46	5.070	0.880	2.600	0.0	0.0	0.0
47	5.070	1.040	2.600	0.0	0.0	0.0
48	5.070	1.200	2.600	0.0	0.0	0.0
49	5.070	1.360	2.600	0.0	0.0	0.0
50	5.070	1.520	2.600	0.0	0.0	0.0
51	6.200	0.080	2.600	0.0	0.0	0.0
52	6.200	0.240	2.600	0.0	0.0	0.0
53	6.200	0.400	2.600	0.0	0.0	0.0
54	6.200	0.560	2.600	0.0	0.0	0.0
55	6.200	0.720	2.600	0.0	0.0	0.0
56	6.200	0.880	2.600	0.0	0.0	0.0
57	6.200	1.040	2.600	0.0	0.0	0.0
58	6.200	1.200	2.600	0.0	0.0	0.0
59	6.200	1.360	2.600	0.0	0.0	0.0
60	6.200	1.520	2.600	0.0	0.0	0.0