

„Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen für eine Kita in Blankenfelde-Mahlow“

Abschlussbericht des Forschungsprojektes

(AZ 31535/01) Berlin, 22.04.2016

Verfasser: Dipl.-Ing. Dirk Peissl
Technische Universität Berlin

Projektförderung

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Dipl.-Ing. Sabine Djahanschah

Projektpartner

sbp sonne gmbh
Dr. Gerhard Weinrebe

Technische Universität Berlin
FG Entwerfen u. Konstruieren - Massivbau
Prof. Dr. Sc. techn. Mike Schlaich

Gemeinde Blankenfelde-Mahlow
Ortwin Baier (Amt. Bürgermeister)

In Zusammenarbeit mit

hhp Ingenieure für Brandschutz
Dipl.-Ing. Jana Köllner

advacoustics Ingenieure für Akustik
Dr. André Jakob, Dr. Rudi Volz

gud Ingenieure für Geotechnik und Dynamik
Dipl.-Ing. Joseph Patron



01

»Von innen gibt es einen nicht unterbrochenen Kontakt zur Aussenwelt. Sonne und Mond werden die Landschaft bescheinen und der Himmel wird vollkommen sichtbar sein, aber die unangenehmen Auswirkungen von Klima, Hitze, Staub, Ungeziefer, grellem Licht usw. werden von der Hülle so reguliert, dass das Interieur wie der Garten Eden wird«.

Buckminster Fuller, Architekt und Ingenieur

01 Klimahülle über
Manhattan [V1],
Bubble Montage,
Buckminster Fuller
1960

Inhalt

	Zusammenfassung	5
	Abbildungsverzeichnis	6
I	Übersicht und Ziele	8
I.1.	Einordnung und Zusammenhang	8
I.2.	Anforderungen und Ziele	11
I.3.	Vorgehensweise	11
II	Themenbereiche	12
II.1.	Tragwerke und Wandelbarkeit	12
II.1.1.	Kriterien zur Beurteilung wandelbarer Systeme	12
II.1.2.	Antriebsmechanismen	12
II.1.3.	Wandelbare Systeme	14
II.2.	Energie und Klimatechnik	18
II.2.1.	Randbedingungen / Bestand	18
II.2.2.	Mögliche technische Maßnahmen	19
II.3.	Architektur und Nutzung	22
II.3.1.	Analyse und Anforderungen	22
II.3.2.	Lärmschutz/ Akustik	24
II.3.3.	Brandschutz	28
II.3.4.	Geologie / GuD	30
III	Konzepte und Varianten	32
III.1.	5 Varianten	32
III.2.	Weiterentwicklung der Varianten	34
III.2.1.	Shedhalle	34
III.2.2.	Tonnendach	35
III.2.3.	Klimagarten aus beweglichen Schirmkonstruktionen	36
IV	Vorentwurf	38
IV.1.	Begründung der Auswahl	38
IV.2.	Entwurfsbeschreibung	38
IV.2.1.	Architektur und Städtebau	40
IV.2.2.	Tragwerk	42
IV.2.3.	Energie	44
IV.2.4.	Schallschutz	46
V	Resumé und Ausblick	47
VI	Literaturverzeichnis	48
VII	Anhang	51
A1	Anhang zum Themenbereich: Tragwerke und Wandelbarkeit	53
A2	Anhang zum Themenbereich: Energie und Klimatechnik	99
A3	Anhang zum Themenbereich: Lärmschutz/ Akustik	165
A4	Anhang zum Themenbereich: Brandschutz	209
A5	Anhang zum Themenbereich: Geologie/ Bodengutachten	249
A6	Kostenschätzung	295
A7	Anamnese des Bestandsgebäudes	299
A8	System Klimahülle: Projektspezifika vs. Modellhaftigkeit	305
A9	Zusammenfassung und Projektkennblatt DBU	317

Zusammenfassung

Für die künftig durch Fluglärm hochbelastete Kita Tabaluga in der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes ein Prototyp einer einerseits vor Lärm schützenden, sowie energetisch aktiven und wandelbaren Klimahülle entwickelt.

Ziel des Projektes war das Erarbeiten eines Klimahüllenvorentwurfes, der sowohl den Anforderungen an Schallschutz, Behaglichkeit und aktiver Energienutzung Rechnung trägt und welcher schließlich der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow – auch auf Basis der Ergebnisse zur künftigen Energiebilanz und einer ersten Kostenschätzung- als Entscheidungsgrundlage für die weitere Förderung und Realisierung der Klimahülle dienen soll.

Dieses Forschungsvorhaben umfasst neben einer Bestandsanalyse mit geologischen, sowie schall- und brandschutztechnischen Untersuchungen eine Übersicht der 5 entwickelten und analysierten wesentlichen Varianten und dem daraus abgeleiteten Vorentwurf der Klimahülle.

Im Bereich der wandelbaren Tragwerke wurden Entwurfsvarianten in Form von physischen Modellen, 2D und 3D-Entwurfszeichnungen und statische Berechnungen in verschiedenen Größen und Maßstäben entwickelt.

Im Bereich Energie wurden Klimasimulationen, -und Konzepte sowie Parameterstudien zu den Entwurfsszenarien erstellt. Im Teilgebiet Schallschutz wurden eigens für dieses Forschungsprojekt schallgedämpfte Lüftungsöffnungen mit eingebauter „Schallmembran“ entwickelt, getestet und schalltechnisch analysiert.

Die Klimahülle funktioniert als ein sensibel auf die jeweiligen Gebäudeteile abgestimmter Organismus, welcher aus einem integrativen Tragwerks-, Energie und Schallschutzkonzept besteht.

Die wesentlichen Bestandteile der Klimahülle sind ein außenliegendes Primärtragwerk aus Stahlfachwerkrahmen im Abstand von je 6,5 m, eine innenliegende, transparente Gebäudehülle aus Glas, sowie ein in der äußersten Schicht befindlicher, wandelbarer Sonnenschutz.

Die städtebauliche Einbindung der Klimahülle zeichnet sich durch eine sensible und geradlinige Anordnung der rechteckigen und gerichteten Kubatur der Klimahülle im städtischen Kontext, welcher durch die Bebauung mit Einfamilienhäusern geprägt ist, aus.

Für eine sinnvolle und effektive- sowohl räumlich-funktionale, als auch klimatechnisch -Nutzung der Klimahülle wird das Bestandsdach der Kita entfernt.

Als Gebäudehülle kommt eine simple, nicht verspiegelte Doppelverglasung in Fassade und Dach zum Einsatz. Damit wird bewusst auf eine aufwändige, energieintensiv herzustellende und kostspielige Wärme- und Sonnenschutzverglasung verzichtet. In spezifischen Bereichen dieser Gebäudehülle werden hierbei speziell in diesem Forschungsprojekt entwickelte semipermeable, transparente Schallschutzelemente eingesetzt.

Weiter wird am Tragwerk ein wandelbarer, außenliegender Sonnenschutz installiert, der die Fassade der Klimahülle je nach Tages- und Jahreszeit zur Kühlung verschattet oder umgekehrt in der kalten Jahreszeit den maximalen solaren Eintrag durch die Gebäudehülle gewährleistet.

Schließlich wird die Klimahülle durch den Einsatz von Photovoltaikmodulen auf den Rändern der Dachfläche, sowie einen saisonal unterschiedlich genutzten Eisspeicher komplettiert.

Die Kombination dieser relativ simplen Grundbausteine befähigt die Klimahülle ohne den Einsatz aufwändiger, wartungsintensiver und somit teurer Gebäudetechnik, auf die verschiedenen Klimabedingungen flexibel zu reagieren und im Innenraum der Kita den größtmöglichen Nutzungskomfort für die Kinder der Kita zu erreichen.

Aktuell beträgt der spezifische Bedarf der Kita an Heizenergie etwa 93 kWh/m²a, entsprechend knapp 9 l Heizöl/m²a bzw. etwa 9 m³Erdgas/m²a. Der jährliche Stromverbrauch beträgt insgesamt knapp 20.000 kWh/a.

Durch die Klimahülle und eine geeignete Auslegung der technischen Gebäudeausstattung (Solarkollektoren, PV, Eisspeicher, Betonkernaktivierung) sowie wandelbaren Tragwerkselementen zur Verschattung und Lüftung wird die Kita Tabaluga zum Nullenergiehaus, d.h. in der Jahresbilanz ist der Energiebezug von außen Null.

Hierbei funktioniert die Klimahülle- nicht nur bei besonderen Wettersituationen -wie extremer Hitze und Kälte- als Klimapuffer, sondern sie reguliert durch eine genau aufeinander abgestimmte Steuerung der einzelnen Komponenten energieautark auch den Luftaustausch und die Wärmekopplung zwischen dem Kita-Bestandsgebäude und dem neu geschaffenen Luftraum unter der Hülle. Zudem sorgt die Klimahülle für eine deutliche Reduktion des Fluglärms im Innenraum, so dass die zulässigen Grenzwerte im gesamten Innenraum künftig nicht überschritten werden.

Im Rahmen eines Folgeprojektes soll nun das bereits bestehende und im ersten Teil erarbeitete Wissen über Klimahüllen allgemein und im spezifisch im Kontext vertieft, weiterentwickelt und für die Objektplanung und Realisierung der Klimahülle am Standort der Kita Tabaluga in Blankenfelde-Mahlow eingesetzt werden. Gemeinsames Ziel aller Planungspartner im Folgeprojekt ist hierbei die qualitative und planerische Weiterentwicklung des Entwurfes als Basis für die konkrete Objektplanung und schließlich die Realisierung der Klimahülle.

Planungspartner dieses Forschungsprojektes waren neben der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow auch sbp sonne gmbh, die Technische Universität Berlin (FG Entwerfen u. Konstruieren - Massivbau) in Zusammenarbeit mit hhp Ingenieure für Brandschutz, advacoustics Ingenieure für Akustik, sowie gud Ingenieure für Geotechnik und Dynamik. Gefördert wurde das Projekt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (AZ 31535/01).

Abbildungsverzeichnis

01	Klimahülle über Manhattan [I/1], Bubble Montage, Buckminster Fuller 1960	2
02	Kindertagesstätte Tabaluga, Außenbereich	8
03	Kindertagesstätte Tabaluga, Draufsicht	8
04	Kristallpalast, London [I/3]	9
05	Großes Palmenhaus Schönbrunn, Wien, Gesamtansicht [I/3]	9
06	IBM - Ausstellungspavillon, Renzo Piano [I/4]	10
07	Fortbildungsstätte, Herne, Außenansicht [I/5]	10
08	Fortbildungsstätte, Herne, Innen [I/7]	10
09	Klappelement Fortbildungsakademie Mont-Cenis in Herne [II/2]	13
10	Von der Energiequelle zur Bewegung	13
11	Fin Ray [II/3]	14
12	Kuppel mit faltbaren Membranelementen	14
13	Faltung der Luftkissenelemente durch Erhöhung des Luftdrucks [II/4]	14
14	Neubau Flugzeughalle Braunschweig [II/5]	15
15	Detail, bodenrollendes und hängendes Schiebetor [II/6]	15
16	Verschiebliches Dachelement [II/7]	15
17	Simulation von Öffnungen in der Dachebene	15
18	Variantenstudie Faltmechanismus [II/8]	16
19	Fassadenmechanismus: Kippen+Falten [II/8]	16
20	Entwurf einer wandelbaren Klimahülle für die KiTa Tabaluga [II/8]	16
21	Nordische Botschaften, Berlin [II/9]	16
22	Thermohydraulische Solarnachführung [II/10]	16
23	Wesertaler Solar-Paravent; Solarflügel [II/11]	17
24	Schattengebende Lamellen auf einer Unterkonstruktion aus Bimetallen	17
25	Solarstrahlungsdaten für Berlin [II/13]	18
26	Jährliche Energie- und Wasserkosten für Kita Tabaluga, Mahlow [II/16]	19
27	Energiebilanz Kita Tabaluga [II/21]	19
28	Entwurfsvariante mit Aufwindtürmen	21
29	Kita Tabaluga Draufsicht, Grundstücksgrenzen	22
30	Kita Tabaluga, Funktionsbereiche, mögliche Kontaktpunkte zwischen Kita und Klimahülle	22
31	Darstellung der Strahlungsdurchlässigkeit durch Glas und ETFE-Folie über die Wellenlänge [II/23]	22
32	Schaubild: Wahrgenommener Schall abhängig vom Schalldruckpegel und der Frequenz [II/24]	23
33	Beispielhafte Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes [II/22]	23
34	Erwartete Lärmbelastung durch Flugzeuge des BER [II/29]	25
35	Zukünftige Flugrouten des BER [II/29]	25
36	Entwurfsskizzen der luftdurchlässigen Schalldämmung	27
37	Lage des Brandherdes, im Falle eines Bürobrandes [II/36]	29
38	Horizontalschnitt bei z = 4m zur 15. Minute. Bürobrand in der Kita [II/36]	29
39	Rauchgasverteilung zur 20. Minute; Schnitt durch Ausgang, Bürobrand in der Kita [II/36]	29
40	Charakteristische Bodenkennwerte entsprechend der DIN EN 1997-1, (Eurocode 7) und DIN 1054: 2010-12	30
41	Temperaturverteilung in der KH "Sheddach" an einem sommerlichen Auslegungstag um 14 Uhr [II/21]	34
42	Skizze Sheddachvariante	34
43	Der zeitliche Verlauf der Sonneneinstrahlung am längsten Tag des Jahres (21.6.) in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung und der Neigung der lichtdurchlässigen Shedseiten. Das Diagramm gilt für eine Ortslage von 51,5° nördlicher Breite (Ruhrgebiet) [III/1]	35
44	CFD Analyse der Variante Bogendach, am 6. Juni um 14 Uhr, Blick aus Süden [II/21]	35
45	Variante Bogendach, Reflexionspfade, Ansicht von vorn und von schräg oben [II/29]	35
46	Lückenschluss mit flexiblen Schirmen [III/3]	36
47	Schematische Darstellung des Bewegungsablaufs [III/3]	36
48	Becher zur Entwässerung [III/3]	36
49	Visualisierung des Bestandgebäudes mit Klimahülle [III/3]	36
50	Punktvolke der stündlichen Mittelwerte der Windgeschwindigkeiten über der Außentemperatur aus den Wetterdaten von Berlin-Schönefeld (2002). [II/21]	37
51	CFD Simulation der Schirmvariante an einem Auslegungstag [II/21]	37
52	Schirmvariante, Reflexionspfade, Ansicht von vorn und von schräg oben [II/29]	37
53	Rahmenvariante, schematische Perspektive	38
54	Sonnenschutzmodule, schematische Anordnung	39

55	Semipemeabler Lärmschutz, schematische Anordnung	39
56	Photovoltaikmodule und Eisspeicher, schematische Anordnung	39
57	Rahmenvariante, schematische Perspektive	40
58	Entfernen des Bestandsdaches	40
59	Vorfertigung der Klimahülle im Werk	40
60	Vorfertigung des Sonnenschutzes im Werk	40
61	Bestandteile der Klimahülle	41
62	Klimahülle: Innenraum	41
63	Klimahülle: neuer Dachgarten	41
64	Aussteifungskonzept	42
65	Auftretende Normalkräfte in Fachwerkträger und Stütze (Berechnung mit Sofistik)	42
66	Sonnensegel in der Fassade [IV/1]	43
67	Abmessung der geöffneten Fassadenmembran [IV/1]	43
68	Klimahülle mit außenliegenden Sonnensegeln, Vogelperspektive [IV/1]	43
69	Komponenten des Energiekonzeptes	44
70	Energiekonzept, Sommersituation	44
71	Energiekonzept, Wintersituation	45
72	Transmittierte Sonnenstrahlung durch die Fenster mit und ohne Sonnenschutz. (Legende: Norden- Gelb (+18°); Osten- Grün (+108°); Süden- Braun (+198°); Westen- Rot (+288°); Dach- Blau [II/21])	45
73	Reflexionspfade, Ansicht von vorn [II/29]	46
74	Foto der „Schallmembran“ im Fensterprüfstand [II/29]	46
75	Prinzipskizze einer Schallmembran mit einer mikroperforierten Folie	46
76	Prinzipskizze einer Schallmembran mit einer mikroperforierten Folie und präsem Ab- sorber (Schaumstoff)	46

Für die künftig durch Fluglärm hochbelastete Kita Tabaluga in der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow wird im Rahmen dieses Forschungsprojektes ein Prototyp einer einerseits vor Lärm schützenden und gleichzeitig energieaktiv Klimahülle entwickelt. Ausgehend von der bewilligten Förderung des Projektes durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt im Oktober 2013, werden im Folgenden die seither in enger Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern und Fachplanern erarbeiteten Ergebnisse vorgestellt.

Dieser Bericht umfasst neben einer Bestandsanalyse mit geologischen, sowie schall- und brandschutztechnischen Untersuchungen eine Übersicht der Entwurfsvarianten und dem daraus abgeleiteten Vorentwurf.

1.1. Einordnung und Zusammenhang

Klimahüllen für Gewerbegebiete

In den Jahren 2003 bis 2006 untersuchte das Ingenieurbüro schlaich bergemann und partner zusammen mit der interdisziplinären Planungsgruppe ISA Stadtbauatelier die Eignung von Klimahüllen speziell für Gewerbegebiete.

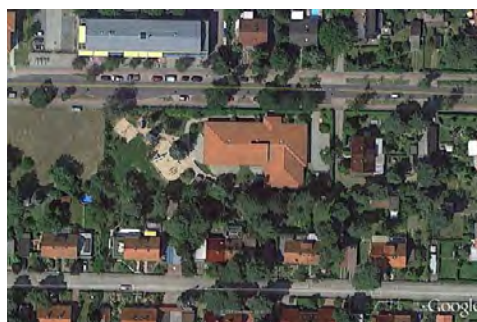
Im Handbuch dieses Forschungsprojektes heißt es: „Klimahüllen sind ein neues Konzept für Gewerbegebiete, ein Konzept, das die Zerstörung der Landschaft und die Ressourcenverschwendung stoppen kann: Die Grundidee ist, die Vielzahl einzelner Gebäude und Hallen – die das heterogene und ausufernde Erscheinungsbild der Gewerbegebiete verursachen – durch wenige große, kompakte und transparente Hallen zu ersetzen.“ (Ph. Dechow, G. Weinrebe [I/1]). Viele Gewerbe unter einer Hülle zu vereinen hat den Vorteil, dass sich durch gemeinsame Nutzung von Lager- und Aufenthaltsflächen die zu mietende Fläche für die Unternehmer verringert. Durch das Kontrollieren von Zu- und Abluft können Emissionen und Immissionen gesteuert und an die einzelnen Gewerbe angepasst werden. Durch modularen Aufbau der Hülle und der Einbauten ist die Flächen-

nutzung sehr flexibel gestaltet und kann schnell an neue Mieter angepasst werden. Untersucht wurden in dem Projekt Möglichkeiten zur Durchbildung des Tragwerks für verschiedene Hüllengrößen und die Gestaltung der Fassade. Daneben wurden Konzepte für den Brandschutz, bauphysikalische Aspekte und Gebäudetechnik entwickelt. Ähnlich einer 1999 gebauten Mikroklimahülle in Herne (siehe S.10) soll auch hier durch die gläserne Hülle eine Erhöhung der Temperatur im Winter sowie durch Sonnenschutz und ausreichender Lüftung ein behagliches Klima im Sommer erreicht werden. Besondere Aufmerksamkeit wurde auch psychologischen und sozialen Aspekten der unter der Hülle arbeitenden Menschen gewidmet. Dabei stellte sich bei einer Befragung von Bewohnern eines klimahüllenähnlichen Wohnkomplexes heraus, dass sich die Erwartungshaltung an den Raum, was Lärm- und Geruchsbelästigung sowie Hitze und Kälte betrifft, eher an denen eines Innenraumes orientieren während gleichzeitig aber gewünscht ist durch Bepflanzung und gestaltete Aufenthaltsbereiche einen Bezug zur Natur herzustellen, der unter der Hülle sonst verloren geht. [I/1], [I/2]

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie soll nun in enger Zusammenarbeit zwischen Planern, Forschern und einer interessierten Gemeinde ein Vorentwurf für die Umsetzung eines Prototyps verfasst werden. Dazu sollen vor allem die Aspekte "Wandelbarkeit" und "Energiegewinnung" sowie "Lärmschutz" weiter untersucht und entwickelt werden. Der Projektauftrag für die Kita unterscheidet sich in so weit von diesem Forschungsprojekt, dass es sich um eine viel kleiner Fläche handelt, unter der nur das Gebäude der Kita und ein Teil des Außenbereichs oder nur ein Teil des Außenbereichs überdacht werden soll. Es handelt es sich hierbei um ein bestehendes Gebäude mit einem funktionierenden Energiekonzept, das durch die Klimahülle nur erweitert werden soll. Hinzukommt sowohl eine gewünschte Wandelbarkeit der Hülle als auch der Schutz vor Fluglärm.



02



03

02 Kindertagesstätte
Tabaluga, Außenbereich

03 Kindertagesstätte
Tabaluga, Draufsicht

Entwicklung der Gewächshäuser im 19. Jhd

Das Halten von exotischen Pflanzen, wie Palmen und Zitrusfrüchten, ist schon seit dem 16. Jhd in Nordeuropa beliebt. Die dafür genutzten Orangerien oder Pommeranzenhäuser waren teilverglast und mit schlechten Heizungen ausgerüstet.

Durch die Kolonialisierung der Afrikanischen Länder wuchs in Europa das Interesse an tropischen Pflanzen. 1830 patentierte der Arzt und Botaniker Nathaniel Ward den Ward'schen Käfig, einen geschlossenen Glaskasten, in dem Pflanzen ohne zusätzliche Pflege lange Schiffsreisen unbeschadet überlebten. In Europa angekommen brauchten die tropischen Pflanzen wärmere Räume und damit große Glasflächen, wenig verschattete Bereiche und ein gutes Heizsystem. Die Erfindung des Eisens ermöglichte filigrane, weitgespannte Konstruktionen, die in dem heißfeuchten Klima nicht verfaulen. Mithilfe von Pressluft konnte die Glasherstellung vereinfacht und größere Glasscheiben hergestellt werden. So wurde es im 19. Jahrhundert möglich vollverglaste Gewächshäuser aus Eisen-Glaskonstruktionen zu bauen, die neben der Ausstellung exotischer Pflanzen auch architektonisch repräsentativ wirken sollten.

Georg Steward MacKenzie und John Loudon experimentierten mit verschiedenen Gewächshausformen und kamen zu dem Ergebnis, dass der maximale Lichteintrag nur erreicht werden kann, wenn die Sonne möglichst lange senkrecht zu den Glasflächen steht, da bei senkrechter Sonneneinstrahlung ein Minimum an Strahlung reflektiert wird. Die gebräuchlichsten Dachformen, das Faltdach (Ridge-and-furrow, wie z. B. im Kristallpalast in London) und das gewölbte Dach (curvilinear houses), sind aus diesen Überlegungen abgeleitet.

Kristallpalast, London, Hyde Park

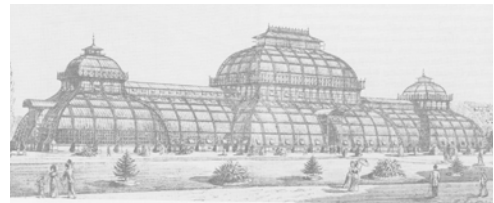
Der Kristallpalast im Londoner Hyde Park wurde für die erste Weltausstellung 1851



04

04 Kristallpalast, London [1/3]

05 Großes Palmenhaus Schönbrunn, Wien, Gesamtansicht [1/3]



05

von dem Architekten Paxton entworfen und gebaut. Der Bau sollte nur für die Dauer der Weltausstellung im Hyde Park stehen. Er wurde 1853 in Sydenham wiederaufgebaut und ist 1936 abgebrannt. Der Pavillon stand auf einer Grundfläche von 563x124m und war 19,50m hoch. Der Bauprozess zeichnete sich durch ein hohes Maß an Vorfertigung und die dafür erforderliche Modularität aus, da nur 1 Jahr zwischen der ersten Entwurfs-idee und der Eröffnung der Ausstellung lag. Als Dachform wurde das von Loudon entwickelte, aber noch nie in der Praxis erprobte Ridge-and-Furrow Dach gewählt, das in den Falten zusätzlich ein Regenwasserableit-system integrierte und so das Wasser auf schnellstem Wege durch die hohlen Stützen in die Kanalisation ableitete.

Beim Gewächshausbau wurde viel Sonneneintrag gewünscht, für die Besucher der Weltausstellung war dies aber eher hinderlich. Um eine Überhitzung zu vermeiden wurden in jedem Stockwerk und im Dach Lüftungsklappen eingebaut. Im Dach wurden zusätzlich an vielen Stellen Leinwände aufgelegt, die durch ein Wasserleitsystem befeuchtet werden konnten und so die Dachhaut abkühlten.

Palmenhaus ,Wien Schönbrunn

Das Große Palmenhaus in Wien wurde von 1880-1882 unter der Leitung des Architekten Franz von Sengenschmid gebaut. Es ist 111m lang und besteht aus einem hohen Mittelpavillon und zwei niedrigeren Seitenvavillons, die durch Tunnel miteinander verbunden sind. Sie werden als Kalthaus, Palmenhaus und Warmhaus benutzt. Jeder Pavillon besteht aus bogenförmig auf die Mitte hin zulaufenden Bindern, auf die eine Laterne aufgesetzt ist. Am Sockel der Laterne steht das Dach zusätzlich auf gusseisernen Stützen. Die Verglasung liegt innen und ist teils gerade und teils einfachgekrümmt. Die gekrümmte Form ermöglicht auch bei tiefstehender Sonne einen guten Lichteinfall.

Das Haus wurde mit einer Dampfwasserheizung betrieben, bei der Wasserdampf in Heizkammern unter dem Palmenhaus aufheizt und in die Pavillons geleitet wurde. [1/3]



06

Beispiele von Klimahüllentypen im 20. Jhd

IBM– Ausstellungspavillon, Renzo Piano

Von 1982-1984 wurde ein Ausstellungspavillon für eine Wanderausstellung der IBM von Renzo Piano Building Workshops und dem Londoner Ingenieurbüro Ove Arup & Partners geplant und gebaut. Der Pavillon sollte die neuste moderne Technik präsentieren und gleichzeitig einen Bezug zur Natur herstellen. Er bestand aus 34 hintereinandergestellten Dreigelenkbögen aus Holz, die, auf einer Länge von 45m, 10,2m überspannten. Zwischen den Bögen befanden sich jeweils 12 transparente Polycarbonpyramiden, die gleichzeitig die raumabschließende Schicht bildeten und als Aussteifung dienten. Über die Spitzen der Pyramiden spannte ein weiterer Holzbogen. Es wurden flexible Neoprendichtungen sowie verstellbare Edelstahlrohre eingesetzt, um Verschiebungen zwischen den verschiedenen Materialien zuzulassen und Flexibilität bei mehrfachem auf- und abbauen zu gewährleisten. Die Konstruktion war auf einen Stahlboden aufgebockt, in dem sich ein Hohlraum für die Gebäudetechnik und Versorgung der technischen Geräte befand. Um Überhitzung zu vermeiden konnten lichthemmende Dämmplatten aus Plexiglas mit separaten Aluminiumgitterblechen in die Pyramiden eingehängt werden. Zusätzlich konnten dehnbare Sonnenschutzsegel als Blendschutz für die Bildschirme in den Raum gehängt werden. Durch Einpusten von warmer Luft am Scheitelpunkt, die über Düsen auf die Innenseite der Polycarbonpyramiden gelenkt wurde, konnte Kondenswasserbildung an der Gebäudehülle verhindert werden. [1/4]

Herne

1999 wurde in Herne in Nordrhein-Westfalen auf dem Gelände der ehemaligen Kohlezeche Mont-Cenis eine Mikroklimahülle für eine Fortbildungsstätte fertiggestellt. Diese enthält auf einer Grundfläche von 14.000m² verschiedene Lehrgebäude und Aufenthalts-



07

bereiche mit einer Landschaft aus Gräsern, Kieswegen, Wasserbecken und Bäumen. Die Konstruktion besteht aus Holzstämmen und Holzrechteckprofilen, die mit Stahlprofilen und -seilen untereinander verbunden sind. Die Glaselemente der Fassade sind in Aluminiumrahmen gefasst. Die Temperaturen in der Hülle liegen im Winter etwa 5°C über der Außentemperatur, durch Nutzung der Sonnenenergie durch den Glashauseffekt. Im Sommer herrscht in etwa Außentemperatur. Eine gute Durchlüftung ist durch Öffnen der Hallentore und Lüftungsklappen in Fassade und Dach möglich. Ein zusätzlicher Kühleffekt wird durch Wasserspiele erzeugt. Sonnenschutzelemente, PV-Module auf dem Dach und Bäume im Aufenthaltsbereich spenden Schatten. Die Belüftung der Lehrgebäude erfolgt über einen Rotationswärmetauscher, der in den Zwischenjahreszeiten mit Luft aus der Halle und bei sehr heißen oder kalten Temperaturen mit durch einen Erdkanal angesaugter Außenluft versorgt wird. Damit wurde der Heizenergiebedarf im Vergleich zu einem ähnlich gedämmten Haus um 23% gesenkt. Heizenergie wird durch Auffangen und Nutzen von Erdgas, das sich in den alten Kohleschächten sammelt, in einem Blockheizkraftwerk gewonnen. Auf dem Dach der Hülle ist eine Photovoltaikanlage installiert, die mit einer Größe von 10.000m² und einer Spitzenleistung von 1MW das bis dahin größte dachintegrierte Solarkraftwerk ist. Mit Hilfe eines Regenwasserauffangsystems und Brauchwassernutzung werden die Betriebskosten zusätzlich gesenkt. [1/6]



08

06 IBM - Ausstellungspavillon, Renzo Piano [1/4]

07 Fortbildungsstätte, Herne, Außenansicht [1/5]

08 Fortbildungsstätte, Herne, Innen [1/7]

I.2. Anforderungen und Ziele

Die vorgestellten Beispiele von Klimahüllen des 19. und 20. Jahrhunderts stehen stellvertretend für die aus der jeweiligen Zeit resultierenden gesellschaftlichen, sozialen sowie technischen Anforderungen.

Während die stereotypischen Gewächshäuser des 19. Jahrhunderts eher repräsentativen Charakter hatten und hierbei Kunst und Technik- wie beispielsweise in aufwendig gestalteten Kapitellen der Eisenstützen zu sehen ist- in den Entwürfen wie dem Kristallpalast zu vereinen suchten, sind im 20. Jahrhundert meist funktionale und gebäudetechnische Parameter die Triebfedern der Entwürfe gewesen.

Dennoch gibt es selbst bei all den unterschiedlichen funktionalen wie ästhetischen Divergenzen auch über die Zeit hinweg viele Gemeinsamkeiten, wie etwa der Wunsch nach größtmöglicher Transparenz, dem dadurch resultierenden Einsatz leichter und weitgespannter Tragwerke sowie das Zusammenwirken vieler Experten, wie Künstlern, Ingenieuren, Architekten, Botanikern und Gebäudetechnikern.

Auch die Konzeption der Klimahülle für die KITA Tabaluga in Blankenfelde-Mahlow steht in dieser Tradition und erfordert ebenso eine intensive Auseinandersetzung mit den jeweiligen Experten, umso mehr da im Falle der KITA in Blankenfelde-Mahlow neben den klimatischen Aspekten auch das Thema Schallschutz eine nicht untergeordnete Rolle spielt.

Für eine gelungene Lösung und Umsetzung dieser spezifischen Anforderungen ist eine schon zu Beginn der Planungsphase koordinierte, enge Zusammenarbeit zwischen den künftigen Nutzern und den verschiedenen planerisch- technischen Disziplinen essentiell.

Hierbei soll ein filigranes, wandelbares Tragwerk, die aktive Energiegewinnung, ein funktionierendes Klimakonzept sowie ein ausreichender Schallschutz für die Kinder als gleichberechtigt gewichtete Faktoren einander bedingen sowie darüber hinaus zu einem Organismus zusammenfinden und funktionieren.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Vorplanung und Kostenschätzung eines Prototypen einer Klimahülle zu entwickeln. Die Ergebnisse dieses Planungsprozesses sollen der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow schließlich als Entscheidungsgrundlage für die Realisierung einer Klimahülle für die KITA Tabaluga dienen.

Auch sollen die Erkenntnisse aus der Pla-

nung gegebenenfalls Modellcharakter zur Ideenfindung und Planung weiterer Areale in der durch Fluglärm hoch belasteten Gemeinde haben.

I.3. Vorgehensweise

Nach Projektstart im Februar 2014 wurden neben den Projektbeteiligten TU Berlin, sbp solar GmbH sowie der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow sofort auch die Fachplaner für Brandschutz (hhp Ingenieure), Schallschutz und Akustik (advacoustics) sowie Geologie (GuD consult) mit in die Planung einbezogen. Hierbei wurden neben einem gemeinsamen Kick-Off Meeting mit allen Fachplanern sowie der Gemeindevertretung Blankenfelde-Mahlow auch regelmäßige Treffen zwischen den Projektbeteiligten durchgeführt. Ziel, der in diesem Zwischenbericht zusammengefassten Projektstufe, war die Entwicklung von einer zunächst explizit getrennten Evaluation aller Projektbeteiligten hin zu daraus resultierenden, kombinierten Lösungsansätzen.

Hierbei haben sich 5 Varianten herauskristallisiert, welche auf die zuvor beschriebenen Anforderungen auf jeweils unterschiedliche Weise hinsichtlich ihrer Größe, architektonischen Gestalt, sowie ihrer jeweiligen Tragwerke und Klimakonzepte reagieren.

In der 2. Phase des Forschungsprojektes wurde die Variante mit dem größten Potential für eine Weiterbearbeitung evaluiert und genauer untersucht.

Für die hierbei ermittelte Lösung einer rechteckigen Rahmenkonstruktion wurden daraufhin erneut sowohl verschiedene Tragwerks-, Energie- und Schallschutzkonzepte vertiefend untersucht, als auch die Korrelation der verschiedenen Bereiche untereinander untersucht.

Um ein möglichst effizientes, flexibles und leistungsfähiges Gesamtkonzept für die Klimahülle zu erreichen, wurde gezielt darauf geachtet, dass aus keinem der verschiedenen Teilbereiche – Tragwerk, Gebäudetechnik und Schallschutz – einseitig ein den Entwurf zu stark dominierendes Einzelelement hervortritt.

Vielmehr lag der Entwurfsansatz auf der Kombination simpler und gut kombinierbarer Einzelmodule der unterschiedlichen Bereiche, um in der Summe eine möglichst hohe Einheit in der Vielfalt der Anforderungen zu erreichen.

II Themenbereiche

II.1. Tragwerke und Wandelbarkeit

Die Wandelbarkeit bei Klimahüllen bedeutet zunächst ganzheitliches oder teilweises Öffnen und Schließen. Hier wurden verschiedene Möglichkeiten erarbeitet, die in kleinformatiges und großformatiges Öffnen und Schließen unterteilt wurden.

Die besondere Anforderung des Schallschutzes steht jedoch konträr zu dieser Art der Wandelbarkeit. Luftschall und damit der Fluglärm verhält sich nach dem Schlüssellochprinzip – die kleinste Öffnung in der Hülle minimiert jeglichen Schallschutz. Schallschutz und Wandelbarkeit im Sinne von Öffnen sind daher nicht vereinbar.

Die Nutzer der Kita sollten deshalb jederzeit selbst entscheiden können, ob sie die Hülle öffnen oder schließen wollen.

Das energetische Potential von Klimahüllen lässt sich insbesondere in den kalten Monaten ausschöpfen, da hier der Glashauseffekt einen vorgewärmten Zwischenbereich schafft, wodurch das umhüllte Gebäude nicht so stark geheizt werden muss. Im Sommer jedoch wird der Glashauseffekt zum Problem, da sich der Zwischenbereich stark aufheizt. Lässt man die Funktion Schallschutz außen vor, wäre es im Sommer also wünschenswert, den Einhüllungsgrad so weit wie möglich zu minimieren. Der Zwischenraum wird dann zum Außenraum und der Nutzer fühlt sich nicht eingeschlossen. Die ideale Klimahülle in diesem Sinne wäre an warmen Tagen nicht vorhanden, böte höchstens Verschattung.

Wandelbarkeit kann aber auch die Veränderung der Eigenschaften der Hülle bedeuten. Hier ist in erster Linie die Eigenschaft der Lichtdurchlässigkeit zu nennen. Bleibt die Klimahülle aufgrund des Schallschutzes auch im Sommer geschlossen, sind Verschattungssysteme unumgänglich. Daher wurden zusätzlich bewegliche Verschattungssysteme untersucht.

II.1.1. Kriterien zur Beurteilung wandelbarer Systeme

Es wurden Kriterien ermittelt anhand derer sich die Eignung eines bestimmten wandelbaren Tragwerks für eine Klimahülle einschätzen lässt. [II/1]

1. Grad des Öffnens

-Optimal 100% -- Gut wäre auch, wenn der Nutzer Einfluss auf den Grad der Öffnung hat, es nicht nur die zwei Zustände „offen“ und „geschlossen“ gibt

2. Dauer des Öffnens

- Möglichkeit der schnellen Reaktion auf bestimmte Situationen (Regen, Gewitter)

3. Eignung für transparentes Hüllmaterial

- Hülle sollte im geschlossenen Zustand den freien Blick zum Himmel erlauben
- Faltbare Membranmaterialien sind üblicherweise nicht transparent und sind daher eher ungeeignet

4. Eignung für mehrlagiges Hüllmaterial

- Durch Mehrlagigkeit kann ein hoher Wärme- und Schallschutz erreicht werden
- Falt- und Rollmechanismen sind hierfür nicht gut geeignet

5. Energiebedarf für die Bewegung

- Einfluss hat hier die zu bewegende Masse, sowie Bewegungsart und -richtung

6. Platzbedarf der geöffneten Konstruktion

- Bei geringem Platzbedarf steht mehr Nutzraum zur Verfügung und die Konstruktion ist weniger dominant

7. Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit

-Tendenziell: Je mehr einzelne Elemente, desto geringer die Dauerhaftigkeit
- Großteilige, einfache Konstruktionen sind vorteilhaft
- Redundante System sind zweckmäßig (z.B. zwei Motoren, obwohl nur einer nötig wäre)

8. Verhalten bei Schnee und Wind

- Zusätzliche Angriffsfläche im geöffneten Zustand
- Schnee sollte nach Möglichkeit abrutschen oder abtauen können um Lichteintrag zu ermöglichen, Vermeidung von Schneesackbildung

II.1.2. Antriebsmechanismen

Von der Energiequelle bis zur Bewegung

Im Prinzip kann die für die Wandelbarkeit erforderliche Energie aus verschiedensten Quellen kommen. Energie, sowohl direkt aus dem Stromnetz als auch aus Erdwärme, Wind, Sonne oder der Muskelkraft der Nutzer, kann über zwischengeschaltete Umwandlungsmechanismen in Bewegungsenergie umgewandelt werden. Ein offensichtlicher Weg wäre, Strom mittels Photovoltaik zu produzieren, der dann über einen Elektromotor in Bewegungsenergie umgewandelt wird.

Um Elemente in der Hülle zu bewegen, kommen im Wesentlichen drei Antriebsarten in Frage: Hydraulik, Elektromotoren und Handbetrieb. Eine weitere Antriebsart stellt die Temperatureausdehnung von Stoffen dar.

Hydraulik

Hydraulische Antriebe eignen sich für große Kräfte und kurze Wege, verbrauchen vergleichsweise wenig Energie, sind leise und die Bewegung ist gleichmäßig und lastunabhängig. Hydraulisch angetriebene Klappenelemente sind zum Beispiel bei der Fortbildungsakademie Mont-Cenis in Herne verbaut. Im Sommer sind die hydraulisch angetriebenen Elemente im oberen Fassadenbereich und im Dach geöffnet. Der so entstehende Unterdruck wird zum Ansaugen von Frischluft über Erdkanäle genutzt.



09

Elektromotoren

Elektromotoren eignen sich für relativ kleine Kräfte und lange Wege. Es gibt ebenfalls leise und energieeffiziente Elektromotoren.

Antrieb per Hand

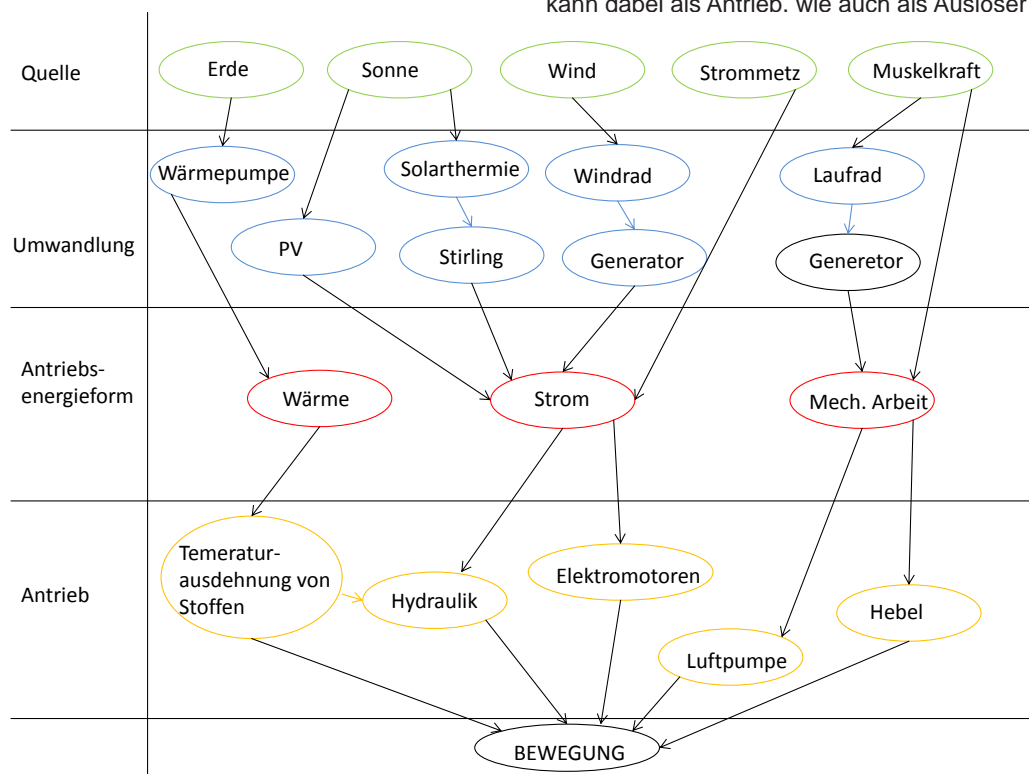
Durch einen effizienten Übertragungsmechanismus können große Kräfte ebenfalls per Hand aufgebracht werden. Die Ausführung einer Bewegung bedeutet das Verrichten von mechanischer Arbeit W . Eine Kraft F wird entlang eines Weges s bewegt.

$$W = F \cdot s$$

Ist man nicht in der Lage, große Kräfte aufzubringen, kann man über einen längeren Weg die gleiche Menge an Arbeit verrichten. Von Nöten ist dabei ein Übertragungsmechanismus, der Arbeit im Sinne von kleiner Kraft und langem Weg in Arbeit im Sinne von großer Kraft und kleinem Weg umwandelt. Hydraulik funktioniert nach diesem Prinzip. Für den Handbetrieb eignen sich Hebelkonstruktionen oder Flaschenzüge. Im Bauwesen wird die aufzubringende Kraft oftmals durch das Anbringen einer zusätzlichen Masse erleichtert. Zugbrücken und Waagebalkenbrücken funktionieren nach diesem Prinzip.

Temperatureausdehnung von Stoffen

Klimahüllen heizen sich im Sommer auf. Die Energie der warmen Luft unterhalb der Hülle kann dabei als Antrieb, wie auch als Auslöser



09 Klappenelement Fortbildungsakademie Mont-Cenis in Herne [II/2]

10 Von der Energiequelle zur Bewegung

10

für sich öffnende Elemente genutzt werden, die wiederum der Überhitzung entgegenwirken. Denkbar sind Systeme in jeglicher Größenordnung für Fassade und Verschattung.

Bimetall

Das Prinzip Bimetall ließe sich auch durch die Anordnung zweier Materialien, die sich stärker in ihren Wärmeausdehnungseigenschaften unterscheiden, optimieren.

In Bezug auf eine mögliche Fassadenkonstruktion könnten mehrere Bimetallstreifen als innenliegende Schicht so angeordnet werden, dass sie sich bei Erwärmung des Innenraumes verkrümmen und somit Luft reinlassen.

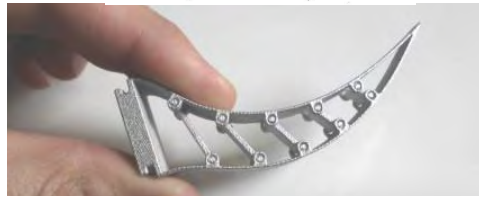
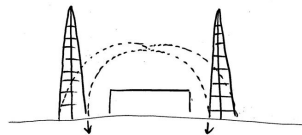
Adaptive Thermohydraulikfassade

Mit Wachs befüllte, thermohydraulisch angetriebene Aktuatoren könnten ebenso für ganze Fassaden verwendet werden. Es wurden bereits thermisch aktivierte Lüfter entwickelt, bei denen zwei Layer übereinander geschoben werden, so dass der Lüfter je nach Temperatur offen oder geschlossen ist.

Nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren thermohydraulische Fensterheber, die in den letzten Jahren zu Lüftungszwecken Eingang in die Praxis des Gewächshausbaus gefunden haben. In Hydraulikzylindern befindet sich ein Spezialwachs, das sich ab einer bestimmten Temperatur verflüssigt. Durch den im Zylinder befindlichen Überdruck können Fenster mit einem Gewicht von bis zu 25 Kg geöffnet werden. Eine Rückholfeder zieht das Fenster bei kühleren Temperaturen wieder zu. Es gibt auch Systeme mit Sturmsicherung.

Thermohydraulisch angetriebene Sonnennachführung

Thermohydraulische Systeme werden derzeit hauptsächlich zum Nachführen der Sonne für Solarkollektoren benutzt. Dabei befindet sich an Ober- und Unterkante der der Sonne nachgeführten Fläche jeweils eine Absorberröhre, die über eine Leitung mit einem 2-Wege-Hydraulikzylinder verbunden und so miteinander gekoppelt sind. Erwärmt sich eine Röhre aufgrund unterschiedlicher Sonneneinstrahlung mehr als die andere, wird eine Druckdifferenz im Zylinder erzeugt, die zum Ein- oder Ausfahren und über einen Koppelmechanismus zu einer Rotation der Fläche führt. Da das System nach Gleichgewicht strebt, stellt sich die Fläche immer senkrecht zur Sonne ein.



11

II.1.3. Wandelbare Systeme

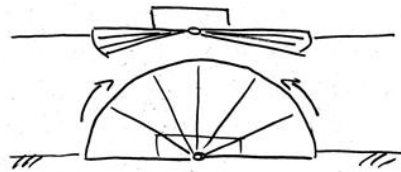
Nachfolgend sind einige Möglichkeiten großformatiger Öffnung aufgezeigt.

Fin Ray

Die Funktionsweise des aus der Bionik kommenden Fin Rays wurde am Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau bereits untersucht. Dieses Prinzip ließe sich auch als wandelbare Einhüllung eines Gebäudes nutzen. Erforderlich wären lediglich zwei Aktuatoren, die die gesamte Konstruktion bewegen könnten (siehe Abb. 11).

Membrane

Membrane könnten entlang einer Rahmenstruktur gefaltet und bei Bedarf in einer Garage verstaut werden. Sie könnten ebenfalls auf Bogensegmente gespannt werden und entlang eines Punktes rotiert werden. Die Rotationsbewegung kann frei oder auch entlang eines Bogens vollzogen werden.



12

Adaptive Luftkissenfassade

Am Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau wurde in den letzten Jahren Forschung im Bereich der pneumatischen



13

11 Fin Ray [II/3]

12 Kuppel mit faltbaren Membranelementen

13 Faltung der Luftkissenelemente durch Erhöhung des Luftdrucks [II/4]

Tragwerke betrieben. Dr.-Ing. Christian Hartz entwickelte luftdruckgesteuerte bewegliche Systeme [II/4]. Es könnten mehrere Luftkissen hintereinandergeschaltet werden, die bei Erhöhung des Luftdrucks eine Bewegung ausführen. Möglich sind Faltbewegungen wie in Abb. 13. Fixiert man die Kissen jedoch oben und unten, führen nur die Ränder eine Bewegung nach innen aus.

Das Erhöhen des Luftdrucks kann auch durch Wärmeausdehnung aufgrund von Temperaturerhöhung verursacht werden. Vorstellbar ist eine Fassade, die sich bei erhöhter Innentemperatur öffnet. Durch Anbringen von Magnetstreifen an den Rändern könnte der Öffnungsvorgang kontrolliert nur ab einer bestimmten Temperatur erfolgen.

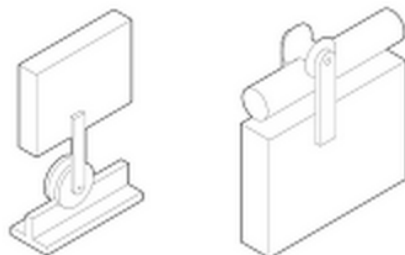


14

Steife Elemente - Bewegung auf Schienen

Verschiebbare Wandelemente sind Stand der Technik und finden in dieser Größenordnung beispielweise bei Flugzeughangars Anwendung. Man unterscheidet zwischen hängenden und bodenrollenden Toren. Der Vorteil von bodenrollenden Toren ist, dass das Gewicht nicht von der Tragkonstruktion abgeleitet werden muss, sondern direkt vom Untergrund aufgenommen wird. Sehr große Tore werden deshalb immer als bodenrollend ausgeführt. Allerdings stört die Laufschiene am Boden den unbehinderten Übergang ins Freie und verdreckt schneller. Für die Klimahülle sind Schiebetore in der Fassade bis 15m Breite denkbar für eine große Öffnung zum Hof hin. Für diese Größe sind beide Systeme ausführbar.

Die Elemente können ebenfalls horizontal in der Dachebene auf Schienen verfahren werden. Die Form der Elemente und auch



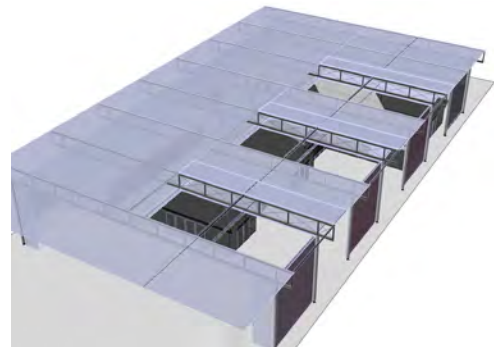
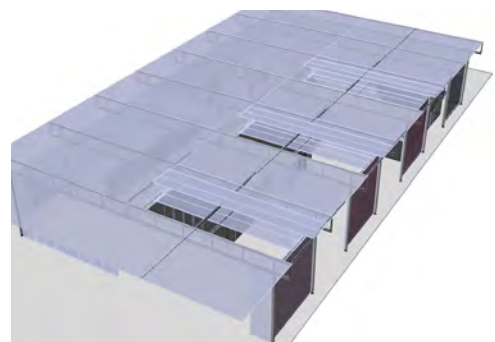
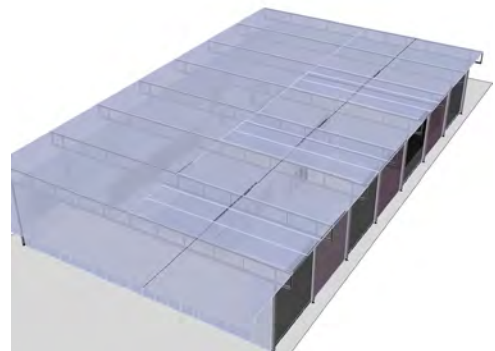
15



16

der Verlauf der Führungsschienen können variiert werden. Das Verschieben von ganzen Rahmen ist ebenfalls möglich, allerdings relativ aufwendig, da viel Masse bewegt werden muss. Kreissegmente können um einen Rotationspunkt verschoben werden.

Innovativer Ansatz für die Verwirklichung der Klimahülle sollte sein, die Gebäudetechnik intelligent mit dem Öffnungsmechanismus zu verbinden, so dass bei hohen Außentemperaturen die Klimahülle schnell und leise großflächig geöffnet werden kann, um so Überhitzung zu vermeiden. Der Mechanismus dazu sollte möglichst einfach und wartungsfrei sein.



17

14 **Neubau Flugzeughalle Braunschweig [II/5]**

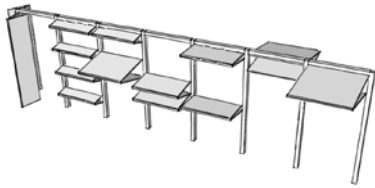
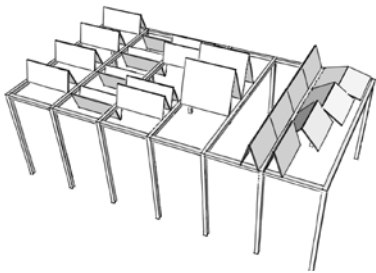
15 **Detail, bodenrollendes und hängendes Schiebetor [II/6]**

16 **Verschiebliches Dachelement [II/7]**

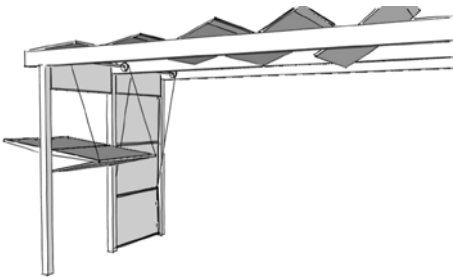
17 **Simulation von Öffnungen in der Dachebene**

Steife Elemente - Klappen

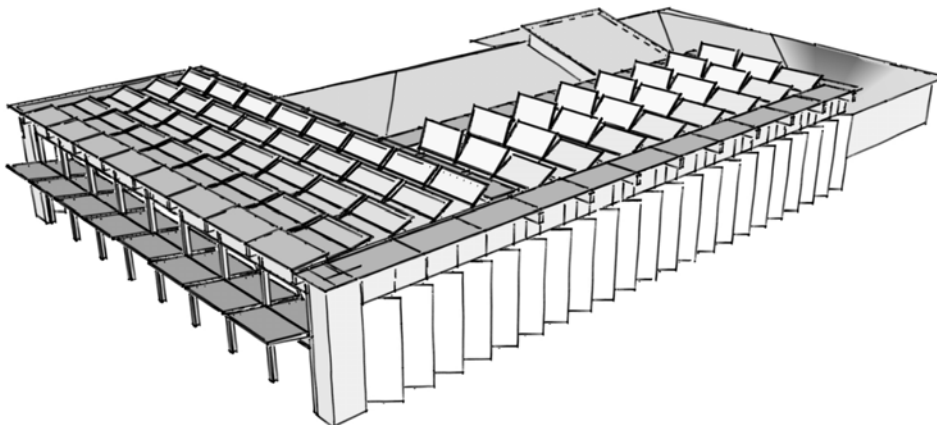
Im Rahmen einer Masterarbeit wurde am Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau Klapp-, Kipp- und Drehmechanismen für Dach und Fassade genauer untersucht und an eine mögliche Klimahülle angepasst [II/8]. Aus einem Variantenstudium in unterschiedlichen Größen und Richtungen wurde ein Entwurf mit verschiedenen Bewegungsmechanismen für verschiedene Bereiche der Klimahülle angefertigt. Die Bereiche unterscheiden sich in den Anforderungen hinsichtlich der Größe der Öffnungen, dem Einsatz von PV-Modulen, der Entwässerung u.ä. .



18



19



20

Außenliegende Verschattungsanlagen

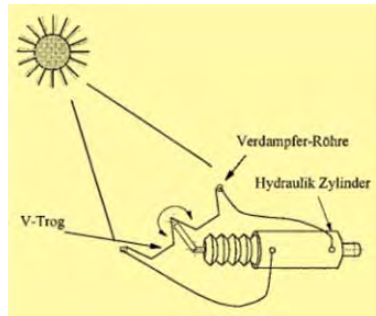
Lammellenartig horizontal oder vertikal angeordnet.



21

Autarke, thermohydraulisch angetriebene Nachführsysteme

Das bereits beschriebene System zur Nachführung der Sonne wurde ursprünglich entwickelt, um die Ausbeute von Solarkollektoren zu optimieren. Es kann aber auch für die Verschattung genutzt werden. Die Verschattungselemente stellen sich mit Hilfe der Sonnennachführung immer senkrecht zur Sonne ein und erzeugen so eine größtmögliche Schattenfläche.



22

Ausgehend von diesem Grundprinzip sind unterschiedlichste Systeme und Anwendungen denkbar. Das Verschattungssystem der Fassade des Wirtschaftshofes in Linz besitzt immer die optimale Verschattung und ihre PV-Module sind jederzeit optimal zu der Sonne hin ausgerichtet.

18 Variantenstudie Faltmechanismus [II/8]

19 Fassadenmechanismus: Kippen+Falten [II/8]

20 Entwurf einer wandelbaren Klimahülle für die KiTa Tabaluga [II/8]

21 Nordische Botschaften, Berlin [II/9]

22 Thermohydraulische Solarnachführung [II/10]

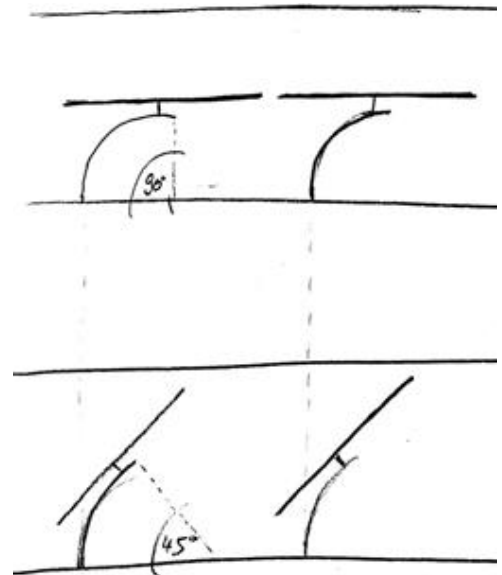
Das Projekt „Wesertaler Solar-Paravent“ (Abb. 23) legt die Potentiale dieser Technik offen. Die Solarlamellen des Solarturms können um die horizontale Achse rotieren, während die Flügel des Turms um die vertikale Achse rotieren. Somit stehen die Lamellen immer genau senkrecht zur Sonne und können ein Maximum an Energie erzeugen.

Autarke, sich selbst regelnde Systeme mit Bimetallen

Das Prinzip des Bimetalls ließe sich auch für unter der Dachhaut liegende Verschattungselemente nutzen. Im Sommer staut sich warme Luft unterhalb des Daches. Würde man Verschattungslamellen auf einer Unterkonstruktion aus Bimetallen anordnen, könnten diese so eingestellt werden, dass sich die Lamellen bei starker Erwärmung schließen und so den Lichteinfall minimieren (Abb. 24).

Lerneffekt durch Wandelbarkeit

Durch eine wandelbare Klimahülle kann neben dem energetischen Nutzen und der Verbesserung der Aufenthaltsqualität auch ein didaktischer Mehrwert geschaffen werden. Die Kinder sollten die Technik in ihrer Umgebung kennenlernen und verstehen können. Anhand einfacher Lehrbeispiele könnte genutzten Prinzipien erklärt werden. Beispielsweise gibt es Spielzeuge, die sich



24

aufgrund von aufgesetzten PV-Modulen bewegen können. Würde die Energie für die Wandelbarkeit ebenfalls durch PV-Module bereitgestellt werden, könnten die Kinder im Kleinen wie auch im Großen erlernen, wie verschiedene Energieformen ineinander umgewandelt werden und welches Potential in der Sonnenenergie steckt. Das Gleiche gilt für Windenergie und andere Energieformen. Mechanische Sachverhalte wie das Hebelgesetz könnten die Kinder ebenfalls spielerisch erlernen.



23 Wesertaler Solar-Paravent; Solarflügel [II/11]

24 Schattengebende Lamellen auf einer Unterkonstruktion aus Bimetallen

II.2. Energie und Klimatechnik

II.2.1. Randbedingungen / Bestand

Randbedingungen / Meteorologische Daten

Um technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösungen zur Energiebedarfsdeckung mit erneuerbaren Energien identifizieren zu können, ist zunächst eine möglichst exakte Kenntnis der meteorologischen Bedingungen am Standort erforderlich. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde ein Wetterdatensatz verwendet, der vom US Department of Energy zur Verfügung gestellt wird [II/12]. Die Wetterdaten basieren auf WMO/ASHRAE-Daten [II/14][II/15]. Da für Mahlow keine geeigneten Daten verfügbar sind, wird auf die entsprechenden Wetterdaten für Berlin zurückgegriffen.

Um die Möglichkeiten der Solarenergie- und Windkraftnutzung abschätzen zu können, müssen insbesondere die Solarstrahlungsdaten und die Windgeschwindigkeiten bekannt sein.

Abb. 25 zeigt die monatliche Strahlungsenergie. Dargestellt sind Diffus- und Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche. Deutlich zu sehen sind die großen jahreszeitlichen Unterschiede.

Die Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit liegen im Bereich von rund 2 m/s, eine sinnvolle Nutzung der Windkraft mit kleinen Windkraftanlagen ist damit nicht möglich. Außerdem korrelieren Energiedargebot und -bedarf zeitlich nur wenig, man müsste den Strom speichern, was die Kosten erhöht.

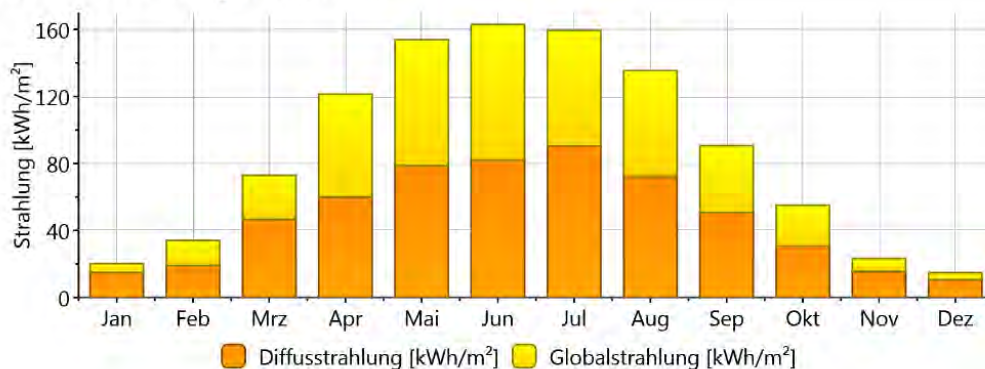
Auch eine wirtschaftliche Nutzung einer Biogasanlagen oder eines Biomassekessel ist aufgrund des geringen Bedarfes und des zu hohen Platzbedarfs nicht möglich.

Bewertung des Bestands

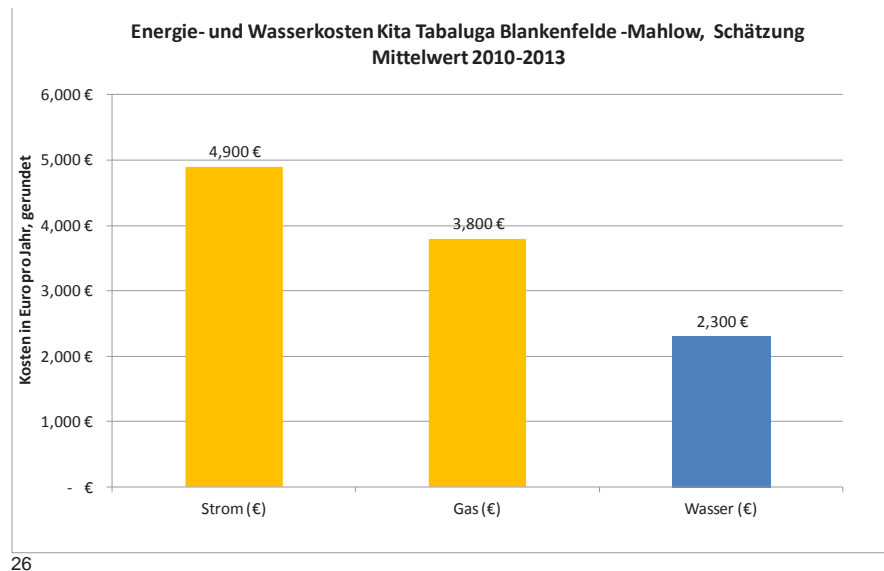
Die Kita Tabaluga befindet sich in Blankenfelde-Mahlow in Berlin. Sie wurde 2003 nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV vom 16.11.2001) gebaut. Der Jahresprimärenergiebedarf ist dementsprechend niedrig. Als typischer Jahresverbrauch wurden rund 20.000 kWh elektrische Energie, 54.000 kWh Gas und 550 m³ Wasser verbraucht (Mittel 2010-2013) ermittelt. Diese Werte alleine sagen noch nicht sehr viel aus. Um einen Hinweis darauf zu erhalten, welche Investitionen zur Senkung des Bedarfs wirtschaftlich sinnvoll sein könnten, wurden spezifische Bezugskosten geschätzt, und dann die jährlichen Kosten ermittelt. Die jährlichen Kosten für Energie- und Wasser sind in Abb. 26 dargestellt. Am höchsten sind die Stromkosten mit knapp 5.000€ pro Jahr; diese werden tendenziell wegen steigender Bezugskosten steigen. Dem kann voraussichtlich nur begrenzt durch Energieeffizienzmaßnahmen (z.B. LED-Leuchtmittel) entgegengewirkt werden.

Die Barwerte geben einen Anhaltspunkt, in welcher Höhe Investitionen wirtschaftlich sinnvoll sind, unter der Annahme, dass das neue System den Bedarf vollständig deckt. Beispielsweise dürfte eine PV-Anlage mit Speicher (sie muss ja auch nachts den Strombedarf decken) unter den genannten Annahmen maximal 43.000 € kosten. Dies ist eine stark vereinfachte Rechnung, da hier Kostensteigerungen beim Energie- und Wasserbezug nicht berücksichtigt sind; eine erste grobe Abschätzung ist so aber durchaus möglich.

Simulationen des Kitabestands ohne Klimahülle ergeben, dass der Jahresenergieverbrauch hauptsächlich durch die Transmissionsverluste (sie machen 60% der Energieverluste aus) bestimmt wird. Der Rest kommt durch die Belüftung zustande (siehe Abb. 27).



25 Solarstrahlungsdaten für Berlin [II/13]



26

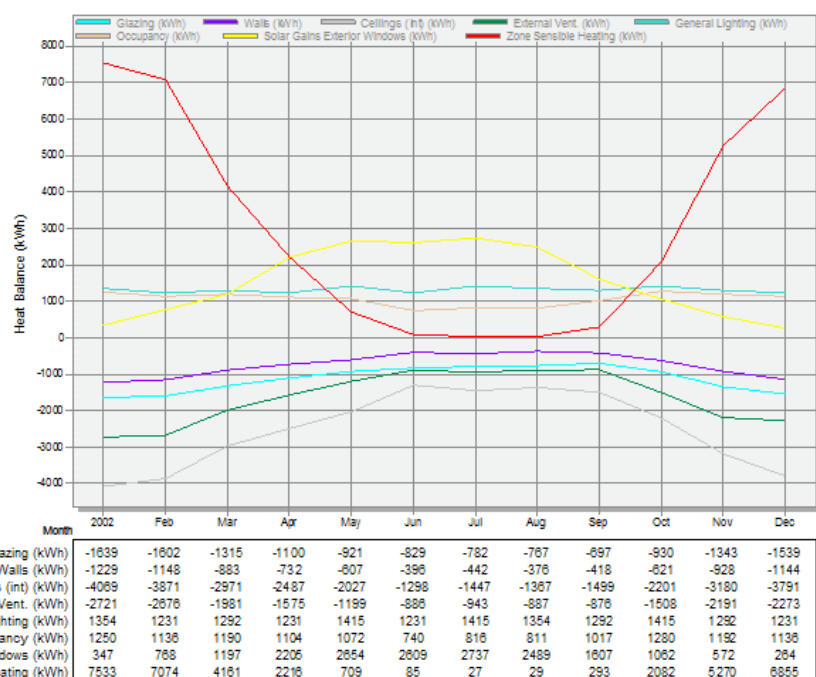
Hier zeigt sich der Vorteil der Klimahülle: durch die künstliche zweite Zone werden nicht nur die Heizkosten gesenkt, sie würde auch bei jedem Wetter eine Fensterlüftung der Kita ermöglichen, wobei die frische Außenluft durch die Klimahülle schon vorgewärmt sein würde. Bekanntlich ist aus hygienischen Gründen eine gute Belüftung für eine Kita besonders wichtig.

Wegen der vollständigen Verglasung der Klimahülle muss ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung eines Belüftungskonzepts geworfen werden, damit Überhitzungen durch den Glashauseffekt möglichst vermieden werden. Ziel ist es durch geeignete Maßnahmen möglichst wenige Stunden mit unbehaglichen Bedingungen zu erreichen. Das wichtigste Kriterium ist hierfür die Temperatur.

II.2.2. Mögliche technische Maßnahmen

Um Überhitzungen zu vermeiden sollten die Lüftungsöffnungen so groß wie möglich sein. Allerdings gilt: je größer die Luftöffnungen sind, desto geringer ist das Schalldämmmaß. Die Öffnungen werden demnach begrenzt, da die Schallschutzanforderungen eingehalten werden müssen. Bei einer Öffnungsfläche von 5 % der gesamten Dachfläche kann noch ein wirksamer Schallschutz realisiert werden. Werden die auf S. 25 vorgestellten Schalldämmelemente verwendet, die momentan von advacoustics entwickelt werden, bewirken diese einen Druckverlust, der wiederum den Volumenstrom verringert. Durch „Hindernisse“ im Luftweg kann davon ausgegangen werden, dass die effektiv wirksame Öffnungsfläche etwa 3-4 % der

26 Jährliche Energie- und Wasserkosten für Kita Tabaluga, Mahlow [II/16]



27 Energiebilanz Kita Tabaluga [II/21]

27

Dachfläche beträgt (bei der maximal möglichen tatsächlichen Öffnungsfläche von 5 % der Dachfläche).

Auch ohne technischen Aufwand kann einer sommerlichen Überhitzung vorgebeugt werden, indem die thermische Masse in der Klimahülle erhöht wird. Durch eine Nachtlüftung können die Gegenstände und Bauteile in der Klimahülle nachts abkühlen und senken dadurch tagsüber die Temperaturen.

Eisspeicher

Ein Eisspeicher ist ein mit Trinkwasser gefüllter Tank, dem man über eine Wärmepumpe bei Bedarf die Wärme entziehen kann, sogar bis unter den Gefrierpunkt. Die Nutzung der Kristallisationsenergie (93 Wh/(kg-K) bei Wasser) erlaubt einen zusätzlichen Energiegewinn. Im Sommer kann der Eisspeicher regeneriert werden, wobei die „Kälte“ als „Abfallprodukt“ genutzt werden kann [II/17]. Der Vorteil eines Eisspeichers ist, dass er ohne eine Behördengenehmigung gebaut werden kann. Es müssen keine tiefen Bohrungen für Erdwärmesonden gesetzt werden. Umweltfreundliche Energiequellen wie Außenluft, solare Einstrahlung und das Erdreich können vergleichsweise einfach erschlossen und gespeichert werden. Würde man einen Eisspeicher mit einem Fassungsvermögen von 450 m³ installieren, hätte man ca. 58.500 kWh im Jahr zum Heizen der Kita zur Verfügung, was den gesamten Wärmebedarf decken würde. In den Sommermonaten wird die Energie in Form von Wärme aus der Klimahülle entzogen und in den Eisspeicher eingespeist, die Klimahülle wird also abgekühlt.

Man könnte beispielsweise die Decke der Kita (die „Terrasse“ in der Klimahülle) aktivieren (siehe Betonkernaktivierung). Die Sole in den Leitungen im Beton wird durch den Beton erwärmt und wärmt so den Eisspeicher für den Winter. Der Beton wiederum wird durch die Wärmeabgabe abgekühlt, gleichzeitig entzieht er der näheren Umgebung Wärme.

Leider ist es in der aktuellsten Version von DesignBuilder (01/2015) noch nicht möglich einen Eisspeicher zu simulieren, die Dimensionierung des Eisspeichers erfolgte über händische Berechnungen. Ein derartiges System wird von der Firma isocal aus Friedrichshafen oder von Viessmann angeboten.

Erdkanäle

Eine weitere Möglichkeit um in den Sommermonaten die Temperaturen in der Klimahülle möglichst wenig über die Außentemperaturen klettern zu lassen, bietet die Belüftung der Klimahülle über Erdkanäle. Das Prinzip

ist hier denkbar einfach: Luft wird aus der Umwelt durch unter die Erde gelegte Kanäle in das Innere der Klimahülle gesaugt. Durch die geringere Temperatur des Bodens kühlt sich die Außenluft ab und der verglaste Außenbereich kann wirksam abgekühlt werden [II/18]. Eine gezielte Nachtlüftung kann ebenfalls ohne großen technischen Aufwand die sommerliche Kühlung unterstützen. Sämtliche Bauteile in der Klimahülle können sich nachts wieder abkühlen und einer Überhitzung während der Mittagstunden entgegenwirken.

Nachteilig an dem Einsatz von Erdkanälen für die Klimahülle ist, dass die zugeführte Luftmenge den Luftstrom durch natürliche Konvektion behindert. An einem heißen Sommertag strömen 80.000 m³/h durch die Luftöffnungen am Boden hinein und oben aus dem Dach wieder hinaus. Damit die kühle Luft aus den Erdkanälen nicht aus den Luftöffnungen unten wieder ausströmt müsste man diese schließen. Damit die Erdkanäle auch am heißesten Tag im Sommer einen wirksamen Effekt auf das Klima in der Klimahülle sein, müsste man sie sehr groß dimensionieren. Man bräuchte um diesen Volumenstrom zu gewährleisten etwa 40 Kanäle (Nennweite DN 32).

PV-Indachsystem

Anfangs wurde ein Dach mit einer integrierten PV-Anlage eingeplant. Aber da die zu erwartende zusätzliche Wärmelast durch die PV Module etwa 4-mal so hoch wie der elektrische Ertrag der Module ist, z.B. bei einer großen Variante 1850kW (155,7 W/m² × 1 kW/1000 W × 90 m × 33 m × 4 = 1849,7 kW), musste ein schräges Dach mit großzügigen Luftöffnungen mit eingeplant werden. Das Dach muss mind. 10% geneigt sein, ab 12% ist eine natürliche Kühlung durch den Kamineffekt nennenswert und um die Wirtschaftlichkeit zu maximieren, wird ein Anstellwinkel von 30° bis 35° (16,7 % - 19,3 %) empfohlen. Eine danach geplante Klimahülle wurde aus ästhetischen Gründen aussortiert. Außerdem lassen die Module nur 10-11,6 % des Lichts durch, was dem Wunsch nach größtmöglicher Transparenz widersprach.

Kühlsegel

Kühlsegel sind abgehängte Teilbereiche der Decken, die mit Luft oder Wasser kühlen. Praktisch sind Kühldecken auch als Strahlungsheizflächen nutzbar. Um „Kältestrahlung“ durch die Fenster zu kompensieren wird eine statische Heizung benötigt. Die Behaglichkeitskriterien nach der DIN EN 12831 können nicht eingehalten werden, da die Klimahülle nicht beheizt wird. Außerdem

sind die Wände der Klimahülle zum Großteil verglast, woraus sich im Winter durch die resultierende „Kältestrahlung“ ein Behaglichkeitsdefizit ergibt. Es kann keine befriedigende Abschirmung der Fassade gegen „Kältestrahlung“ erreicht werden. Mit Kühlsegeln lässt sich auch mit geringer Vorlauftemperatur eine hohe Wärmeleistung erzielen. Durch die konvektive Wärmeübertragung des wasserdurchströmten Kühlsegels bildet sich unter der Decke ein Warmluftpolster. Für die Klimahülle bedeutet dies, dass ein Teil der Wärme (30% Konvektionsanteil) nach oben hin quasi verloren geht und die Kühlheizdecke nur als Strahlungsheizdecke fungiert. Die energie-ökonomische Seite der wasserbetriebenen Kühlsegel im Vergleich zu einer Luftkühlung sagt, dass Luft einen ca. 20-mal höheren Energieaufwand zur Förderung braucht als Wasser [II/19]. Ein Argument mehr um die Kühlsegel mit Wasser zu betreiben. Dieses könnte über einen Wärmetauscher von einem Eisspeicher (oder Erdsonden) im Sommer gekühlt und im Winter erwärmt werden.

Da das ein Kühlsegel ein weitgehend vormontiertes Fertigbauteil ist, ist die Installation und Wartung relativ einfach. Es ist mit einer geringen Verschmutzung zu rechnen, allerdings müssen die Kondensatauffangbehälter regelmäßig geleert werden. Auf ein Kühl- bzw. Heizsegel können Schallabsorbierende Elemente integriert werden [II/20]. Der Nachteil besteht in der eingeschränkten Sicht nach oben. Denkbar wäre beispielsweise der Einsatz von Kühl- (bzw. Heiz-)segeln in einem bestimmten Bereich, wie z.B. einer Sitzecke. In dieser Zone wäre sowohl die thermische Behaglichkeit als auch das akustische Verhalten verbessert.

Betonkernaktivierung

Mit einer Betonkernaktivierung kann ein Gebäude teilweise oder komplett beheizt und gekühlt werden. Dabei wird die Massivdecke bzw. der Boden durch wasserführende

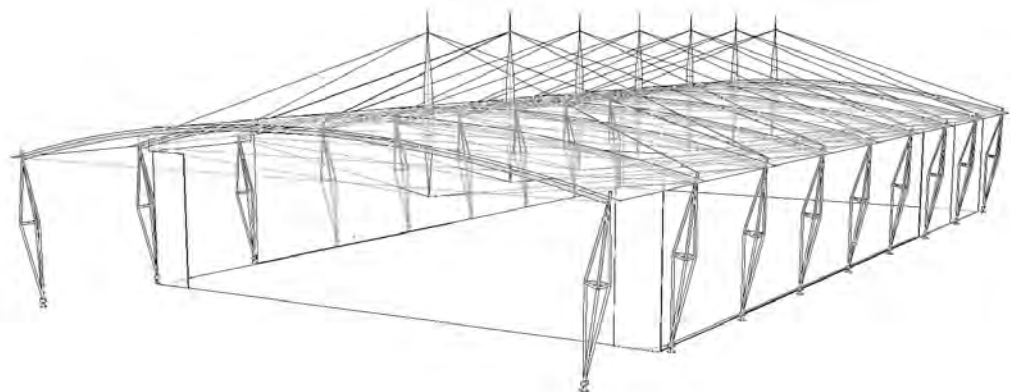
Leitungen thermisch aktiviert. Wobei die Wassertemperaturen nicht mehr als 28°C und nicht weniger als 18°C betragen sollten. Das massive Bauteil nimmt die Wärme vom Medium oder vom Raum auf, speichert sie und gibt sie zeitversetzt an den Raum oder das Medium weiter. Es kommt also zu einer Phasenverschiebung in der Heizkurve zwischen Energieerzeugung und -abgabe. Die Tagesleistungsspitzen werden dadurch „geglättet“.

Im Sommer wird die Nachtabkühlung oder bzw. und der Eisspeicher zur Kühlung des Mediums genutzt und dem Bauteil Wärmeenergie entnommen. Tagsüber werden die Räume durch Wärmefluss in die nun abgekühlten Böden gekühlt. Die Kühlung erfolgt somit bedarfsgerecht am Tag, die maximale Tagestemperatur wird gesenkt und sie tritt zu einem späteren Zeitpunkt auf als ohne Kühlung. Aufgrund der sehr geringen Vorlauftemperaturen können z.B. Wärmepumpen sehr effizient eingesetzt werden. Diese Komponente eignet sich also besonders gut für die Klimahülle. Die hohen Spitzentemperaturen die in den Sommermonaten tagsüber durch den solaren Ertrag entstehen, können effektiv gesenkt werden.

Aufwindtürme

Um die erwärmte Luft besser aus der Klimahülle austragen zu können, besteht die Idee auf das Dach mehrere Türme zu setzen, die die warme Luft aus der Klimahülle austragen. Hierzu müsste der Differenzdruck der aus dem Kamineffekt durch den Turm resultiert etwas größer sein, als der Druckverlust der Klimahülle.

Da in der Klimahülle auch schon ein Kamineffekt entsteht, der Druckverlust also sowieso schon überwunden wird, wird die Luftströmung noch verstärkt. Dies bedeutet, dass bei gleicher Auslassfläche ist die Luftwechselrate in der Klimahülle entsprechend höher ist. Mit anderen Worten: der Volumenstrom durch die Öffnungen und damit die Geschwindigkeit der strömenden Luft werden höher.



II.3. Architektur und Nutzung

II.3.1. Analyse und Anforderungen

Städtebau

Das betrachtete Gelände mit dem bestehenden Gebäude befindet sich an der Karl-Liebknecht-Straße 20 a in Blankenfelde-Mahlow.

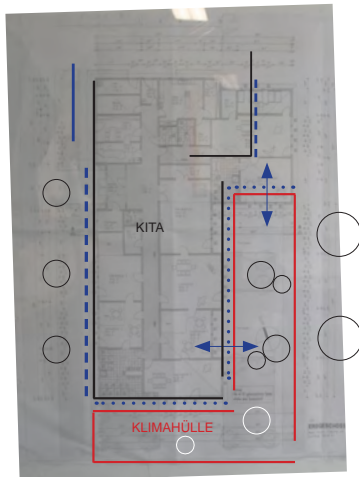


29

KITA Tabaluga

Das Gebäude befindet sich im nördlichen Teil des Grundstücks und besitzt einen I-förmigen Grundriss mit einer Länge von ca. 38,80 m und einer Breite von 15,74 m bzw. 24, 56 m. Es handelt sich bei dem Gebäude um einen erdgeschossigen Bau mit einer Gesamthöhe bis zum First von ca. 6,20 m. Die Wände und Decken sind als Holzkonstruktion ausgeführt. Das Dach ist als Satteldach ausgeführt und mit Dachziegeln eingedeckt.

Funktionsbereiche



30

Nutzungsszenarien

Mögliche Nutzungsszenarien der geplanten Klimahülle können in 3 Bereiche unterteilt werden, ein soziales Konzept, ein didaktische Konzept und ein ökologische Konzept.

Zum sozialen Konzept gehören z.B. Nutzungen durch Bühne und Theater für Veranstaltungen und Aufführungen, genauso wie für Sport und Musik. Möglicherweise ergeben

sich auch Nutzungsmöglichkeiten durch Elternkreise und Vereine.

Zum didaktischen Konzept gehören die Dinge, die die Kinder unter der Hülle tun, bzw. anders erleben können als im Kindergarten. So zum Beispiel Wissenschaftliche Aspekte, Ökologie und Pflanzen, aber auch spielen, lesen etc.

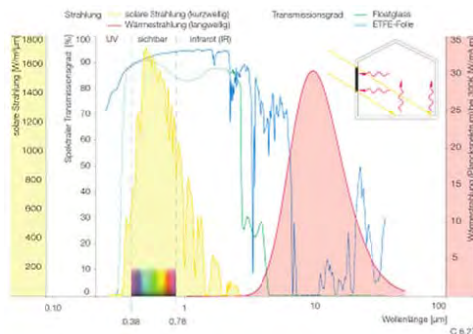
Das ökologische Konzept, dass mit der Klimahülle verfolgt wird, besteht im Sammeln von Regenwasser, der Nutzung von erneuerbarer Energie wie Geothermie, Photovoltaik und Solarthermie, sowie die Verwendung ökologischer Baustoffe.

Bewertung von unterschiedlichen Materialien

Solares Bauen

Zum Einsparen von Heizenergie im Winter kann Energie aus solarer Einstrahlung mit Hilfe des Treibhauseffektes genutzt werden. Dieser beruht auf der Tatsache, dass die kurzwellige Sonnenstrahlung beim Auftreffen auf die Erde oder massive Bauteile als langwellige Wärmestrahlung reflektiert wird. Ist ein Fenster durchlässig für die kurzwellige Strahlung und undurchlässig für langwellige Strahlung, so ist es möglich die Sonnenenergie als Wärme umgewandelt im Raum zu behalten. Wie gut sich ein Material dazu eignet lässt sich daran bestimmen, wie gut es die Sonnenenergie hineinlässt und wie schlecht es Wärme hinaus lässt. In Abb. 31 sieht man in gelb die Sonneneinstrahlung und in rot die reflektierte Wärmestrahlung. Die blaue und grüne Linie zeigen für Glas und ETFE-Folie, dass sie die Sonnenstrahlung gut durchlassen und die Wärmestrahlung größtenteils zurückhalten.

Zur Bewertung der Eignung unterschiedlicher Materialien hinsichtlich des solaren Bauens betrachtet man den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert), der den Wärmestrom durch das Bauteil pro m² Wandfläche und pro Kel-



31

29 Kita Tabaluga Draufsicht, Grundstücksgrenzen

30 Kita Tabaluga, Funktionsbereiche, mögliche Kontaktpunkte zwischen Kita und Klimahülle

31 Darstellung der Strahlungsdurchlässigkeit durch Glas und ETFE-Folie über die Wellenlänge [II/23]

vin Temperaturunterschied zwischen innen und außen angibt, sowie den Gesamtenergiedurchlassgrad (G-Wert), der angibt wieviel der auftreffenden Sonnenenergie durch ein transparentes Bauteil hindurchgelassen wird.

Schallschutz

Physikalisch gesehen ist Schall ein sich ändernder kleiner Wechseldruck p in einem Trägermedium mit dem Ruhedruck p_0 (Für Luft ist $p_0=10^{-5}$). Daraus ergibt sich der Schalldruckpegel in dB:

$$L = 20 * \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

Das menschliche Ohr reagiert auf unterschiedliche Frequenzen verschieden empfindlich. So nimmt es Frequenzen in der Mitte des Hörbereiches als besonders laut wahr, an den Rändern nimmt die Empfindlichkeit bei gleichem Schalldruck ab. Um den menschlichen Frequenzgang zu berücksichtigen wird in der Akustik mithilfe einer Bewertungskurve der Schalldruckpegel an das Hörempfinden angepasst. Dabei werden Frequenzen am Rande des Hörbereichs abgeschwächt während Frequenzen in der Mitte gleichbelassen oder sogar verstärkt werden. Es gibt in der Norm 4 Bewertungskurven (A, B, C, D), auf dem Gebiet des Lärmschutzes wird üblicherweise nur die A-Kurve verwendet. Mithilfe des Korrekturwertes G_A ergibt sich der Schalldruckpegel L_A zu:

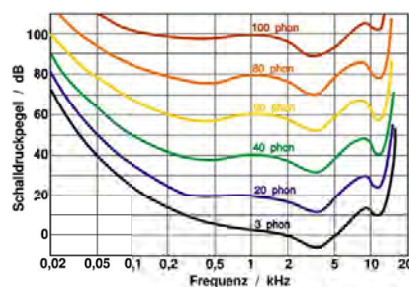
$$L_A = L + G_A$$

Schalldämmmaß in der Norm - Bewertetes Schalldämmmaß R_w

Zur Bewertung der Schalldämmfähigkeit von Materialien gibt es in der Norm das Schalldämmmaß R . Das Schalldämmmaß R gibt das logarithmische Verhältnis des Schalldruckes vor und hinter dem betrachteten Bauteil an.

$$R = 20 * \log\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

Je höher R ist, desto besser kann das Bauteil den Schall dämmen. Da auch die Dämmfähigkeit des Materials von der Frequenz abhängt, es aber praktischer ist, nur mit einer

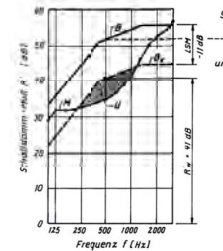


32

32 Schaubild: Wahrgenommener Schall abhängig vom Schalldruckpegel und der Frequenz [II/24]

33 Beispielhafte Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes [II/22]

Zahl anstatt eines Frequenzbandes arbeitet, findet wieder eine Bewertung statt. Das bewertete Schalldämmmaß R_w wird durch Verschieben einer Bezugskurve ermittelt, sodass die Unterschreitung der Messkurve unter der Bezugskurve $< 2\text{dB}$ ist. R_w ist als Wert der Bezugskurve bei 500Hz definiert. Die Bezugskurve B orientiert sich wieder an den Eigenschaften des Menschlichen Ohrs.



33

Bei Einwirkungen mit einem hohen Anteil von tiefen Frequenzen, wie es bei Fluglärm der Fall ist, ist das bewertete Schalldämmmaß nicht ausreichend, sondern erfordert einen zusätzlichen Korrekturwert C_{tr} . Für Fenster muss R_w meistens um 5-8 dB abgesenkt werden. Für Membranen und Folienkissen wird kein C_{tr} angegeben.

Zu beachten ist außerdem, dass das Bewertete Schalldämmmaß R_w nur die Schalldämmung des Direktschalls durch ein Bauteil beachtet. Das Schalldämmmaß für die gesamte Konstruktion ist aufgrund der Schallübertragung auf Nebenwegen nochmal geringer.

Betrachtete Materialien

Membrane

Membrankonstruktionen bestehen üblicherweise aus PTFE beschichtetem Glasfaser- oder PTFE-Gewebe oder PVC beschichtetem Polyestergewebe. Die Lichttransmission liegt bei maximal 20%. Sie bieten 1-lagig kaum Wärme- und Schallschutz. Durch Kombination mit wärmedämmenden und schallschützenden Zwischenschichten zu Membransystemen können aber auch hier gute Werte erzielt werden. Die Lichtdurchlässigkeit wird dadurch natürlich geringer. Die Wärmedämmfähigkeiten können mit Hilfe von transluzenter Wärmedämmung wie Aerogelen oder Aerovliesen verbessert werden [II/23].

Für besseren Schallschutz bieten sich schallschutzoptimierende Zwischenschichten an. Dazu sind in dem vergangenen Jahren einige Veröffentlichungen an der Uni Stuttgart erschienen. Mögliche Zwischenschichten sind mikroperforierte Akustikfolie, die durch die vielen kleinen Poren, den Schall in

zerstreuten Bahnen reflektiert. Eine andere Möglichkeit bieten durchsichtige Taschenewebe, die durch Befüllen der raumseitigen oder raumabgewandten Schicht, den Innen- und Außenschall reflektieren oder absorbieren. Mit Fluiden gefüllt sind diese auch als Kollektoren für eine solarthermische Anlage nutzbar [II/25]. Transluzente Faserpaneele aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit Aerogelfüllung (scob@atherm ISO Isolationselemente der Firma Scobalith) dienen sowohl als Schall- als auch als Wärmedämmung [II/26]. Mit Hilfe einer Low-E-Beschichtung (zum Beispiel durch Bedampfen der Membran mit Aluminium) kann bis zu 70% des Schalldrucks emittiert werden.

Folien

Folien sind nur als Folienkissen geeignet, um Wärme und Schall abzuhalten. Am gebräuchlichsten sind ETFE-Folienkissen mit 2 bis 5 Folienlagen. Die Schall- und Wärmedämmeigenschaften verbessern sich mit mehr Lagen, der Gesamtenergiedurchlassgrad nimmt ab. Durch Sonnenbeschichtung unterschiedlicher Bereiche der Folienlagen kann zusätzlich ein einstellbarer Sonnenschutz integriert werden. Auch die Folien können mit schalldämmenden Zwischenlagen ausgestattet oder mit Dämmmaterialien befüllt werden. Zusätzlich kann auf die Außenseite der Folie eine regenbrechende Lage angebracht werden, um ein in Schwingung geraten der Folie durch das gleichmäßige Aufschlagen von Regentropfen zu verhindern (Trommeleffekt) [II/23].

Zur Verbesserung der Energieeffizienz in Gewächshäusern forscht das Forschungszentrum Jülich an einer Glas-Folien-Kombination. Mit einer auf das Glas geklebte Folie oder einer mit luftgefüllten Konstruktion lassen sich die Wärmedämmeigenschaften und der Schallschutz gegenüber einer Einfachverglasung deutlich verbessern [II/27].

Glas

Glas ist sowohl bei der Wärmedämmung als auch beim Schallschutz das Material mit den besten Werten. Mithilfe von Isolierfolien, Glasabständen und Gasfüllungen können die gewünschten Eigenschaften eingestellt werden. Es ist möglich Schalldämmmaße von bis zu 50 dB und Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,7 W/m²K zu erreichen. Nachteilig beim Glas sind das Gewicht und die hohen Kosten.

II.3.2. Lärmschutz/ Akustik

Fragestellungen zur Akustik der Klimahülle:

In Bezug auf das Fachgebiet Akustik gibt es für die Klimahülle im wesentlichen zwei zu bearbeitende Aufgabenbereiche. Der eine Aufgabenbereich betrifft den Schalleintrag von außen nach innen in die Klimahülle bzw. in das Gebäude der Kindertagesstätte Tabaluga. Der andere Aufgabenbereich betrifft die Raumakustik innerhalb der Klimahülle.

In Bezug auf den Schalleintrag von außen nach innen stellt sich die Frage, welche Lärmquellen im Außenraum der Klimahülle vorhanden sind. Da die Kindertagesstätte an einer Nebenstraße liegt und die nächste Bahnstrecke weit entfernt ist, kommt als wesentlicher Lärmeintrag insbesondere Fluglärm durch den geplanten Flughafen Berlin-Brandenburg BER in Frage. Daher werden im folgenden Abschnitt die Lage der Kindertagesstätte zu den geplanten Flugrouten des BER und der voraussichtliche Fluglärmäußenpegel am Tag behandelt. Davon ausgehend wird der Innenpegel innerhalb der Räume der Kindertagesstätte ohne die Klimahülle aufgrund des Schalldurchgangs durch die Außenfassade der Kindertagesstätte prognostiziert.

Im nächsten Schritt geht es um den Schalleintrag von außen nach innen beim Vorhandensein einer Klimahülle. Hier spielt nicht nur die Schalldämmung der Außenfassade eine Rolle. Der Innenpegel wird auch durch die Raumakustik im Innern der Klimahülle beeinflusst. Außerdem hat die Raumakustik im Innern der Klimahülle einen wesentlichen Einfluss auf die Verständlichkeit z.B. zwischen den Kindern und den Erziehern. Dies spielt bei der Nutzung des Raums innerhalb der Klimahülle eine wichtige Rolle.

Da aus klimatischen Gründen für das Innere der Klimahülle ein hoher Luftdurchsatz erforderlich ist, stellt sich die Frage, ob es als Alternative zu einem herkömmlichen Ansatz mit Schalldämpfern nicht möglich sein könnte, eine sogenannte „Schallmembran“ zu entwickeln, die in die Fassade der Klimahülle integriert werden kann. Dazu wäre es notwendig, dass diese „Schallmembran“ transparent oder zumindest transluzent wäre und gleichzeitig zwar die Luft weitgehend ungehindert ein- und austreten ließe, das Eindringen von Schall aber deutlich behindert.

Zu diesem Zweck wurde ein erster Entwurf einer transparenten „Schallmembran“ entwickelt. Auf dieser Grundlage wurde ein Testexemplar einer „Schallmembran“ gebaut und durch Messungen in einem Prüfstand wurde die Schalldämmung ermittelt.

Betrachtung der Schalldämmung von außen nach innen

Bestandsanalyse

Die Kindertagesstätte Tabaluga befindet sich im An- und Abflugbereich des zukünftigen Verkehrsflughafens Berlin-Brandenburg BER. Sie ist sowohl von den An- als auch von den Abflügen betroffen. Die Lage der Kindertagesstätte zu den Flugrouten zeigt Abb. 35.

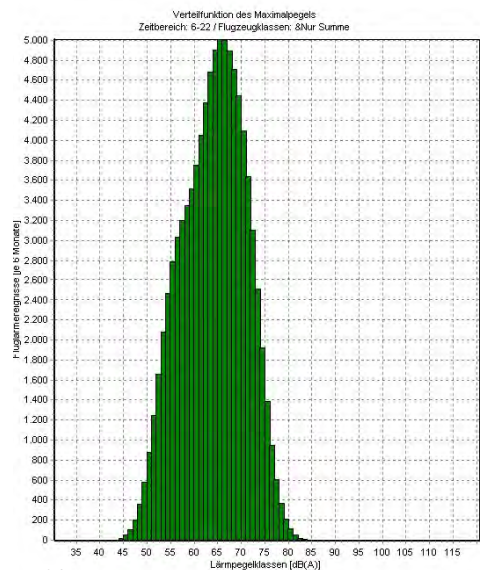
Um einen Eindruck über die Pegelhäufigkeitsverteilung durch die An- und Abflüge am Tage durch den zukünftigen Flughafen BER zu bekommen dient Abb. 34. Aufgetragen sind alle Fluglärmereignisse (d.h. An- und Abflüge aller Flugzeugklassen) am Tage im Berechnungszeitraum (die 6 verkehrsreichsten Monate eines Jahres).

Anforderungen an den Schallschutz innerhalb der Kindertagesstätte

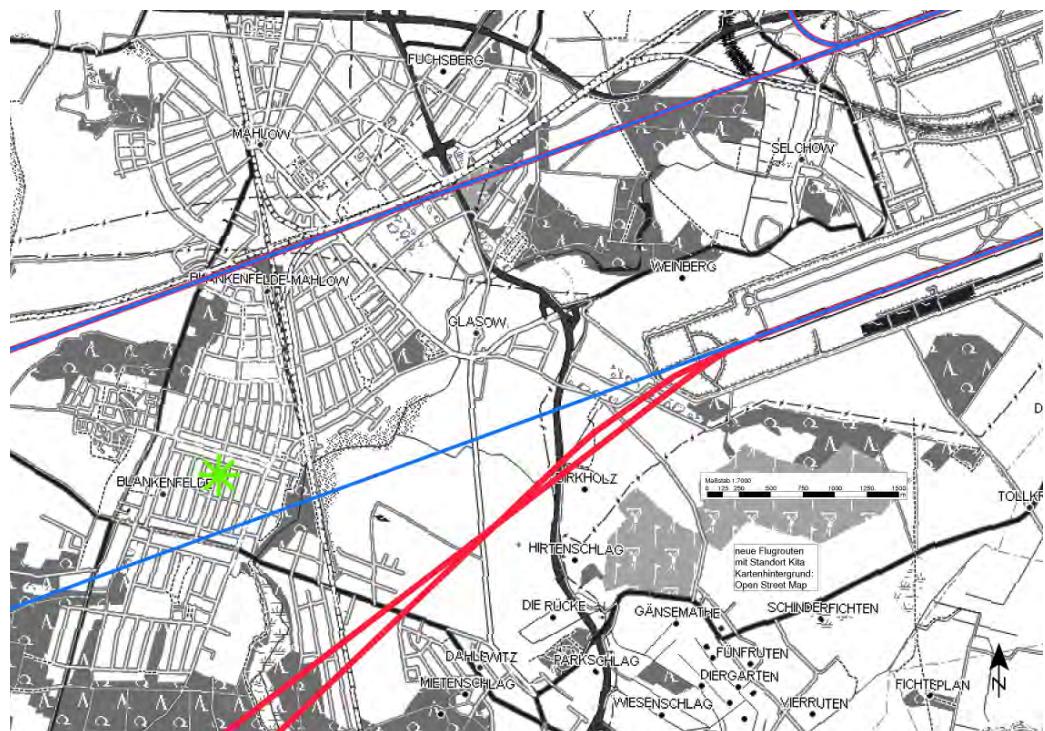
Die Kindertagesstätte Tabaluga wurde nach dem 15. Mai 2000 gebaut. Damit liegt nach

Planfeststellungsbeschluss (PFB) 2004 kein Schallschutzanspruch für den zukünftigen Verkehrsflughafen Berlin-Brandenburg BER vor. Betrachtet man den notwendigen Schallschutz nach PFB, der gelten würde, wenn die Kindertagesstätte vor dem 15. Mai 2000 gebaut worden wäre, so müssten für Aufenthaltsräume zwei Kriterien für einen ausreichenden Schallschutz erfüllt sein:

- keine höheren Maximalpegel (tags) als 55 dB(A) (eine Überschreitung pro Schulstunde ist dabei zulässig)
- kein höherer Dauerschallpegel (tags) als 40 dB(A)



34



34 Erwartete Lärmbelastung durch Flugzeuge des BER [II/29]

35 Zukünftige Flugrouten des BER [II/29]

In Ruheräumen ist die Anforderung an den Dauerschallpegel tags durch Fluglärm noch etwas höher. Der Dauerschallpegel tags darf hier maximal 38 dB(A) betragen. Da der Tageszeitraum eine Dauer von 16 Stunden umfasst (6 bis 22 Uhr), folgen für den Maximalpegel 16 Überschreitungen pro Durchschnittstag. So ergibt sich als einzuhaltendes Kriterium ein NAT(16)tags (NAT: number above threshold). Das Maximalpegelhäufigkeitskriterium NAT(16)tags liegt für den Standort der Kindertagesstätte bei 76 dB(A). Der Dauerschallpegel tags liegt bei 60 dB(A). Als Grundlage für diese Werte wurden die neuen Flugrouten mit dem ursprünglichen Flugzeugmix und der Berechnung nach der „AzB-DLR“ gewählt, wie es im PFB vorgesehen wurde. Die eigenen Berechnungen decken sich dabei mit den Angaben der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB GmbH). Damit ergibt sich für die Aufenthaltsräume der Kindertagesstätte eine Anforderung an die Außen-Innen-Pegeldifferenz von 21 dB in Bezug auf das Maximalhäufigkeitskriterium NAT(16)tags. Bezüglich des Dauerschallpegels tags ergibt sich eine Anforderung an die Außen-Innen-Pegeldifferenz von 20 dB.

Für die Ruheräume in der Kindertagesstätte ergibt sich in Bezug auf den Dauerschallpegel eine Anforderung an die Außen-Innen-pegeldifferenz von 22 dB. Wir haben drei aus unserer Sicht kritische Räume der Kita untersucht:

- Funktionsraum 3 (Eckraum mit zwei Außenwänden, Süd-Ost)
- Ruheraum Krippe (Eckraum mit zwei Außenwänden, Nord-Ost)
- Leiterin (Westseite)

Diese Räume sind bezüglich ihres Schallschutzes von außen nach innen als kritisch anzusehen, weil sie einen hohen Anteil an Außenflächen zu Grundfläche und einen hohen Fensterflächenanteil haben. Für den Ruheraum Krippe gilt außerdem eine höhere Anforderung an die Außen-Innen-Pegeldifferenz.

Anhand der verwendeten Materialien des Kita-Bestandes wurde eine "vorsichtige" Abschätzung des Bau-Schalldämmmaßes getroffen, d.h. es wurden eher niedrigere Werte verwendet. Dabei kommt man für die Dach und Außenwände auf ein 42dB, für die Fenster ist von 32dB auszugehen. Setzt man die obigen Werte für die Bau-Schalldämmmaße an (mit der Berechnung der äquivalenten Absorptionsfläche mit 0,8 x

der Grundfläche des Raumes nach VDI 2719 [11/28]), so stellt man fest, dass in allen Fällen (für den Dauerschallpegel tags wie auch für das NAT(16)tags) der Schallschutz nach PFB ausreichen würde. Dies gilt auch für den Ruheraum. Die Außen-Innen-Pegeldifferenz liegt dabei um etwa 3 bis 5 dB über der Anforderung, so dass der Schallschutz auch noch ausreichen würde, wenn die Nachhallzeit höher als angenommen wäre. Da jedoch nach den Ausführungsplänen teilweise eine Akustikdecke (OWA-Coustic-Platten) in den Räumen der Kindertagesstätte vorhanden ist, sollte die äquivalente Absorptionsfläche und damit die Nachhallzeit in den Räumen in der angenommen Größenordnung liegen, die in der Berechnung verwendet wurde.

Raumakustik im Innern der Klimahülle

Ein wesentliches Kriterium für eine gute Raumakustik ist die Nachhallzeit. Um eine gute Sprachverständlichkeit zu ermöglichen und eine „Bahnhofshallenakustik“ zu vermeiden, ist es erforderlich, dass die Nachhallzeit nicht zu große Werte annimmt. In der DIN 18041 [11/30] sind Formeln zu den Sollwerten für Nachhallzeiten in Abhängigkeit vom Innenvolumen für verschiedene Nutzungsarten angegeben. Drei Nutzungsarten sind dabei auf den Anwendungsfall der Klimahülle anwendbar: „Unterricht“, „Sport 1“ und „Sport 2“. Für die Nutzungsart „Unterricht“ sind in dieser Norm Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten genannt. Unter „Sport 1“ werden Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für normale Nutzung und/oder einzügigen Unterrichtsbetrieb (eine Klasse oder Sportgruppe, einheitlicher Kommunikationsinhalt) genannt. „Sport 2“ nennt Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für mehrzügigen Unterrichtsbetrieb (mehrere Klassen oder Sportgruppen parallel mit unterschiedlichem Kommunikationsinhalt). Durch Schaffung von zusätzlicher Absorptionsfläche kann die Raumakustik verbessert werden. Möglichkeiten sind perforierte Akustikfolie und Schallabsorber an den Wänden von Klimahülle und Kita, Gras und Sandflächen anstelle von harten Böden wie Beton sowie Bewuchs durch Bäume und Sträucher [11/31].

Nachhallzeit

Es gibt verschiedene Methoden zur Ermittlung der Nachhallzeit in einem Gebäude. Zur Anwendung kamen die Nachhallzeiten nach Sabine und Eyring, die sich auf einfache statistische Annahmen in Bezug auf die Raumakustik, die unter anderem von an-

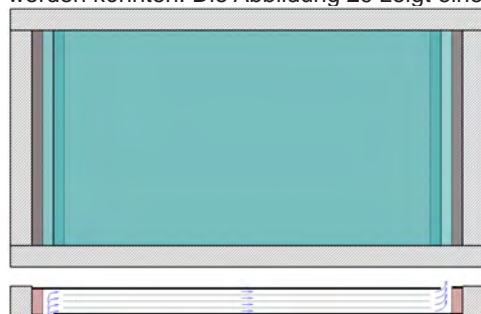
nähernd gleichen Raumdimensionen (Länge, Breite, Höhe) und einer annähernd gleichen Verteilung der Absorption im Raum an den Wänden ausgehen, beziehen. Die komplizierte Geometrie von Klimahülle und Bestand erfüllen diese Randbedingungen nicht. Daher wurde zusätzlich die Berechnung der Nachhallzeit mittels Rückwärtsintegration der Impulsantwort nach Schröder herangezogen. Im Gegensatz zu den vorher erwähnten statistischen Methoden, deren Nachhallzeit per Definition an allen Orten gleich ist, führt diese Methode zu Ergebnissen für den jeweiligen betrachteten Empfangsort bei einem angenommenen Quellort.

Reflexion

Ein weiterer Gesichtspunkt zur Betrachtung der Güte der Raumakustik ist die räumliche Verteilung der Reflexionen. Mithilfe von Raumakustik-Simulationssoftware (hier EASE) können für einen ausgewählten Empfangsort und einen Anregeort Reflexionspfade dargestellt. Dabei wirkt sich ein ausgeprägtes Muster der entstandenen Pfade, durch parallele Wände, Kuppeln o.ä., schlecht auf die Raumakustik aus, während stark gestreute Pfade als günstig einzustufen sind.

Der transparente Schalldämpfer - „Schallmembran“

Im Projektverlauf wurde über die Möglichkeiten einer sogenannten „Schallmembran“ nachgedacht. Diese transparente oder wenigstens transluzente Konstruktion sollte den Durchgang von Luft ermöglichen, den Durchgang von Schall aber möglichst stark behindern. Dabei wurde an schallgedämpfte Lüftungsöffnungen in der Verglasung der Klimahülle gedacht. Um die aus klimatischen Gründen notwendige Lüftung zu ermöglichen, sollte ein Öffnungsanteil von ca. 5 % der Fläche der Klimahülle vorgesehen werden. Von advacoustics wurden deshalb Aufbauten vorgeschlagen, bei denen an zwei oder mehrschaligen Verglasungen gegeneinander versetzte Lüftungsöffnungen genutzt werden könnten. Die Abbildung 29 zeigt eine



36

Prinzipskizze derartiger Anordnungen. Durch das Versetzen der Lüftungsöffnungen bzw. das Umlenken der Luft entsteht ein Kanal, der prinzipiell durch Absorptionsmaterialien zu einem Schalldämpferkanal ausgebaut werden könnte. Die grundlegende Idee hierbei ist, einerseits den Kanal mit sogenannten mikroperforierten Folien zu belegen, die als Absorber in der Raumakustik eingesetzt werden, wenn es darum geht, Transparenz zu ermöglichen. Andererseits könnten versteckte Kanten genutzt werden, um herkömmliche (nicht-transparente) Absorbermaterialien zu verwenden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden erste Messungen in einem Fensterprüfstand durchgeführt. Die Messergebnisse zeigen, dass sich die Schalldämmung eines eventuell zur Lüftung vorhandenen Kanals aus zwei Glasscheiben und an den Enden entgegengesetzt befindlichen Lüftungsschlitzten durch das Einbringen von mikroperforierten Folien und zusätzlichen Schaumstoffabsorbern nahe an den Schlitzten etwas verbessern lässt. Die Verbesserung fiel im Versuch allerdings mit nur $\Delta R_w = 3$ dB relativ gering aus. Das aufgebaute Gesamtsystem erreicht damit eine Schalldämmung von maximal $R_w = 18$ dB. Immerhin weist der Verlauf des Schalldämmmaßes der Schallmembran bessere Werte bei höheren Frequenzen auf, was für die angedachte Anwendung insofern vorteilhaft ist, als dass die höchsten Schallpegel am Standort der Kita durch die Landungen verursacht werden, mit ihren starken höherfrequenten Anteilen. Zur Steigerung der Schalldämmung derartiger Aufbauten könnten zusätzliche Umlenkungen realisiert werden. Die Wegstrecke des Schalls und damit auch die Wirksamkeit des Schalldämpferkanals würde sich erhöhen. Außerdem bietet die Umlenkung prinzipiell die Möglichkeit, in den Umlenkungen porösen Absorber zu installieren. In den Umlenkungen wird eine höhere Wirksamkeit des porösen Absorbers erwartet, da dort der Schall reflektiert werden muss und der Absorber dort gerade diese Reflexion reduzieren könnte. Natürlich würde dort auch ein dickerer Absorber vorteilhaft sein, damit auch tiefere Frequenzen reduziert werden könnten. Außerdem wäre zu testen, ob mit seitlich angebrachten verdeckten porösen Absorbern zwischen den Scheiben, d. h. vertikale Schaumstoffstreifen links und rechts in den Fotos der Abbildungen 34 und 35, die sich über die gesamte Länge des Schalldämpferkanals erstrecken, eine Steigerung der Schalldämmung erreicht werden kann. [II/29]

II.3.3. Brandschutz

Bestandsanalyse

Das bestehende Gebäude dient als Kindertagesstätte und ist aufgrund der Höhe gemäß § 2 (3) der brandenburgischen Bauordnung (BbgBo) [II/32] von ca. 0,30 m (Lage des Fertigfußbodens über der Geländeoberfläche) als ein Gebäude geringer Höhe einzustufen. Das Gebäude im Bundesland Brandenburg ist grundsätzlich nach den Vorgaben der Bauordnung für Brandenburg (BbgBO) in der aktuell gültigen Fassung zu bewerten.

Nach § 44 (2) Nr. 8 BbgBO handelt es sich darüber hinaus bei dem bestehenden Gebäude aufgrund der beschriebenen Nutzung um einen Sonderbau. An Sonderbauten können im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 BbgBO besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung von baulichen Anlagen oder Räumen oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf.

Das Gebäude befindet sich an der Karl-Liebknecht-Straße und grenzt somit unmittelbar an das öffentliche Straßenland. Die Erschließung durch die Feuerwehr kann daher über diese Straße erfolgen. Zusätzliche Zu- oder Umfahrten sind nicht erforderlich. Das öffentliche Straßenland kann als Bewegungsfläche dienen.

Risikobetrachtung

Die geplante Klimahülle im Bundesland Brandenburg ist grundsätzlich nach den Vorgaben der Bauordnung für Brandenburg (BbgBO) in der aktuell gültigen Fassung zu planen und zu errichten. Durch die geplante Ergänzung einer Klimahülle an ein bestehendes Gebäude ergibt sich grundsätzlich kein erhöhtes brandschutztechnisches Risiko, als dies bereits im Bestand gegeben ist. Für die Nutzer des Gebäudes ergibt sich somit keine, über das in der BbgBO festgeschriebene Sicherheitsniveau hinausgehende Gefährdung. Die Schutzziele des Brandschutzes gemäß § 12 BbgBO können daher bei Beachtung der in diesem Anforderungskatalog geforderten Maßnahmen als gewährleistet angesehen werden. Die Nutzung des Gebäudes als Kindergarten wird durch die Einhaltung der Vorgaben durch die BbgBo sowie der im Bericht genannten Maßnahmen ausreichend berücksichtigt.

Ein Überbau muss sicherstellen, dass das darunter liegende Gebäude, in diesem Fall die Kita, im Brandfall nicht beeinträchtigt wird. Das bedeutet: das Tragwerk des Überbaus muss mindestens den gleichen Feuerwiderstand des Bestandsgebäudes aufweisen. Weiterhin müssen die verwendeten Materialien sowie die Anordnung der Ausgänge geeignet sein, um die Rettungswege aus dem Gebäude ins Freie (außerhalb des Überbaus) sicherzustellen. Zusätzlich dürfen die Maßnahmen zur Rauchableitung aus dem Bestandsgebäude nicht beeinträchtigt werden.

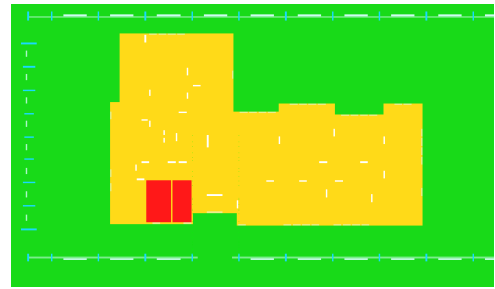
Die Größe der als Überbau geplanten Klimahülle stellt im Hinblick auf die Sicherstellung der Rettungswege aus dem Bestandsgebäude eine große Herausforderung dar. Im ersten Schritt sind eine ausreichende Anzahl Ausgänge zur Verfügung zu stellen. Die Rettungswege aus dem Gebäude der Kita werden ausschließlich über die Ausgänge direkt ins Freie sichergestellt und verbleiben grundsätzlich im Bestand. Die Rettungswege aus dem Bestandsgebäude werden dementsprechend über die Klimahülle zu Ausgängen ins Freie geführt. Daraus resultiert, dass die zulässige Rettungsweglänge von 35 m voraussichtlich deutlich überschritten wird. Diese Überschreitung der Rettungsweglänge stellt eine Erleichterung dar. Diese Erleichterung von der BbgBO wird aus brandschutztechnischer Sicht unter Berücksichtigung der Alarmierungsanlage sowie einem Nachweis der „Rauchfreihaltung der Rettungswege“ durch die Anwendung ingenieurmäßiger Brandschutzmethoden als genehmigungsfähig angesehen. Sie bedarf jedoch der Zustimmung der genehmigenden Behörde oder des Prüfsachverständigen für Brandschutz.

Nachweis „Rauchfreihaltung Rettungswege“ der Klimahülle als Überbau

Der Zeitraum der Rauchfreihaltung der Rettungswege wird über die sogenannte raucharme Schicht nachgewiesen, die eine ausreichende atemfähige Umgebung und Sicht für die flüchtenden Personen sowie für die Rettungskräfte gewährleisten soll. Üblicherweise wird für die Selbstrettung eine raucharme Schicht von 2,50 m Höhe als erforderlich angesehen, in der die Atemfähigkeit und Sicht sichergestellt sein muss. Aufgrund der Größe der Klimahülle und der damit verbundenen Beeinträchtigung der Wahrnehmung von Personen bezüglich ihres Sicherheitsgefühls sowie der Nutzung als Kindergarten, wird eine raucharme Schicht von 4 m als erforderlich angesehen. Diese

raucharme Schicht muss mindestens über den Zeitraum der Selbstrettung von 15 min der im Bestandsgebäude bzw. der Klimahülle anwesenden Personen sichergestellt sein.

Beispielhaft wurden Brandszenarien eines Raumes im Bestand berechnet. Dazu wird eine CFD-Simulation, z. B. mit dem Programm „Fire Dynamics Simulator“ (FDS) unter Berücksichtigung der vorhandenen Randbedingungen hinsichtlich der Raumgeometrie, der Brandlasten und Ventilationsverhältnisse durchgeführt und die wesentlichen Ergebnisse hinsichtlich der Verrauchung anhand der vorgegebenen Schutzzielkriterien bewertet. Als Modell wurde ein 9m hoher Bogenförmige Klimahülle angenommen. Nach 15 min hat sich eine deutliche Rauchschicht im oberen Bereich der Klimahülle ausgebreitet. An den Rändern der Klimahülle vermischt sich die Rauchschicht mit der darunter liegenden Luft. Die gewünschte Trennung von Rauchschicht und darunter liegender kalter und atembare Luft ist nicht mehr überall gegeben. Im Schnitt bei einer Höhe von 4 m sind erste Anzeichen von Verrauchungen in diesem Bereich sichtbar. Die Grenzwerte werden aber eingehalten, sodass nach 15 Minuten die Schutzziele noch eingehalten sind. Nach 20 Minuten erhöht sich die Belastung bei einer Höhe von 4 m und es gibt lokale Bereiche in denen die Grenzwerte überschritten sind. Der Effekt der Nachströmung auf die Rauchverteilung wird deutlicher.



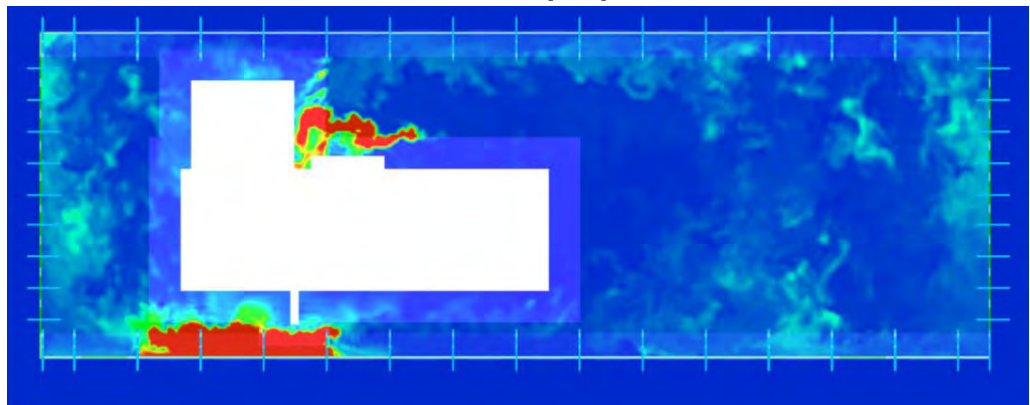
Nachweis „Standsicherheit im Brandfall“

Die Tragfähigkeit der Klimahülle muss ausreichend lange erhalten werden, so dass genügend Zeit für die Selbstrettung vorhanden ist. Eine mögliche Kompensationsmaßnahme für die Überschreitung der Rettungsweglängen sowie für den Verzicht auf eine feuerhemmende Ausführung des Tragwerks sind der Einbau einer Löschanlage, welche den Brandherd eindämmt und somit das Tragwerk schützt, sowie eine maschinelle Absaugung der Rauchgase geeignet.

Alternativ kann auch hier eine Nachweisführung mit Ingenieurmethoden erfolgen, da die Kosten für die ansonsten erforderlichen baulichen sowie anlagentechnischen Maßnahmen wesentlich höher ausfallen als der Nachweis und das entsprechende Genehmigungsverfahren. Auf Basis der ebenfalls ermittelten Temperaturen kann zusätzlich die brandschutztechnische Bemessung der Konstruktionen auf Grundlage des Normenkonzepts der Eurocodes erfolgen.

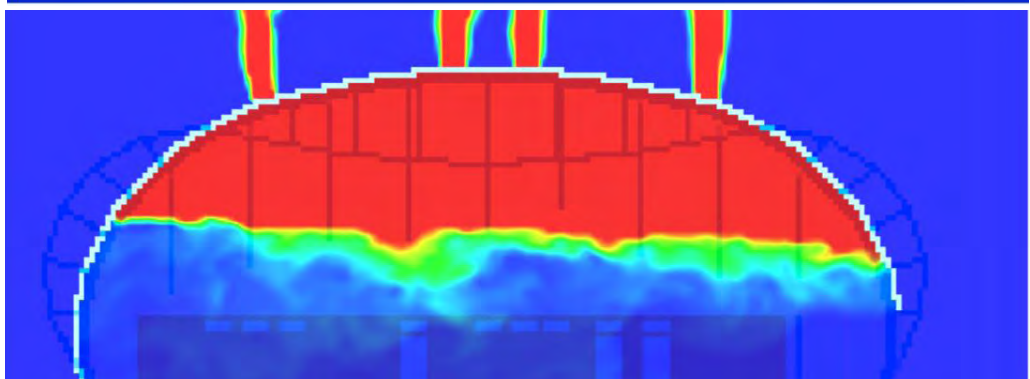
[II/36]

37 Lage des Brandherdes, im Falle eines Bürobrandes [II/36]



38 Horizontalschnitt bei z = 4m zur 15. Minute. Bürobrand in der Kita [II/36]

39 Rauchgasverteilung zur 20. Minute; Schnitt durch Ausgang, Bürobrand in der Kita [II/36]



II.3.4. Geologie / GuD

Örtliche Gegebenheiten / Entwurfsplanung / Grundwasser

Auf dem Grundstück in der Karl-Liebknecht-Str. 24 in 15827 in Blankenfelde-Mahlow befindet sich eine im Jahr 2003 gebaute, nicht unterkellerte Kindertagesstätte. Das Gelände liegt auf ca. +41,00 m NHN. Laut Grundwassergleichenkarte vom geologischen Atlas von Berlin (Stand Mai 2014) steht das Grundwasser bei ca. +38,00 m NHN an. Dies ließ sich während der im März 2015 durchgeführten Sondierungsarbeiten bestätigen. Die ermittelten GW-Stände zeigen Schwankungsbreiten im Bereich des betrachteten Grundstückes von +37,77 bis 37,86 m NHN. Die Schwankungen sind sowohl auf die Ungenauigkeit der Messmethode als auch auf die unterschiedliche Durchlässigkeit der Böden zurückzuführen.

Baugrund

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der geologischen Recherche sind zur Beurteilung der Bodenverhältnisse im Gründungsbereich des geplanten Neubaus am 25.03.2015 2 Kleinbohrungen (BS 1/14 und BS 2/14) sowie zur Überprüfung der Lagerungsverhältnisse 2 Rammsondierungen (DPH) (R 1/14 und R 2/14) bis 10,0 m unter Ansatzpunkt (AP) abgeteuft worden. Die Auswertung der im März 2015 abgeteuften Bodenaufschlüsse führt zu nachfolgender prinzipieller Schichtenfolge im Bereich der geplanten Klimahülle auf dem Grundstück Karl-Liebknecht-Straße 24 in Blankenfelde.

1. Auffüllung

Die erkundete Auffüllung reicht im betreffenden Grundstück bis ca. 0,8 m / 2,5 m unter Geländeoberkante (Ordinate +40,56 m NHN / 38,77 m NHN). Die anthropogene Auffüllung besteht aus locker gelagerten, sandigen Auffüllböden mit Beimengungen von Zie-

gel- und Keramikresten sowie organischen Einschlüssen.

2. Fein- und Mittelsande

Unterhalb der Auffüllung folgen bis zur Endtiefe der Sondierung bei 10,0 m unter GOK (31,36 m NHN / 31,27 m NHN) überwiegend mitteldicht gelagerte Fein- und Mittelsande. In tieferen Bereichen (ab 8,0 m / 8,5 m unter GOK) wurden dichte Lagerungsverhältnisse festgestellt. Die anstehenden Fein- und Mittelsande sind vereinzelt mit Kohlereibsel versetzt.

Bodenkennwerte

Aufgrund der erzielten Ergebnisse der Bodensondierungen und Laboruntersuchungen wie auch aus Erfahrung mit entsprechenden Böden können den erkundeten Bodenarten für die statische Berechnung die in der Tabelle Abb. 40 nachfolgenden zusammengestellten charakteristischen Bodenwerte zugewiesen werden.

Gründungsempfehlung

Allgemeines

Die geplante Klimahülle kann sowohl flach als auch tief gegründet werden. Die Flachgründung sollte möglichst in mitteldicht gelagerten Böden bzw. auf einem Gründungspolster liegen. Sollten aus dem statischen System der Klimahülle relativ hohe Einzelasten resultieren, so könnte eine Tiefgründung preisgünstiger werden. Die Kraffteinstreckung für eine Tiefgründung liegt ebenfalls unterhalb der Auffüllhorizonte.

Flachgründung der Fundamente

Unter Beachtung der oben dargestellten Untersuchungsergebnisse ist die Errichtung des Neubaus auf einem lastverteilenden Gründungspolster möglich. Im Zusammenhang mit der bis ca. 2,5 m unter AP festgestellten anthropogenen sandigen Auffüllung und insbesondere auch im Hinblick auf die

Bodenart	Bodenkennwerte				
	Wichte feucht γ_k	Wichte Auftrieb γ'_k	Reibungs- winkel ϕ_k	Kohäsion	Steifekenn- wert E_0
	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	c'_k [kN/m ²]	[MN/m ² x \sqrt{m}]
Auffüllung Fein-/Mittelsande mit Ziegelresten und organischen Einschlüssen, locker	18	10	28	-	-
Fein-/Mittelsande locker	17,5	9,5	28,5	-	10
mitteldicht	18	10	31,5	-	15
dicht	18,5	10,5	33,5	-	30

40 Charakteristische
Bodenkennwerte
entsprechend der DIN
EN 1997-1, (Eurocode 7)
und DIN 1054: 2010-12

herrschenden lockeren Lagerungsverhältnisse wird zur Schaffung einer verlässlichen Gründungsebene empfohlen zumindest die Auffüllung bis zum gewachsenen Boden (+38,77 m NHN – BS 2/14) auszuheben. Zur Gewährleistung der notwendigen Lagerungsverhältnisse der darunter anstehenden locker/mitteldicht gelagerten gewachsenen Böden ist eine ausreichende Oberflächenverdichtung der Aushubsohle zwingend erforderlich. Vor der Oberflächenverdichtung der Aushubfundamente ist auf mögliche Inhomogenitäten der Bodenzusammensetzung (z.B. kompakte Restbaustoffe wie Mauern, Betonblöcke) zu achten und gegebenenfalls zu beseitigen. Für die Durchführung der Oberflächenverdichtung der Aushubfundamente ist eine Grundwasserfreiheit von min. 0,5 m erforderlich, welche aufgrund des deutlich unterhalb der Gründungsebene anstehenden Grundwassers (ca. +37,86 m NHN – Stand 03/2015) gegeben ist. Die Einwirkungstiefe der in den Fundamenten durchzuführenden Verdichtung sollte mindestens 0,5 ÷ 0,8 m betragen. Eine mindestens mitteldichte Lagerung in der Aushubsohle $D_{Pr} > 95\%$ ist zu fordern. Auf dieser Ebene ist ein Gründungspolster bis zur geplanten Gründungsebene aufzubauen. Für das Gründungspolster sollten zur Gewährleistung der Frostsicherheit nur gut abgestufte und frostsichere (F 1-Böden) Sand-Kies-Gemische SE, SW bis GE/GW verwendet werden. Bei Verwendung von Recyclingmaterial sollte ein Nachweis zur Frostsicherheit des verwendeten Materials vorliegen. Der Einbau des Gründungspolsters muss lagenweise bei entsprechender Verdichtung erfolgen. Für das gesamte Gründungspolster ist eine Verdichtung von mindestens $D_{Pr} > 98\%$ zu fordern. Beim Polstereinbau muss der Lastausbreitungswinkel 1:2 eingehalten werden. Eine entsprechende Flächenvergrößerung des Polsters ist vorzunehmen.

Tiefgründung der Fundamente

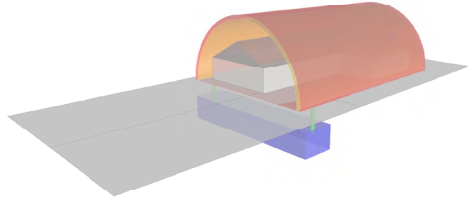
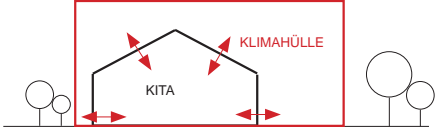
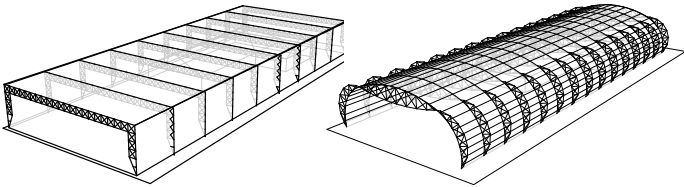
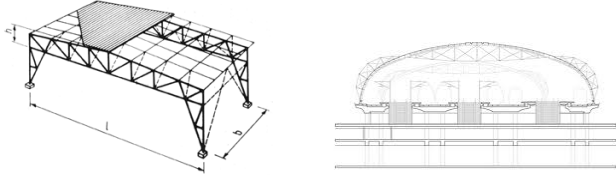
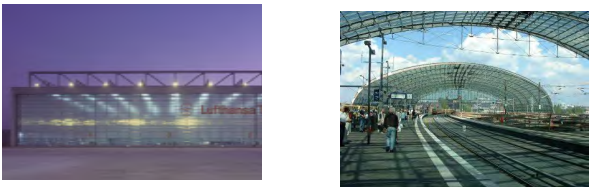

Tiefgründung mittels Verpresspfählen
Mittels Verpresspfählen können Bauwerklasten in die tiefer liegenden tragfähigen Horizonte eingeleitet werden. Angaben zur Herstellung, Bemessung und Tragfähigkeit von Verpresspfählen sind den entsprechenden Normen ([II/37] - [II/41]) zu entnehmen. Die Kraftereinleitungslänge der Verpresspfähle muss im ausreichend tragfähigen Baugrund liegen und mindestens 3,0 m betragen. Der tragfähige Baugrund im Sinne der DIN 1054/EC7 ([II/38] / [II/37]) steht im betreffenden Bebauungsbereich ab ca. 4,0 m unter Gelände (ca. +37,27 m NHN)

an. Die Mikropfähle haben in der Regel einen Durchmesser von 150 mm bis 250 mm. Der Verpresspfahl gibt im Kraftereinleitungsbereich die Last über Mantelreibung ab. Die Achsabstände der Pfähle im Bereich der Kraftereinleitungsstrecke sollten mindestens 0,8 m betragen. Für die Ermittlung der Tragfähigkeit und Kraftereinleitungslänge des Pfahles können die Werte der EA-Pfähle, Pkt. 5.4.9.4, Tabelle 5.29 - Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für verpresste Mikropfähle in nichtbindigen Böden angesetzt werden. Für die innere Tragfähigkeit ist die bauaufsichtliche Zulassung für GEWI-Pfähle heranzuziehen. Pro Pfahl kann eine Gebrauchslast von bis zu 1.100 kN aufgenommen werden. Die Weiterleistung in den Boden muss mit den o. g. Kennwerten nachgewiesen werden. Zum Nachweis der Kraftereinleitung in den Pfahl über die Kopfplatte oder Verbund kann die Zulassung herangezogen werden. Das zu erwartende Setzungsmaß für die auf Verpresspfählen gegründeten Bauwerke liegt bei zulassungskonformem Einbau unterhalb von 2,0 cm.

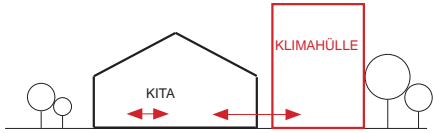
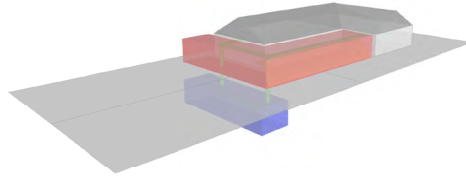
Werden die Pfahlbemessungen nicht nach den genannten Normen vorgenommen und liegen keine Erfahrungen aus vergleichbaren Verhältnissen vor, so sollten Pfahlprobelastungen vor Ort durchgeführt werden. Diese Empfehlung gilt auch wenn höhere Tragfähigkeiten erwartet werden. Das aktuelle GW-Niveau liegt bei ca. 3,5 m unter Gelände (Stand März 2015). Bei der Ausführung oberflächennaher Fundamente ist für die Tiefgründungsmaßnahme mittels Verpresspfählen keine Wasserhaltung erforderlich. Die Zustimmung der Umweltbehörde gemäß WHG §§ 8, 9 und 49 zum Einbringen von Fremdstoffen in das Grundwasser muss jedoch eingeholt werden. Lage/Anordnung, Länge, Durchmesser und Anzahl der herzustellenden Verpresspfähle sowie Beschreibung der einzupressenden Suspension ist der zuständigen Wasserbehörde vorzulegen. Der Herstellpreis für Verpresspfähle liegt zurzeit bei ca. 100 €/m bis 150 €/m. Die bisherigen Untersuchungen sind lediglich bis 10,0 m unter Gelände durchgeführt worden. Sollte eine Tiefgründung ausgeführt werden, so sind nach Vorlage der Vorstatik ergänzende Bodenuntersuchungen bis 3,0 m unterhalb der dort ermittelten Endteufe des Pfahles durchzuführen.

Alternativ kann eine Tiefgründung auch mittels Ramppfähle aus duktilem Gusseisen, mittels Fundexpfählen oder mittels Brunnengründung ausgeführt werden.

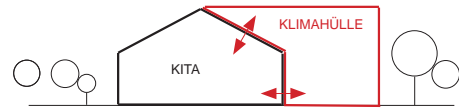
III.1. 5 Varianten

<p>System</p>	<p>S1</p> 
<p>Variante</p>	 <p>1.1 Rahmen 1.2 Korbbogen</p>
<p>Tragwerk</p>	
<p>Module</p>	
<p>Beispiele</p>	
<p>Maße</p>	<p>Grundfläche: 3.000 m² Höhe: 9m Grundfläche: 3.000 m² Höhe: 11,5 m</p>
<p>Modellfoto</p>	

S2

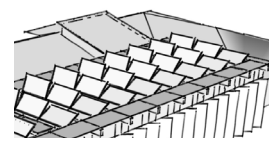
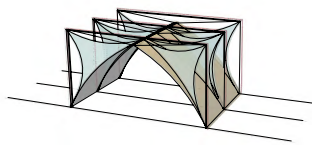
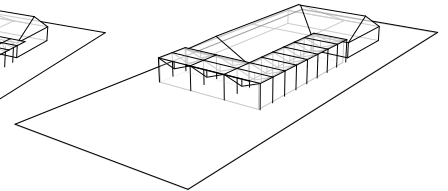
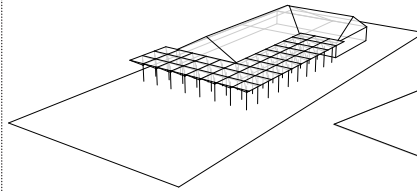
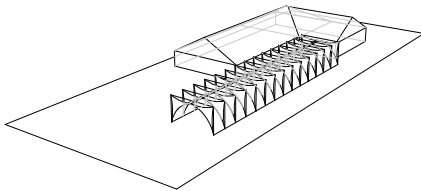


2.1 Rahmen

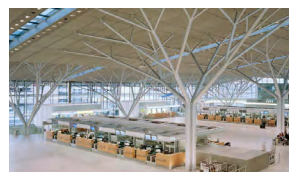


3.1 Schirme

3.2 Faltung



Grundfläche: 378 m²
Höhe: 4,45 m

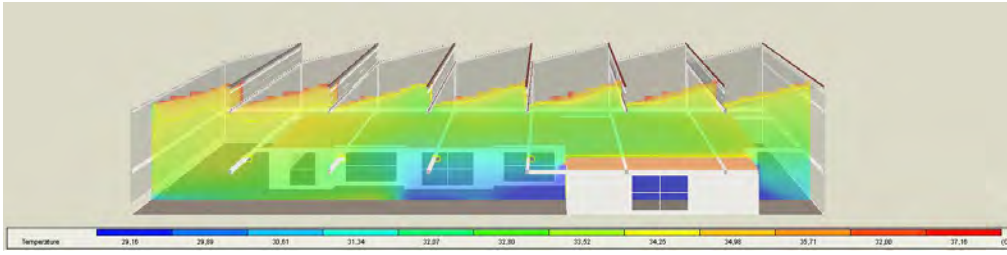


Grundfläche: 370 m²
Höhe: 4,5 m



Grundfläche: 370 m²
Höhe: 4,9 m





41

III.2. Weiterentwicklung der Varianten

Beleuchtung - sommerliche Überhitzung

III.2.1. Shedhalle

Konzept der Shedhalle

Die Shedhalle kann als Weiterentwicklung der Rahmenvariante 1.1 gesehen werden. Es wird dabei versucht die warme Luft an lokalen Maxima zu sammeln und dort über Öffnungen abzuführen. Dabei nutzt man den Kamineffekt, um die heiße Luft oben abzuführen, während von unten kühle Luft in die Hülle nachströmt (siehe Abb. 41).

In der Regel hat man bei einem Sheddach jeweils eine bedeckte und eine lichtdurchlässige Shedseite. Durch die durchlässige Shedseite fällt Licht in den Raum über diffuse Lichteinstrahlung beleuchtet.

Im Falle der Klimahülle sollen beide Seiten lichtdurchlässig sein, so dass sich die Hülle im Winter durch direkte Sonneneinstrahlung aufheizt. Im Sommer fällt trotz Verschattung der Südseite diffuses Sonnenlicht durch die Nordseite in die Hülle.

Aufgrund der Verwendung von Shedhallen vorwiegend in industriellen Bereichen und den damit verbundenen Assoziationen, wurde sie als unpassend für einen Kindergarten empfunden und für den Vorentwurf nicht weiter verfolgt.

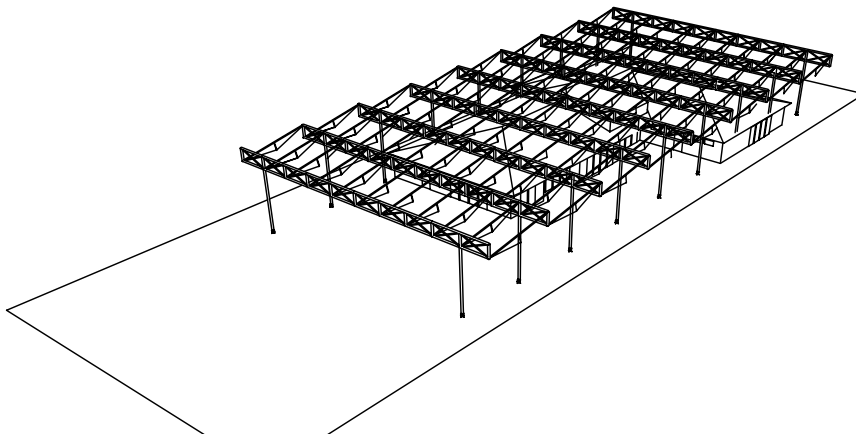
Geht man von einer möglichst perfekten Verschattung der Südseite aus, so ist für die sommerliche Überhitzung vor allem die direkte Sonneneinstrahlung abends und morgens durch die Nordseite sowie die Neigung der Fensterfläche ausschlaggebend.

Das Diagramm in Abb. 43 zeigt für das Ruhrgebiet in welchem Zeitraum direkte Sonneneinstrahlung durch die lichtdurchlässige Shedseite fällt. Für Berlin gilt grundsätzlich Ähnliches, allerdings verschieben sich alle Uhrzeiten aufgrund der östlicheren Lage etwas nach vorne.

Die Klimahülle ist um 15° von Norden Richtung Osten gedreht. Aus der nebenstehenden Tabelle ergibt sich damit, dass von 8-18 Uhr keine direkte Sonneneinstrahlung auftritt.

Die Intensität des diffus einfallenden Lichtes verändert sich mit der Neigung der Fensterflächen. So kann man davon ausgehen, dass die lotrechten Lichtbänder wegen des Himmelslichtabfalls nur 60% des Lichteinfalls von um 60° geneigten Lichtbändern haben.

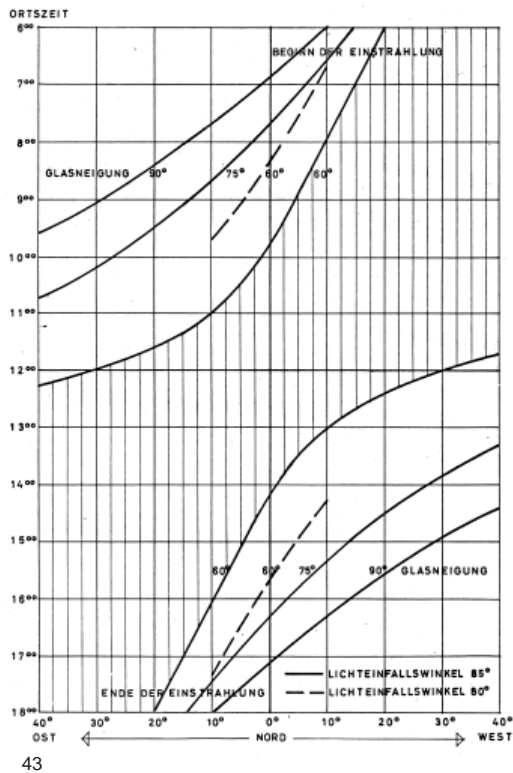
60° geneigte Fenster haben aber auch direkte Sonneneinstrahlung morgens bis 11:30 und nachmittags zwischen 17 und 18 Uhr zur Folge. Es gilt also eine Abwägung zwischen hoher Tageslichtintensität trotz Verschattung der Südseite sowie direkter Sonneneinstrahlung und Aufheizen der Klimahülle zu treffen.



41 Temperaturverteilung in der KH "Sheddach" an einem sommerlichen Auslegungstag um 14 Uhr [IV21]

42 Skizze Sheddachvariante

42



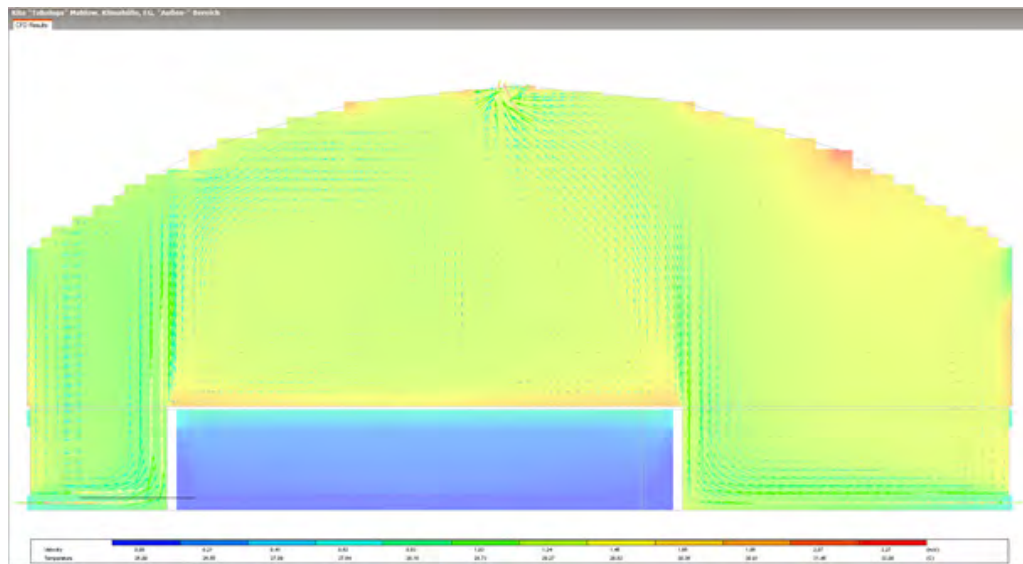
III.2.2. Tonnendach

Ein besseres Innenklima kann auch durch ein Tonnendach erreicht werden. Anhand einer Strömungssimulation (Abb.

44) sieht man, wie die kühle Luft unten an den Luftöffnungen einströmt und dann an den Wänden der Kita aufsteigt, sich erwärmt und schließlich wie die warme Luft oben ausströmt. An den Pfeilen kann man auch erkennen, dass die warme Luft wie gewollt unter der dem Bogen immer höher Richtung Mitte strömt. Während die Temperaturen in der Klimahülle zwischen 29 und 31°C liegen, bleibt die Temperatur in der Kita im kühleren Bereich. Dies liegt an der thermischen Trägheit der Kita. Lediglich der Boden der Terrasse, bzw. die Decke der Kita, hat sich am Vormittag durch die Sonne aufgeheizt (auf 36,5 °C!), so dass sie nun die Luft aufwärmt. Integriert man ins Dach Aufwindtürme, können die Ergebnisse noch verbessert werden. [II/21]

Für die Raumakustik ist das Bogendach eher nachteilig. Durch das gewölbte Dach ergibt sich ein ausgeprägtes Reflexionsmuster, das dafür sorgt, dass die Energie vom Anregeort in der einen Ecke zum Empfangsort in der andere Ecke transportiert wird. Das ist vor allem in Abb. 52 zu sehen. Auch die mittleren Nachhallzeiten liegen für diese Variante deutlich über den empfohlenen Werten. [II/29]

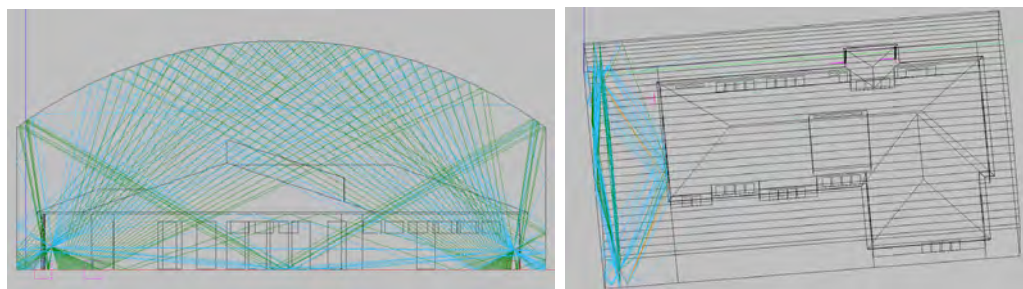
43 Der zeitliche Verlauf der Sonneneinstrahlung am längsten Tag des Jahres (21.6.) in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung und der Neigung der lichtdurchlässigen Shedseiten. Das Diagramm gilt für eine Ortslage von 51,5° nördlicher Breite (Ruhrgebiet) [III/1]



44

44 CFD Analyse der Variante Bogendach, am 6. Juni um 14 Uhr, Blick aus Süden [II/21]

45 Variante Bogendach, Reflexionspfade, Ansicht von vorn und von schräg oben [II/29]



45

III.2.3. Klimagarten aus beweglichen Schirmkonstruktionen

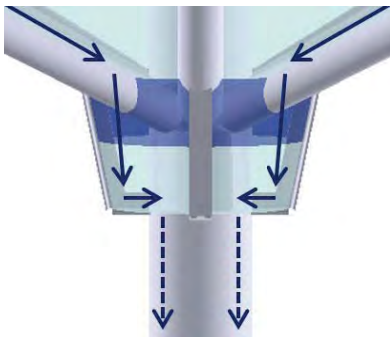
Konzept

Als Alternative zu einer alles umschließenden Klimahülle wurde das Konzept eines Klimagartens, als nebenstehendes Gebäude untersucht. Die Idee dafür waren trichterförmige, wandelbare Schirmkonstruktionen.

Der Klimagarten soll L-förmig um die Kita angeordnet werden, ein zusätzlicher Außen-spielfeld am hinteren Ende des Geländes soll frei bleiben.

Es sind jeweils unbewegliche und bewegliche Schirme im Schachbrettmuster mit einem Rastermaß von 3,5 x 3,5m angeordnet, so dass die beweglichen Schirme in einem festen Raster aufliegen. Dadurch kann ein sicherer Verschluss gewährleistet werden. Außerdem können so die Horizontal-lasten auf alle Stützen gleichmäßig verteilt und damit verringert werden, wodurch die Querschnitte minimiert werden und ein filigranes Erscheinungsbild erreicht wird.

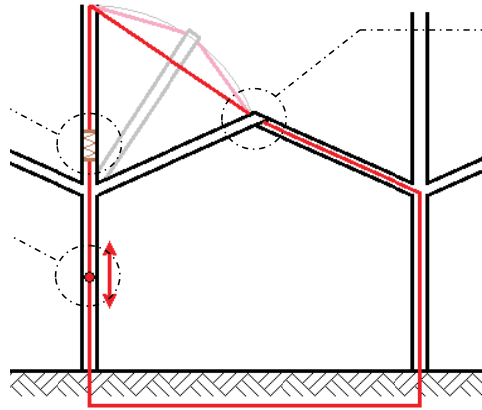
Die Höhe der Schirmknotenpunkte ist bei 3,35m, der Traufhöhe der Kita, als Gesamthöhe ergibt sich 5,35m.



48



46



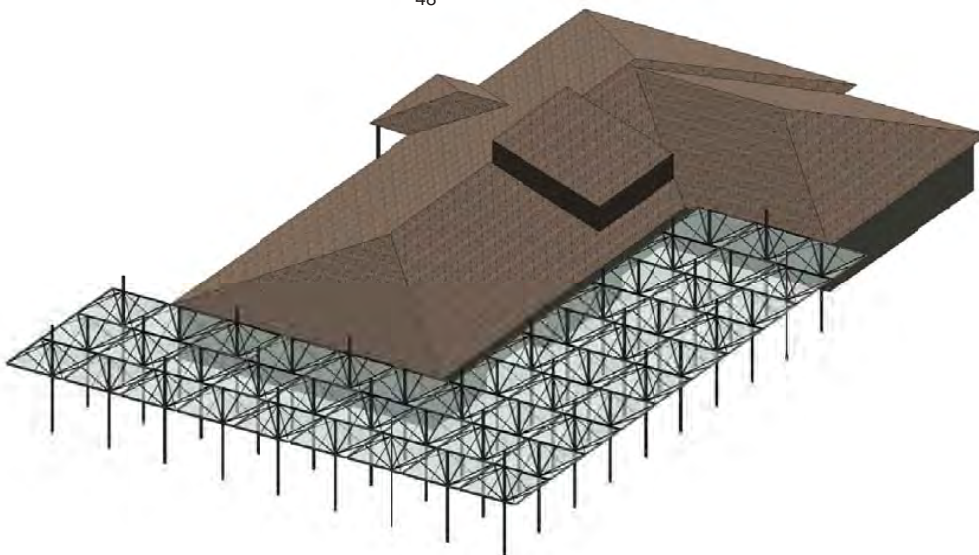
47

Das anfallende Regenwasser wird über die Schirmtrichter in die Stütze abgeleitet. Dazu ist am Schirmknoten ein Bescher angebracht, der das Wasser auffängt.

Bewegungsmechanismus

Der Öffnungsmechanismus funktioniert über einen Seilzug, der durch die Stütze und über den nebenstehenden unbeweglichen Schirm und den Boden im Kreis geführt wird. Betätigt man die Kurbel, die am beweglichen Schirm im Inneren des Klimagartens befestigt ist, so werden die vier Mittelpunkte der Schirmkanten nach oben gezogen und der Schirm öffnet sich.

[III/3]



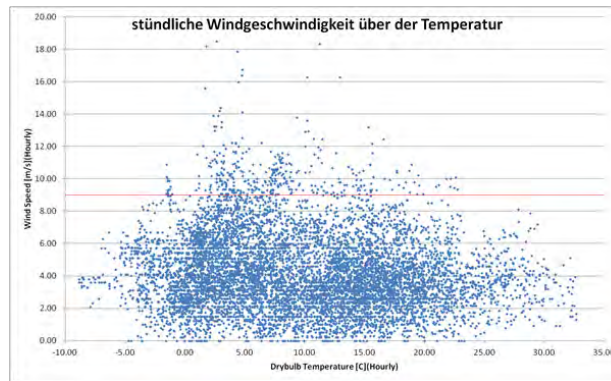
49

46 Lückenschluss mit flexiblen Schirmen [III/3]

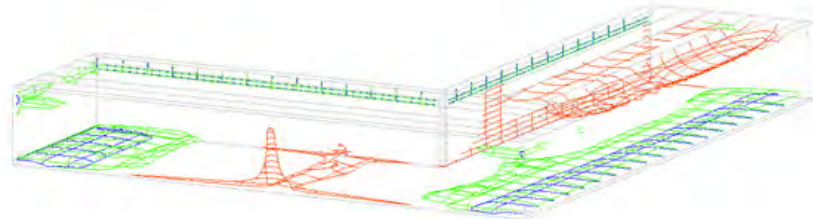
47 Schematische Darstellung des Bewegungsablaufs [III/3]

48 Becher zur Entwässerung [III/3]

49 Visualisierung des Bestandsgebäudes mit Klimahülle [III/3]



50



51

Klimasimulation

Der Klimagarten hat eine geringere Bauhöhe als eine die Kita umschließende Klimahülle. Daher fällt auch der Luftzug, der durch den Kamineffekt entsteht, entsprechend kleiner aus. Allerdings erlauben die Schirme ein großflächiges Öffnen der Dachfläche, so dass ein Luftaustausch mit der Umgebung nur durch die Fassaden behindert wird.

Die Strömungssimulation (Abb. 51) zeigt, dass die kühlen Luftschichten (Blau und Grün) sich weit in die Klimahülle hinein erstrecken und die warme Luft oben aus den Öffnungen heraus strömt. Bei dieser Simulation wurde angegeben, dass die West-Fassade die nur wenige Meter von der Klimahülle entfernt ist, nicht verschattet wird. Dadurch hat sie sich stark aufgeheizt und erwärmt daher die angrenzende Luftschicht, was das rote Raster an der Wand aufzeigt. Man kann auch erkennen, dass an den zur Kita gewandten Seiten kühle Luft von oben in die Klimahülle einströmt. Bei dieser Simulation strömt sowohl warme Luft oben zwischen den Schirmen aus der Klimahülle raus, als auch kühle Luft ein.

Da die Schirme statisch bedingt ab einer gewissen Windgeschwindigkeit aufklappen müssen, besteht theoretisch die Gefahr, dass die Klimahülle dann überhitzt. Allerd-

ings sieht man in Abb. 50, dass eine kritische Geschwindigkeit von 9 m/s (rote Linie) nur sehr selten erreicht wird. Außerdem ist zu erwarten, dass in diesen Fällen dann eine niedrige Temperatur (unter 25 °C) herrscht, bedingt durch entstehende Wolken, Windchill-Effekt etc. [II/21]

Schallschutz

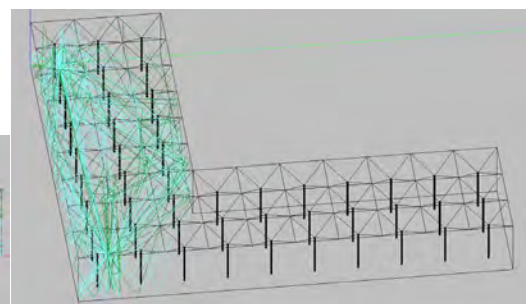
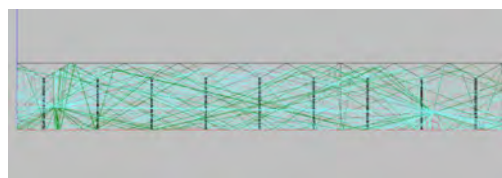
Genau wie bei einer Klimahülle ist der Schallschutz im Klimagarten abhängig von den gewählten Materialien. Der Schallschutz des Bestands ändert sich durch den Bau des Klimagartens nicht.

Die Nachhallzeit im Inneren des Klimagartens ist aufgrund des kleineren Volumens kürzer. Trotzdem ist davon auszugehen, dass für eine akzeptable Sprachverständlichkeit zusätzliche raumakustische Maßnahmen notwendig werden. Betrachtet man das Reflexionsmuster in Abb. 52 fällt ein sehr stark gestreutes Muster auf. Dies ergibt sich durch den flachen Raum mit der stark strukturierten Decke. Ein solches Verhalten ist als eher vorteilhaft zu werten. [II/29]

50 Punktwolke der stündlichen Mittelwerte der Windgeschwindigkeiten über der Außentemperatur aus den Wetterdaten von Berlin-Schönefeld (2002). [II/21]

51 CFD Simulation der Schirmvariante an einem Auslegungstag [II/21]

52 Schirmvariante, Reflexionspfade, Ansicht von vorn und von schräg oben [II/29]



52

IV.1. Begründung der Auswahl

Der gewählte Vorentwurf zeichnet sich gegenüber den anderen untersuchten Varianten sowohl in Tragwerks-, Energie- und Schallschutzsicht, als auch wegen seiner zurückhaltenden Architektursprache als der für diese Bauaufgabe angemessensten Entwurf aus.

Dies wurde einerseits durch die wissenschaftlichen Untersuchungen, als auch durch einen stetigen Austausch mit der Gemeindevertretung, der DBU, sowie den Kitaverantwortlichen bestätigt.

Entsprechend dem politischen Wunsch nach einer möglichst sensiblen städtebaulichen Eingliederung der Klimahülle an das umliegende Wohngebiet, welches von Einfamilienhäusern geprägt ist, konnten die Konzepte mit Tonnendach, als auch der kleinteilige Schirmwurf städtebaulich nicht überzeugen.

Doch vor allem die schlichte Eleganz und Effizienz des Tragwerks, welches sich auch gut und einfach in vorgefertigter Bauweise in der Fabrik modular umsetzen und gestalten lässt, war ein Hauptgrund für die Entscheidung für den Entwurf.

Außerdem ist die gewünschte Wandelbarkeit des Tragwerks und/ oder eines beweglichen Sonnenschutzes in der Außenhaut in dieser Variante baukonstruktiv deutlich leichter und gestalterisch harmonischer zu realisieren.

Auch das didaktische Konzept mit einfachen Formen und Bewegungsmechanismen kann den Kinder in der Kita bei diesem Entwurf spielerische und unmissverständlich vermittelt werden.

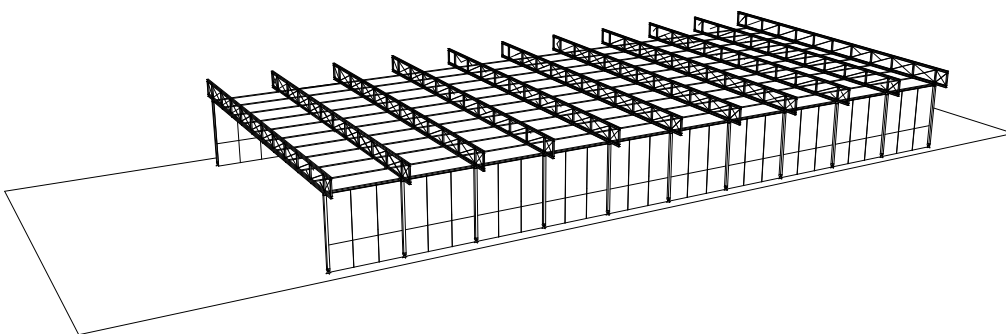
Baukonstruktiv bietet das Rahmentragwerk auf Grund seiner ebenen Flächen die beste Basis für den Einsatz von thermisch notwendigen Bauteilen wie den Sonnensegeln zum Schutz der sommerlichen Überhitzung oder auch der PV-Anlage zur Eigen-Energieversorgung der Klimahülle. Hier ist sowohl die Montage der mechanisch bedienbaren Sonnensegel und der Photovoltaik-Paneele leichter als beim Tonnendach umzusetzen als auch die Wartung und Reinigung der zusätzlichen Fassadenaufbauten.

Wie aus der Auswertung der Klimasimulation zuerkennen ist, sind die Unterschiede hinsichtlich der Thermik in Hinblick auf die Überhitzung in den Sommermonaten im Vergleich der Tonnen- und Rahmenvariante nur minimal, weshalb aus Behaglichkeitsgründen beide Varianten als gleich gut zu bewerten sind.

Folglich wurde daher das Rahmentragwerk bezüglich seiner Potentiale hinsichtlich eines effizienten, wandelbaren Tragwerks, eines energetisch aktiven Klimakonzeptes sowie eines deutlichen Schallschutzkonzeptes weiter untersucht und im Folgenden dargestellt.

IV.2. Entwurfsbeschreibung

Für den hier beschriebenen Entwurf einer Klimahülle, die den spezifischen und heterogenen Anforderungen wie Schallschutz, Transparenz, Material- und Energieeffizienz, Behaglichkeit, Verständlichkeit, Wandelbarkeit und Didaktik gleichermaßen gerecht werden soll, war schon zu Beginn der Planungsphase eine stark koordinierte, enge Zusammenarbeit zwischen den künftigen



53 Rahmenvariante,
schematische
Perspektive

Nutzern der Kita, der Gemeinde und den verschiedenen planerisch- technischen Disziplinen essentiell.

Um die Maxime einer wandelbaren Klimahülle, mit dem Wunsch nach größtmöglicher Transparenz sowie dem dadurch resultierenden Einsatz eines sehr leichten Tragwerks zu ermöglichen und gleichzeitig einen maximalen Schallschutz zu gewährleisten, mussten neue, unkonventionelle Konzepte und Lösungen angewandt und umgesetzt werden.

Hierbei sollen ein filigranes, wandelbares Tragwerk, aktive Energiegewinnung, ein funktionierendes Klimakzept, sowie ausreichender Schallschutz für die Kinder als gleichberechtigt gewichtete Faktoren einander bedingen, sowie darüber hinaus zu einem klimatisch und gestalterisch funktionierenden Organismus zusammenfinden.

Drei wesentliche Entwurfscharakteristika bilden das Rückgrat des Klimahüllendesigns: Zum einen wird auf eine aufwändige, energieintensiv herzustellende und kostspielige Wärme- und Sonnenschutzverglasung- zu Gunsten einer simplen, unverspiegelten und günstigen Doppelverglasung in Fassade und Dach verzichtet.

In manchen Bereichen der Gebäudehülle werden hierbei speziell in diesem Forschungsprojekt entwickelte semipermeable, transparente Schallschutzelemente eingesetzt.

Weiter wird am Tragwerk ein wandelbarer, außenliegender Sonnenschutz installiert, der die Fassade der Klimahülle je nach Tages- und Jahreszeit zur Kühlung verschattet oder umgekehrt in der kalten Jahreszeit den maximalen solaren Eintrag durch die Gebäudehülle zulässt.

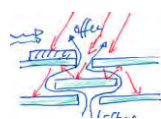
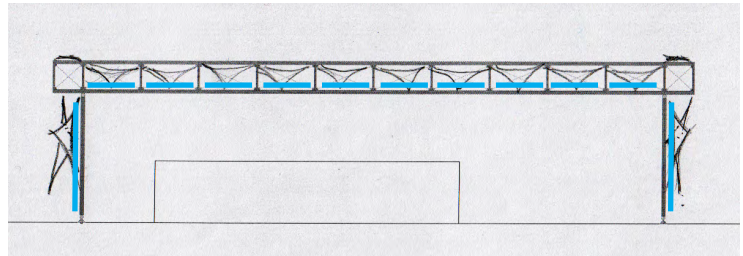
Schließlich wird die Klimahülle durch den Einsatz von Photovoltaikmodulen auf den Rändern der Dachfläche, sowie einen saisonal unterschiedlich genutzten Eisspeicher komplettiert.

Die Kombination dieser drei relativ simplen Grundbausteine befähigt die Klimahülle ohne den Einsatz aufwendiger, wartungsintensiver und somit teurer Gebäudetechnik, auf die verschiedenen Klimabedingungen flexibel zu reagieren und im Innenraum der Kita den größtmöglichen Nutzungskomfort für die Kinder der Kita zu erreichen.

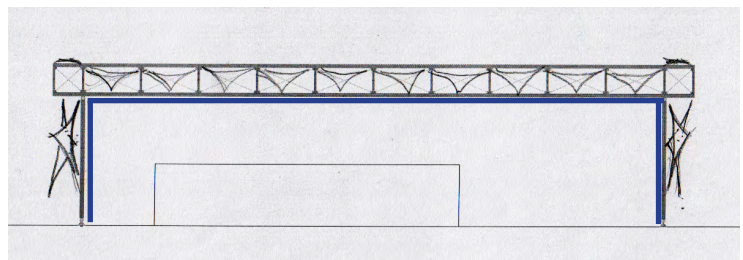
Im Weiteren werden die genauen Maßnahmen und Entwurfs Elemente detailliert beschrieben.



54



55

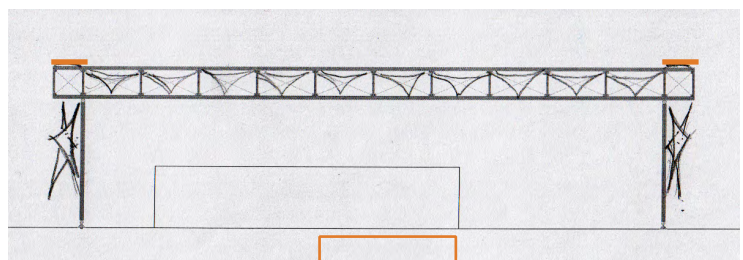


54 Sonnenschutzmodule, schematische Anordnung

55 Semipemeabler Lärmschutz, schematische Anordnung



56



56 Photovoltaikmodule und Eisspeicher, schematische Anordnung



57

IV.2.1. Architektur und Städtebau

Das betrachtete Gelände mit dem bestehenden Gebäude befindet sich an der Karl-Liebknecht-Straße 20 a in Blankenfelde-Mahlow. Das Bestandsgebäude der Kita Tabaluga befindet sich im nördlichen Teil des Grundstücks und besitzt einen I-förmigen Grundriss mit einer Länge von ca. 38,80 m und einer Breite von 15,74 m bzw. 24, 56 m. Es handelt sich bei dem Gebäude um einen erdgeschossigen Bau mit einer Gesamthöhe bis zum First von ca. 6,20 m. Die Wände und Decken sind als Holzkonstruktion ausgeführt. Das Dach ist als Satteldach ausgeführt und mit Dachziegeln eingedeckt.

Für eine sinnvolle und effektive – sowohl räumlich-funktionale, als auch klimatechnisch – Nutzung der Klimahülle wird das Bestandsdach der Kita entfernt. Die Klimahülle spannt mit einer lichten Raumhöhe von 6,50 m über die Freiflächen und den neu entstandenen Dachgarten.

Die städtebauliche Einbindung der Klimahülle zeichnet sich durch eine sensible und geradlinige Anordnung der rechteckigen und gerichteten Kubatur der Klimahülle im städtischen Kontext, welcher durch die Bebauung mit Einfamilienhäusern geprägt ist, aus.

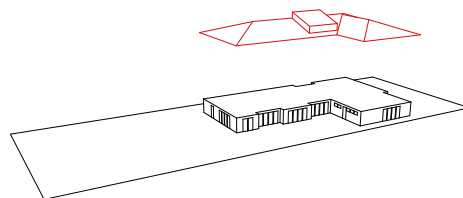
Durch die maximale Transparenz aller Fassaden und des Daches durch den Einsatz nicht spiegelnden Glases wird eine ungestörte Sicht in und aus der Klimahülle gewährleistet, so dass der Baukörper, auch durch den Einsatz eines sehr leichten und eleganten Tragwerks, keine räumliche Barriere zu den Nachbargrundstücken bildet.

Durch den Rückbau des Daches und die Schaffung eines neuen Dachgartens entsteht ein Mehrwert für die Kita, da etwa 730 qm

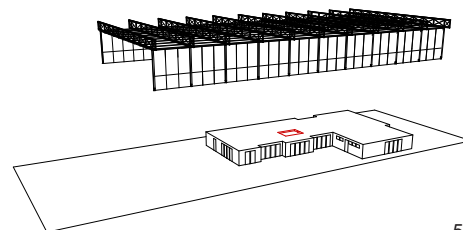
Fläche mehr für die Kinder zur Verfügung stehen.

Dieser neu geschaffene Raum dient den Kindern der Kita als neu gewonnene Spielfläche und bietet darüber hinaus die Möglichkeit dem Dachtragwerk der Klimahülle sehr nahe zu sein, um die Bewegungsmechanismen von Teilen der Dachfläche, sowie des beweglichen Sonnenschutzes aus nächster Nähe zu beobachten.

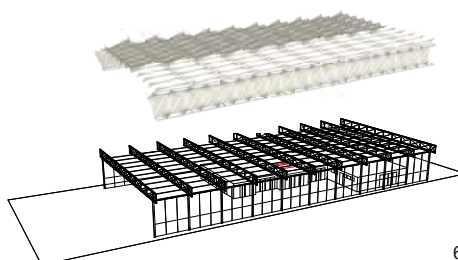
Es ist angedacht, dass die Mechanismen der Wandelbarkeit des Daches und der Fassade spielerisch leicht – unter dem didaktischen Gesichtspunkt der Technikvermittlung – auch von den Kindern selbst bedien- und steuerbar sein sollen.



58



59



60

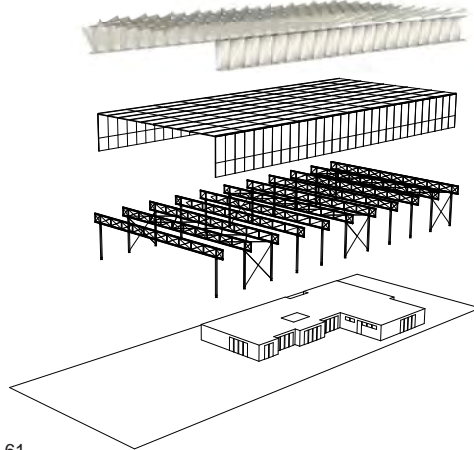
57 Rahmenvariante, schematische Perspektive

58 Entfernen des Bestandsdaches

59 Vorfertigung der Klimahülle im Werk

60 Vorfertigung des Sonnenschutzes im Werk

Sonnenschutz
 Gebäudehülle Glas
 Primärtragwerk
 Kita Bestand



61

Insgesamt überspannt die Klimahülle eine Fläche von ca. 1.950m² und hat ein Raumvolumen von ca. 12.600 m³.

Die wesentlichen Bestandteile der Klimahülle sind ein außenliegendes Primärtragwerk aus Stahlfachwerkräumen im Abstand von je 6,5 m, eine innenliegende, transparente Gebäudehülle aus Glas, sowie ein in der äußersten Schicht befindlicher, wandelbarer Sonnenschutz.

Durch das gewählte Tragwerk und die Wiederholung und Aneinanderreihung

gleicher Basismodule, kann ein hoher Grad an Vorfertigung während der Bauphase erreicht werden. Es wird angestrebt, sämtliche Bauteile in der Fabrik vorzufertigen und in kurzer Bauzeit vor Ort zu installieren.

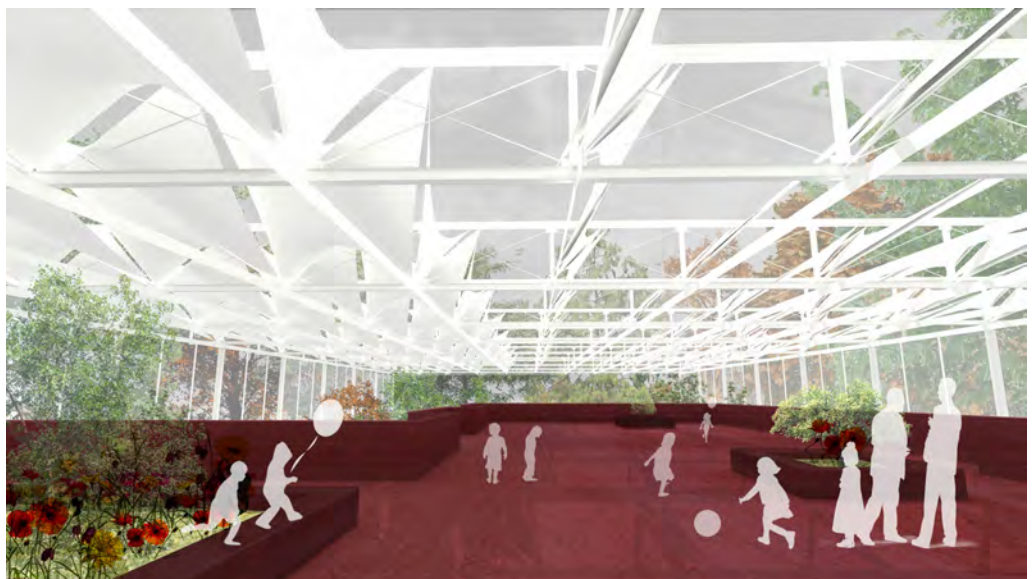
Der Innenraum der Klimahülle zeichnet sich durch den Einsatz von viel Vegetation aus, die sowohl für eine Reduzierung des Innenschallpegels als auch für ein angenehmes und im Sommer gekühltes Raumklima sorgt.

Weiter kann durch die temporäre großflächige Öffnung von Teilen des Daches und der Fassade, sowie der Verschattung durch einen je nach Tages- oder Jahreszeit sich wandelnden außenliegenden Sonnenschutz ein stets gemäßigtes Innenraumklima in der Hülle gewährleistet werden, welches nicht nur den Kindern, sondern auch den speziell hierfür ausgesuchten Pflanzen zu Gute kommt.

Auch ohne aufwendige Haustechnik wird durch die semipermeabel ausgeführten Fassaden und Dachelemente für eine stets gute Durchlüftung und gleichzeitig einen sehr guten Schallschutz gesorgt.



62



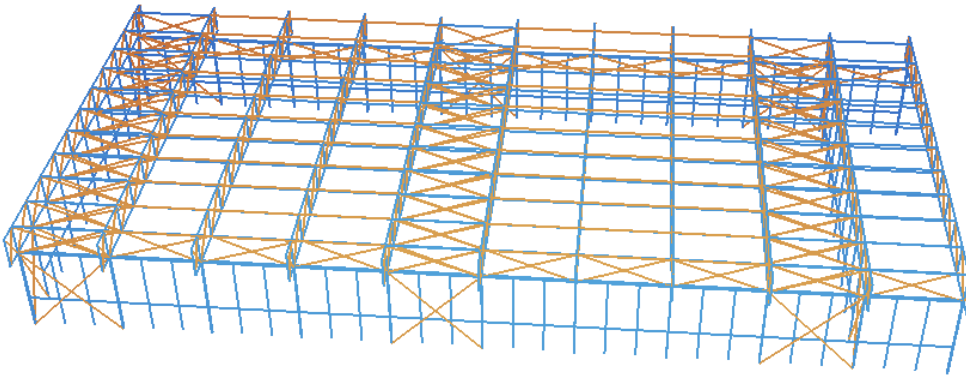
63

61 Bestandteile der Klimahülle

62 Klimahülle: Innenraum

63 Klimahülle: neuer Dachgarten

IV.2.2. Tragwerk



64

Das Haupttragwerk besteht aus einem Fachwerkträger (FWT), der auf 2 Stützen im Abstand von 30m gelagert ist und rechts und links jeweils 3m über die Stützen auskragt. Die Stützen sind biegesteif an den Träger angeschlossen. Bei der Berechnung des FWT kann aber aufgrund der viel höheren Steifigkeit des Trägers gegenüber der Stütze als Berechnungssystem von einem Balken auf 2 Stützen (B2S) ausgegangen werden. Die Stützen werden als beidseitig eingespannt betrachtet. Die Höhe des Fachwerkträgers beträgt 1,7m, der Pfostenabstand 3m.

Das Sekundärtragwerk besteht aus Dachpfetten, die alle 3m unter den FW-Pfosten entlanglaufen und die Lasten zu den FW-Trägern ableiten. Als statisches System wird ein B2S angenommen, kein Durchlaufträger, da das Dach großflächig geöffnet und die Pfosten in einem Feld mit verschoben werden sollen.

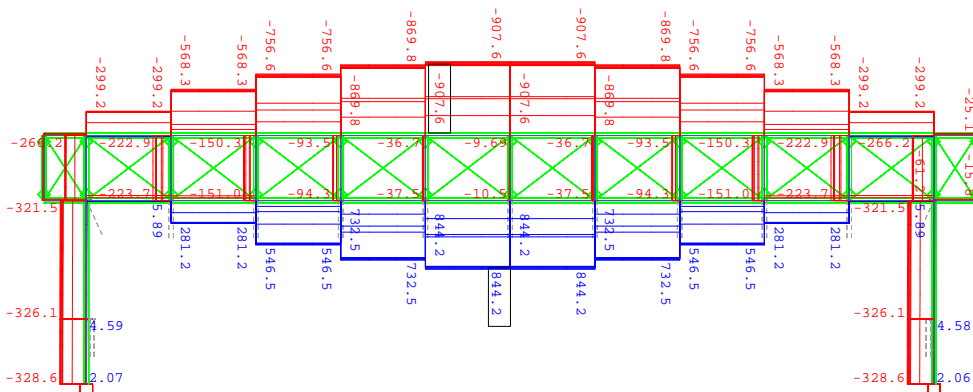
Aussteifungskonzept

Um ein gegen alle Belastungen ausgesteiftes Tragwerk zu erhalten, werden mindestens eine ausgesteifte Deckenplatte und drei aussteifende Wände, deren Wirkungsrich-

tungen sich nicht in einem Punkt schneiden, benötigt.

Die Decke wird über rundum angeordnete Verbände zu einer Platte, ein zusätzlicher Verband ist längs in der Mitte angeordnet. Zwischen den Stützen sind drei Verbände angeordnet, die die langen Wände aussteifen. Da die Stützen biegesteif mit den FWT verbunden sind übernehmen sie auch eine aussteifende Wirkung in Rahmenrichtung. Um die Verformungen zu begrenzen, werden in der Vor- und Rückwand zusätzliche Verbände angeordnet. Diese Verbände befinden sich in den Ecken, um dazwischen Platz für eine großflächige Öffnung der Hülle zum Hof zu lassen.

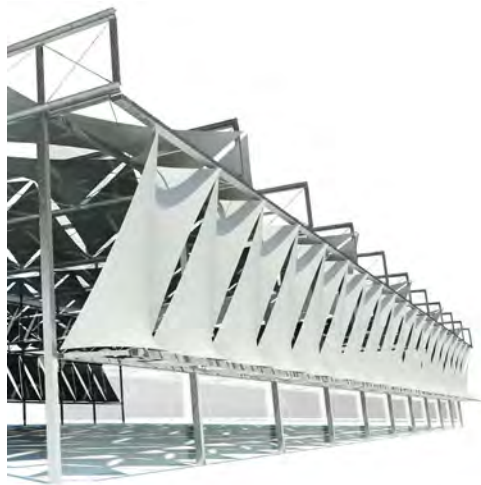
Da das Tragwerk außenliegend ist, sind die Pfetten, die das Glasdach tragen, am Zuggurt des Fachwerkträgers befestigt. Der Druckgurt muss zusätzlich durch Kopfbänder gegen Knicken aus der Ebene heraus gehalten werden. Kopfbänder sind Zugseile, die über den Pfosten die Fachwerkträger miteinander verbinden. Vorne, mittig und hinten befinden sich Schrägseile, die die Kräfte nach unten zu den (nicht von Ausknicken gefährdeten und damit haltenden) Zuggurten ableiten.



64 Aussteifungskonzept

65 Auftretende Normalkräfte in Fachwerkträger und Stütze (Berechnung mit Sofistik)

65

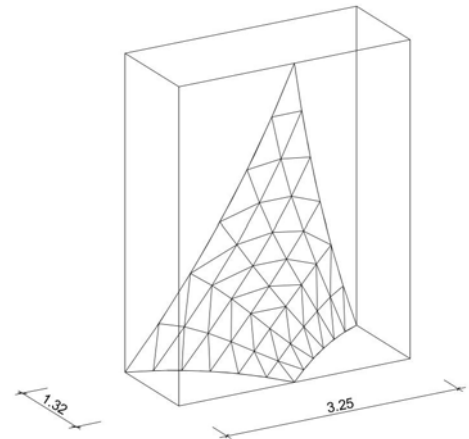


66

Sonenschutz

Als außenliegender Sonnenschutz wurden doppeltgekrümmte Membranelemente entworfen, die 2m über dem Boden beginnen und die gesamte Fassade und das Dach verschatten. Die Membranelemente sind auf Schienen gelagert und können im Winter, wenn maximaler Wärmeeintrag gewünscht ist, in eine Membrangarage gefahren werden. Dort sind sie vor Witterung geschützt und müssen nicht konstant vorgespannt sein.

Die Membrane sind an 4 Punkten an den Schienen befestigt. In den Sommermonaten sind jeweils 3 Ecken an vordefinierten Punkten fixiert. Die vierte Ecke kann verschoben werden und bestimmt damit den Öffnungsgrad. Dabei gibt es für 1 Element nur 2 Zustände: offen (als ein flaches Richtung Sonne ausgerichtetes Dreieck zwischen den Schienen) und geschlossen (auf einer Breite von 3,25m aufgespannt siehe Abb.



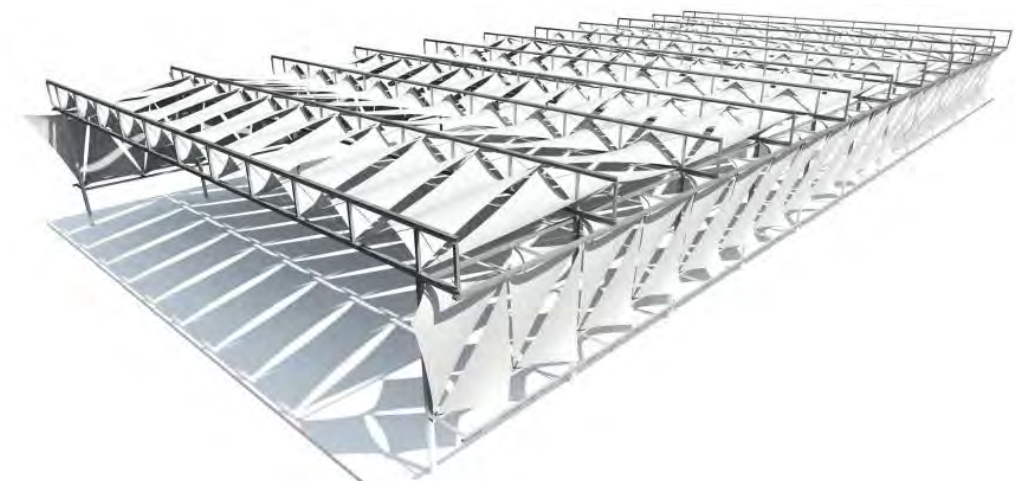
67

67), im Zwischenbereich ist die Membran nicht gespannt. Das ist damit nur ein Übergangszustand. Dadurch treten die größten Belastungen nur an definierten Punkten auf an denen die Schienen dann gezielt verstärkt werden können. Der Verschattungsgrad der Klimahülle wird also über die Anzahl der geschlossenen und geöffneten Elemente bestimmt.

Die Schienen spannen frei zwischen den Fachwerkträgern, es sind keine weiteren Stützen erforderlich, der Platz soll frei bleiben, damit man außen um die Klimahülle herum laufen kann.

Die Schienenprofile werden in Richtung der maximalen Kraft gekippt, um planmäßige Torsion im Träger zu vermeiden. Die Kräfte, die parallel zur Fassade entstehen, werden über eine Konstruktion aus Zugseilen abgetragen, um Stabilitätsprobleme zu vermeiden.

[IV/1]



68

66 Sonnensegel in der Fassade [IV/1]

67 Abmessung der geöffneten Fassadenmembran [IV/1]

68 Klimahülle mit außenliegenden Sonnensegeln, Vogelperspektive [IV/1]

IV.2.3. Energie

Ziel des Klima- und Energiekonzeptes ist es mit dem Einsatz von möglichst wenig Gebäudetechnik ein Optimum an Behaglichkeit in der Klimahülle zu schaffen und gleichzeitig den bisherigen Energiebedarf der Kita zu senken.

Zunächst wurde in einer ersten Klimasimulation angenommen, dass die Klimahülle weder beheizt noch gekühlt wird, um zu ermitteln, wie sich die Temperaturen ohne Maßnahmen entwickeln würden. Dann wurde ein Kühlsystem angelegt, das die Temperatur immer unter 30°C hält, woraus sich die Kühllast für einen Eisspeicher ergibt.

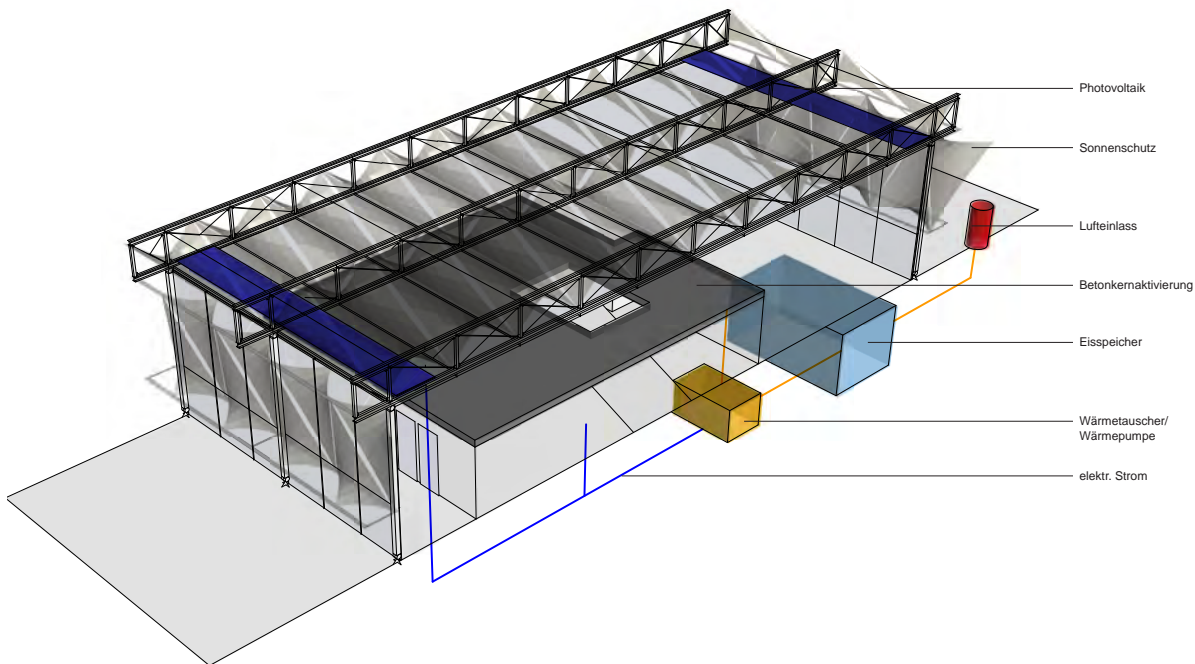
Für die Verglasung (die die Gebäudehülle bildet) wurde eine unisolierte Einfachverglasung gewählt. Diese ist kostengünstig und erlaubt die Transmission von ungewollter Wärme aus der Klimahülle nach außen. Außerdem spiegelt sie nicht und ist nicht gefärbt, was vermieden werden sollte.

Da die Temperatur in der Klimahülle jedoch

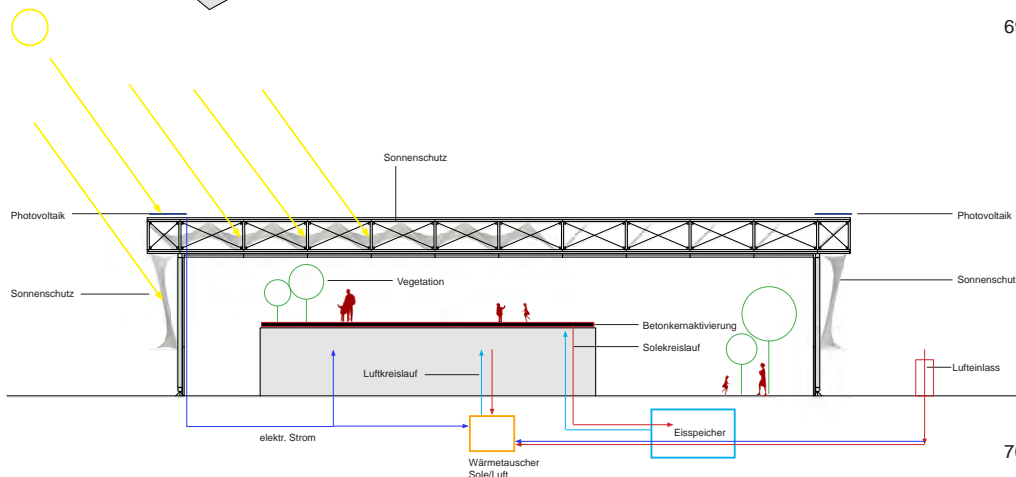
nicht unter die Außentemperatur herunter gekühlt werden soll und die Klimahülle im Winter nicht aktiv beheizt werden soll, gelten die Vorschriften hinsichtlich der EnEV nicht (EnEV 2014, Abschnitt 1, § 1 Zweck und Anwendungsbereich). Daher ist ein großer U-Wert erlaubt.

Um herauszufinden wie die optimalsten Temperaturbedingungen mit möglichst einfachen Maßnahmen erreicht werden können, wurden verschiedene Parameter in verschiedenen Klimasimulationen untersucht, verändert und deren Effekt auf die Ergebnisse betrachtet. Ein besonderes Augenmerk galt der Temperatur, bzw. der Anzahl der Stunden über 30°C und 32°C in einem Jahr. Es wurden verschiedene Arten der Verschattung, die Luftwechselrate oder die Öffnungsfläche variiert. Außerdem wurde untersucht, wie sich die Höhe der Klimahülle bzw. die Höhe der Öffnungsflächen auf das Klima in der Klimahülle auswirkt.

Für die Simulationen wurde die Öffnungsfläche variiert, sie entscheidet wie viel Luft



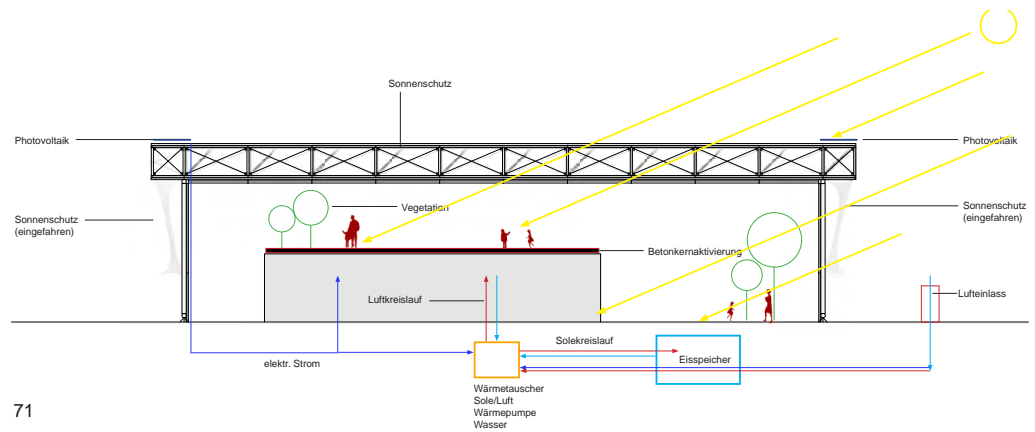
69



69 Komponenten des Energiekonzeptes

70 Energiekonzept, Sommersituation

70



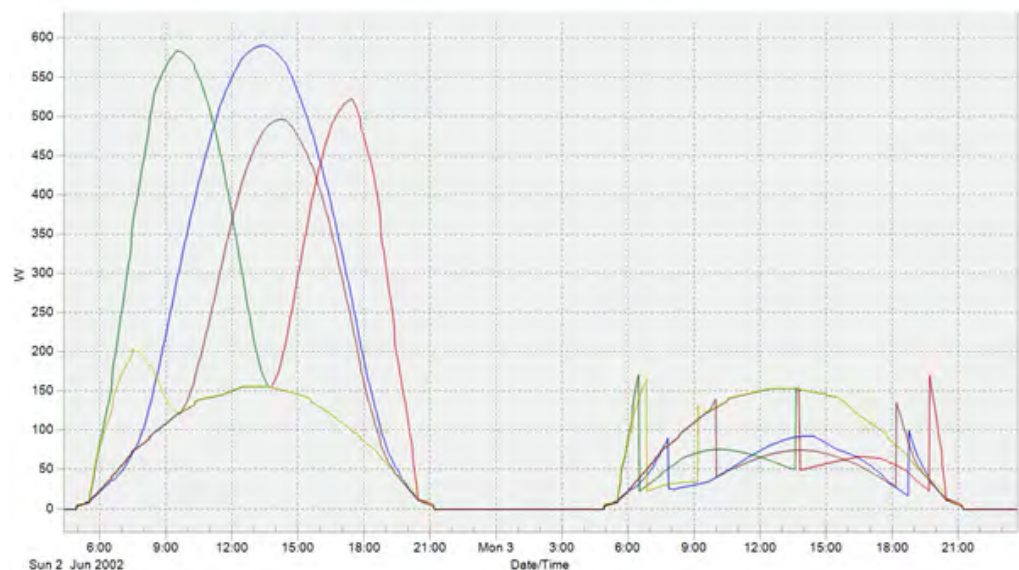
71

entweichen kann. Eine sehr große Öffnungsfläche würde sich zwar positiv auf die Temperaturen im Innern der Klimahülle auswirken, aber hätte gleichzeitig einen negativen Einfluss auf den Schallschutz. Es wurde der Effekt untersucht, den die Sonnensegel hätten, wenn sie bei starkem Sonnenschein auch die Fassaden verschatten würden, die nicht direkt von der Sonne angestrahlt werden. Hierzu wurde der Schwellenwert der ankommenden Strahlungsstärke etwas nach unten gesetzt. Die Tatsache, dass 63 h im Jahr wetterbedingt in Berlin mehr als 32 °C herrschen wurde mit der blauen Line „Außenbereich“ mit in das Diagramm aufgenommen. Aus dem Diagramm geht hervor, dass die Überhitzung mit abnehmenden Luftöffnungsflächen etwa exponentiell zunimmt. Durch Maßnahmen wie in Kapitel II.2.2 beschrieben, wird die Stundenanzahl der gewünschten Konstruktion bis auf den Wert des Außenbereichs (63 h, blaue Linie) gesenkt. Das Ergebnis der Untersuchungen war ein Klimakonzept welches im Wesentlichen aus folgenden Teilen besteht:
Eine außenliegende wandelbare Verschattung, die im ausgefahrenen Zustand eine sommerliche Überhitzung verhindert und im

zusammengefahrenen Zustand im Winter den maximalen solaren Eintrag ermöglicht. Weiter wird ein saisonal unterschiedlich genutzter Eisspeicher zur Kühlung mittels Erdkanal zur Frischluftzufuhr im Sommer bzw. Heizung und Wärmepumpe im Winter eingesetzt.

Darüber hinaus wird durch den Einsatz von Betonkernaktivierung im Bereich des neuen Dachgartens ebenfalls saisonal gekühlt bzw. geheizt. Komplettiert wird das System durch im Dach integrierte Photovoltaik, die sämtlichen technischen Einbauten, sowie den Bestand der Kita mit Elektrizität versorgt und somit die Energiekosten der Kita deutlich senkt und gleichzeitig alle Neubauelemente energieautark macht.

Untenstehende Grafik zeigt die transmittierte Sonnenstrahlung durch die Verglasung in einer sommerlichen Auslegungswoche. Links im Diagramm ohne Verschattung, rechts mit Verschattung durch die angelegten Sonnensegel. Die Temperatur in der Klimahülle sinkt somit selbst ohne Einsatz von zusätzlicher Heizung nie unter 0° und wird im Sommer effektiv belüftet und gekühlt.



71 Energiekonzept, Wintersituation

72 Transmittierte Sonnenstrahlung durch die Fenster mit und ohne Sonnenschutz. (Legende: Norden- Gelb (+18°); Osten- Grün (+108°); Süden- Braun (+198°); Westen- Rot (+288°); Dach- Blau [II/21])

72

IV.2.4. Schallschutz

Der eine Aufgabenbereich betrifft den Schalleintrag von außen nach innen in die Klimahülle bzw. in das Gebäude der Kindertagesstätte Tabaluga. Der andere Aufgabenbereich betrifft die Raumakustik innerhalb der Klimahülle.

Für die Ermittlung des räumlichen Schallreflexionsverhalten wurden ebenfalls raumakustische Simulationen durchgeführt. Es zeigte sich, dass trotz eines räumlich sehr ausgeprägten Reflexionsverhaltens jedoch keine spezifischen Konzentrationseffekte für einzelne Orte innerhalb der Klimahülle auftreten

Dennoch wird, um die Nachhallzeiten gering zu halten erwogen absorbierende Maßnahmen im Bereich der Decke z.B. durch perforierte transparente Folien oder ausreichende Vegetation im Innenraum vorzusehen.

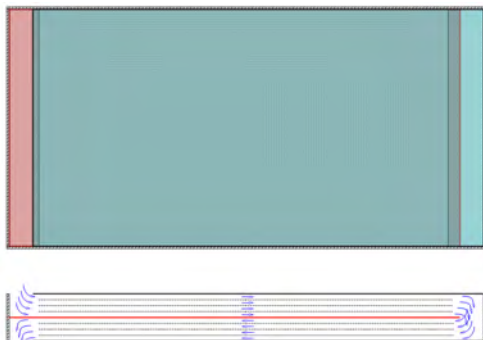
Das Hauptaugenmerk der Schallschutzuntersuchungen lag jedoch auf der Reduzierung des Fluglärms von außen in die Klimahülle. Hierfür wurden eigens für dieses Forschungsprojekt schalldämmende Lüftungsöffnungen mit eingebauter „Schallmembran“ entwickelt, getestet und schalltechnisch analysiert.

Diese transparente oder wenigstens transluzente Konstruktion befindet sich in der Fassade und im Dach und soll den Durchgang von Luft ermöglichen, den Durchgang von Schall aber möglichst stark behindern.

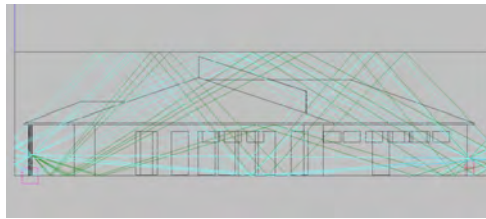
Um die aus klimatischen Gründen notwendige Lüftung zu ermöglichen, sollte ein Öffnungsanteil von ca. 5 % der Fläche der Klimahülle vorgesehen werden.

Von advacoustics wurden deshalb Aufbauten ausgeführt, bei denen an zwei oder mehrschaligen Verglasungen gegeneinander versetzte Lüftungsöffnungen genutzt werden konnten.

Die Abbildung 75 und 76 zeigen Prinzipskizzen derartiger Anordnungen. Durch das Versetzen der Lüftungsöffnungen bzw. das Umlenken der Luft entsteht ein Kanal, der prinzipiell durch Absorptionsmaterialien



75



73



74

zu einem Schalldämpferkanal ausgebaut werden könnte.

Die grundlegende Idee hierbei ist, einerseits den Kanal mit sogenannten mikroperforierten Folien zu belegen, die als Absorber in der Raumakustik eingesetzt werden, wenn es darum geht, Transparenz zu ermöglichen. Andererseits könnten versteckte Kanten genutzt werden, um herkömmliche (nicht-transparente) Absorbermaterialien zu verwenden. Die Messergebnisse zeigen, dass sich die Schalldämmung hierdurch mit $\Delta R_w = 3$ dB verbessern lässt. Das aufgebaute Gesamtsystem erreicht damit eine Schalldämmung von maximal $R_w = 18$ dB.

Zur Steigerung der Schalldämmung derartiger Aufbauten könnten die in Abbildung 76 angedeuteten Umlenkungen realisiert werden und damit die Schalldämmung noch deutlich verbessern.



76

73 Reflexionspfade, Ansicht von vorn [II/29]

74 Foto der „Schallmembran“ im Fensterprüfstand [II/29]

75 Prinzipskizze einer Schallmembran mit einer mikroperforierten Folie

76 Prinzipskizze einer Schallmembran mit einer mikroperforierten Folie und präsem Absorber (Schaumstoff)

V Resumé und Ausblick

Die Zusammenstellung der Forschungs- und Entwurfsergebnisse dieses Schlussberichts spiegelt in dieser Abfolge und Form auch das inhaltliche und konzeptionelle Vorgehen des Projektverlaufes wider.

Nach der anfänglich autarken Betrachtung der verschiedenen Themenbereiche Tragwerk, Energie, Schallschutz, Brandschutz und Geologie, sowie einer zunächst explizit getrennten Evaluation der verschiedenen Projektbeteiligten, wurden im nächsten Schritt aus allen Bereichen kombinierte Lösungsansätze gemeinsam entwickelt.

Daraus resultierten schließlich 5 unterschiedliche Varianten eines Klimahüllenentwurfs, die die Bandbreite von kleinen, getrennt vom Bestandsgebäude der Kita angeordneten Entwürfen bis hin zu die gesamte Kita überspannenden Konzepten abdeckte. Jeder dieser Varianten war das Resultat eines iterativen, sowie integrativen Entwurfes, der die jeweiligen wechselseitigen Beziehungen von Tragwerk, Klima- und Schallschutzkonzept sowie geometrisch architektonische Qualitäten berücksichtigte. Nach intensiven Diskussionen zwischen den Projektbeteiligten, wurden nach dem Zwischenbericht zunächst weiterhin verschiedene Entwurfsansätze und Varianten weiterentwickelt.

Schließlich kristallisierte sich nach der Abwägung verschiedenster technischer, konstruktiver und kostenrelevanter Faktoren eine bevorzugte Vorentwurfsvariante heraus, welche auch den Vorstellungen des künftigen Bauherrn der Gemeindevertretung Blankenfelde-Mahlow und der Kitaleitung explizit entsprach.

An diesem Vorentwurf wurden schließlich alle in den ersten Phasen des Projektes gewonnenen allgemeinen Erkenntnisse und Ergebnisse in Form eines integrativen und interdisziplinären Klimahüllenentwurfes angewandt und weiterentwickelt.

Das Ergebnis dieses Vorentwurfes umfasst neben den in Abschnitt IV detailliert beschriebenen Planungen, auch eine differenzierte Kostenschätzung, sowie die Einschätzung sämtlicher Fachplaner, die in eigens angefertigten Schlussberichten (siehe Anhang) die Qualitäten und Potentiale des Entwurfes hinsichtlich einer Realisierung überprüft und bewertet haben.

Der Sachverhalt, dass hierbei alle am Projekt beteiligten Planer ausnahmslos große

Potentiale bei der Weiterentwicklung des Vorentwurfs erkennen und bei einer Fortsetzung auch gerne selbst im Rahmen eines Folgeantrages weiter mit an der weiteren Forschung, Entwicklung und Realisierung der Klimahülle mitwirken würden, bestätigt das Erreichen der gesetzten Anforderungen und Ziele.

Grundvoraussetzung für eine Fortsetzung der Zusammenarbeit in einem direkt anschließenden Folgeprojekt ist jedoch die Anerkennung und Zustimmung der Gemeindevertretung von Blankenfelde-Mahlow. In einer ersten Präsentation und Diskussion der Forschungsergebnisse und des Vorentwurfes in der Gemeinderatsvollversammlung am 15.10.15 wurde eine Beschlussvorlage über die Abstimmung für die weitere finanzielle Unterstützung des Projektes sowie eine Absichtserklärung zur Realisierung in Auftrag gegeben.

Bei der folgenden Gemeinderatsvollversammlung in Blankenfelde-Mahlow am 26.11.15 wurde über diese Beschluss positiv abgestimmt (siehe Anhang: Beschluss der Gemeindevertretung vom 26.11.2015) und somit nicht nur die wichtigste Zielsetzung des Forschungsprojektes erreicht, sondern auch gleichzeitig der Grundstein für das Folgeprojekt, an dessen Ende die Realisierung der Klimahülle stehen soll, gelegt.

Für eine weiterhin erfolgreiche Fortsetzung der Planung, haben sich die bisherigen Projektpartner dazu entschieden vorzugsweise wieder in der gleichen Konstellation, mit sbp Sonne GmbH als Antragsteller, den Folgeantrag bei der DBU zu stellen, sowie die weiteren Planungsschritte gemeinsam mit der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow einzuleiten.

Darüber hinaus wird auch der bisherige Unterauftragsnehmer "advacoustics" als Berater für Schallschutz nun als Projektpartner das Team für den Folgeantrag und die Realisierung der Klimahülle komplettieren. Um einen möglichst reibungslosen Übergang in ein, auf dem gemeinsam erarbeiteten Vorentwurf aufbauenden Folgeprojekt unter der Beibehaltung der personellen Zusammensetzung der bisherigen Projektbeteiligten zu gewährleisten, wird eine möglichst nahtlose Fortsetzung der Planung im Rahmen eines Folgeantrages angestrebt.

Gemeinsames Leitziel aller Akteure ist hierbei die qualitative und planerische Weiterentwicklung des Vorentwurfes als Basis einer Objektplanung und schließlich die Realisierung der Klimahülle.

I Übersicht und Ziele

- [I/1] Schlaich J., Dechow, P., and Weinrebe, G.: *Klimahüllen für Gewerbegebiete*. Bauwerk Verlag GmbH, Stuttgart, 2008.
- [I/2] Schlaich J., Dechow, P., and Weinrebe, G.: *Klimahüllen für Gewerbegebiete*. 2008. Forschungsbericht.
- [I/3] Kohlmaier G., von Sartory B.: *Das Glashaus, ein Bautypus des 19. Jahrhunderts*. Prestel, München, 1981.
- [I/4] Fondazione Renzo Piano: *IBM Travelling Pavillon*. Verfügbar unter: <http://www.fondazione-renzopiano.org/project/96/ibm-traveling-pavillon/>, Zugriff am 4. August 2014.
- [I/5] Akademie Mont Cenis Herne: *Akademie Mont Cenis Herne*. Verfügbar unter: <http://www.akademie-mont-cenis.de/>, Zugriff am 1. August 2014.
- [I/6] JOURDA Architectes. *Fortbildungsakademie (Herne – Solingen, Deutschland)*. Verfügbar unter: http://www.jourda-architectes.com/ImagesProjets/herne/projet_de.pdf, Zugriff am 1. August 2014.
- [I/7] Robbin, T.: *Thomas Robbin, Architektur- und Stadtfotografie; Akademie Mont Cenis Herne*. Verfügbar unter: http://thomasrobbin.de/?attachment_id=1506, Zugriff am 11. Dezember 2015.

II Themenbereiche

- [II/1] Hollmann, S.: *Untersuchung von beweglichen Tragwerken hinsichtlich einer Eignung für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen*. Fachbereich Entwerfen und Konstruieren - Massivbau der TU Berlin, Berlin, 2014. Bachelorarbeit.
- [II/2] Heinze GmbH: *Akademie Mont-Cenis 44627 Herne, Mont-Cenis-Platz 1*. Verfügbar unter: <http://www.heinze.de/architekturobjekt/akademie-mont-cenis/9307975>, Zugriff am 15. Dezember 2015.
- [II/3] Malte: *Adaptiver Greifer*. Verfügbar unter: <http://www.mtahlers.de/index.php/robotik/adaptiver-greifer>, Zugriff am 14. Dezember 2015.
- [II/4] Kirchmann, H., Leng, A., Sieder, M., Bögle, A., Hartz, C.: *Entwicklung von innovativen Systemen für Sport- und Freizeitbäder zur Erhöhung des Nutzungswertes*. 2009. Schlußbericht
- [II/5] Swillus, K.: *Flugzeughangar DLR Braunschweig*. Verfügbar unter: <https://www.competitionline.com/en/projects/49415>, Zugriff am 15. Dezember 2015.
- [II/6] Schaeffer, O., Vogt, M.: *MOVE: Architektur in Bewegung - Dynamische Komponenten und Bauteile*. Birkhäuser, 2010.
- [II/7] sbp gmbh: *Dach Gießhalle im Landschaftspark Duisburg-Nord*. Verfügbar unter: <http://www.sbp.de/projekt/dach-giesshalle-im-landschaftspark-duisburg-nord/>, Zugriff am

14. Dezember 2015
- [II/8] Kolb, N.: *Entwurf, Dimensionierung und konstruktive Durchbildung einer wandelbaren Klimahülle mit klappbaren Elementen*. Fachbereich Entwerfen und Konstruieren - Massivbau der TU Berlin, Berlin, 2015. Bachelorarbeit.
- [II/9] Brückels, M.: *Nordische Botschaften Berlin 1*. Verfügbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nordische_Botschaften_Berlin_1.jpg, Zugriff am 14. Dezember 2015.
- [II/10] Klotz, F.: *Photovoltaikanlagen mit passiver Nachführung und V-Trog Konzentratoren*. In : FORSCHUNGSVERBUND SONNENENERGIE „THEMEN 96/97“: Forschungsverbund Sonnenenergie, Köln. 1996.
- [II/11] Miloni, R.: *Adaptive Photovoltaik - Drei Beispiele multifunktionaler Gebäudeintegrierter Solaranlagen*. Verfügbar unter: http://www.solvventure.ch/adaptive_photovoltaik.pdf, Zugriff am 14. Dezember 2015.
- [II/12] EnergyPlus Energy Simulation Software: *Weather Data*. Verfügbar unter: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm, Zugriff am 24. November 2011.
- [II/13] METEOTEST: *METEONORM*. Verfügbar unter: http://www.meteotest.ch/en/footer/navi/solar_energy/meteororm/, Zugriff am 7. Oktober 2011.
- [II/14] ASHARE: *ASHARE Climate Data Center*. Verfügbar unter: <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/climate-data-center>, Zugriff am 23. Juli 2014.
- [II/15] World Meteorological Organization: *WMO website*. Verfügbar unter: https://www.wmo.int/pages/index_en.html Zugriff am 23. Juli 2014.
- [II/16] Schlaich bergemann und partner: *Klimahülle Mahlow Energie- und Klimakzept*. 2014. 1. Gutachten zum 1. Forschungsprojekt: "Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen".
- [II/17] Viessmann Werke: *Eisspeicher: Wärmequelle und Speicher zugleich*. Verfügbar unter: http://www.heizung.de/content/dam/internet-global/presstexte/Fachpresse-2013/07/FP_Eisspeicher.pdf, Zugriff am 15. Dezember 2015.
- [II/18] Baunetzwissen: *„Tageslicht und Überhitzung - Tageslicht - baunetzwissen.de“*. Verfügbar unter: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Tageslicht-Tageslicht-und-ueberhitzung_775400.html, Zugriff am 16. Februar 2015.
- [II/19] Fachverband Gebäude-Klima e.V.: *„Betriebskosten_Kühlsegel“*. Verfügbar unter: http://www.raumkuehlsysteme.de/Raumkuehlsysteme/Kuehlsegel/Betriebskosten_Kuehlsegel/betriebskosten_kuehlsegel.html, Zugriff am 17. Februar 2015.
- [II/20] Fachverband Gebäude-Klima e.V.: *„Akustik_Kühlsegel“*. Verfügbar unter: http://www.raumkuehlsysteme.de/Raumkuehlsysteme/Kuehlsegel/Akustik_Kuehlsegel/akustik_kuehlsegel.html, Zugriff am 17. Februar 2015.

[II/21] Schlaich bergemann und partner: *Klimahülle Mahlow Energie- und Klimasimulationen*. 2014. 2. Gutachten zum 1. Forschungsprojekt: "Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen".

[II/22] Vogdt, F., Platts, T.: *Bauphysik II Schallschutz*. Fachgebiet Allgemeiner Ingenieurbau am Institut für Baukonstruktionen und Festigkeit der TU Berlin, Berlin. Auflage 4. 2002, Skript zur Vorlesung.

[II/23] Knippers, J., Cremers, J., Gabler, M., Lienhard, J.: *Atlas Kunststoffe und Membranen*. Edition DETAIL, 2010.

[II/24] *Kurven gleicher Lautstärkepegel*. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Lautst%C3%A4rke#/media/File:Akustik_db2phon.jpg, Zugriff am 14. Dezember 2015.

[II/25] Schmid, F., Haase, W., Sobek, W., Veres, E., Mehra, S., Sedlbauer, K.: *Schallschutz und akustische Wirkweise bei mehrlagigen textilen Fassadensystemen*. In: *Bauphysik* (2014), Bd.36, Nr.1, S. 1-10.

[II/26] Scobalit AG: *scob@atherm ISO Isolationselemente*. Verfügbar unter: <http://pro-panel.ch/assets/Dokumente/schobatherm.pdf> Zugriff am 14. Dezember 2015.

[II/27] Schurr, U., Hofmann, T.: *Forschungsprojekt: Verbundvorhaben: Energieeinsparung von 50% im Gartenbau unter Glas durch den Einsatz neuartiger Glas-Folie-Kombinationen (GFK), modellhafter prototypischer Einsatz im Zierpflanzenbetrieb, Ermittlung von Energieeinsparung und pflanzenbaulichem Zusatznutzen. Abschlussbericht*. Verfügbar unter: http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/01LS05115_-_Abschlussbericht.pdf, Zugriff am 15. Dezember 2015.

[II/28] VDI 2719: *Schalldämmung von Fenstern und ihren Zusatzeinrichtungen*, Verein Deutscher Ingenieure, VDI Verlag, 1987.

[II/29] Jakob, A., Volz, R.: 2015. *Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen - Abschlussbericht zum Bereich Akustik (advacustics)*, 2015, Gutachten zum 1. Forschungsprojekt: "Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen".

[II/30] DIN 18041: *Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen*. 2004.

[II/31] Schulz, K.: *Einfluss des Schallschutzes auf den Entwurf von Klimahüllen*. Fachbereich Entwerfen und Konstruieren - Massivbau der TU Berlin, Berlin, 2014. Bachelor-Arbeit.

[II/32] Brandenburgische Bauordnung. 17. September 2008 (zuletzt geändert 29. November 2010).

[II/33] DGVW Arbeitsblatt W 405: *Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung*. Februar 2008.

[II/34] DIN 14676: *Rauchwarnmelder für Wohnhäuser, Wohnungen und Räume wohnungsähnlicher Nutzung – Einbau, Betrieb und Instandhaltung*. September 2012.

September 2012.

[II/35] Technische Regeln für Arbeitsstätten: *Maßnahmen gegen Brände*. November 2012.

[II/36] hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH: *Brandschutztechnische Detailstellungnahme 14B0052-G1 zum Bauvorhaben „Kita Klimahülle TU Berlin, Blankenfelde“*. 2015. Gutachten zum 1. Forschungsprojekt: "Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen".

[II/37] DIN EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*.

[II/38] DIN 1054: *Baugrund – Standsicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*. (2010-12).

[II/39] Empfehlung des Arbeitskreises „Pfähle“: *EA-Pfähle*.

[II/40] EN 14199: *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten - Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)*. (Januar 2012).

[II/41] DIN SPEC 18537: *Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2001-01, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker*. (2012-02).

[II/42] G u D Geotechnik und Dynamik Consult GmbH: *BODENGUTACHTEN UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG*. 2015. Gutachten zum 1. Forschungsprojekt: "Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen".

III Konzepte und Varianten

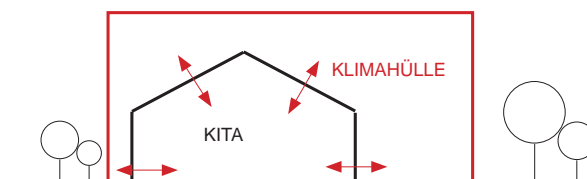
[III/1] Velikanje, B.: *SHEDKONSTRUKTIONEN Entwicklung - Grundlagen - Systeme*. Fachbereich Architektur der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. 2001. Dissertation.

[III/2] Fangmeier, K.: *Tagesbeleuchtung in Flachbauten*. TU Braunschweig, 1964. Dissertation.

[III/3] Gröbke, N.: *ENTWURF, BEMESSUNG UND KONSTRUKTIVE DURCHBILDUNG VON SCHIRMEN FÜR EINE KLIMAHÜLLE*. Fachbereich Entwerfen und Konstruieren - Massivbau der TU Berlin, Berlin, 2015. Masterarbeit.

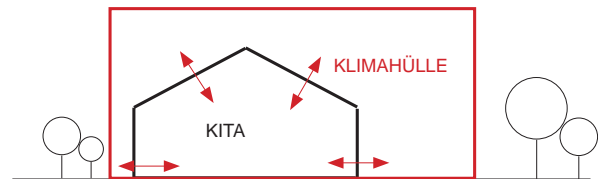
IV Vorentwurf

[IV/1] Hehmann, R.: *Entwurf und konstruktive Durchbildung einer wandelbaren Membran-Sonnenschutzkonstruktion*. Fachbereich Entwerfen und Konstruieren - Massivbau der TU Berlin, Berlin, 2015. Bachelorarbeit.



Anhänge zum Schlussbericht

A1 Anhang zum Themenbereich: Tragwerke und Wandelbarkeit (TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau)	(S.1- S.44)	53
A2 Anhang zum Themenbereich: Energie und Klimatechnik (sbp sonne gmbh)	(S.1- S.52)	99
A3 Anhang zum Themenbereich: Lärmschutz/ Akustik (advacoustics - Ingenieurbüro für Akustik GbR)	(S.1- S.42)	165
A4 Anhang zum Themenbereich: Brandschutz (hhpberlin - Ingenieure für Brandschutz GmbH)	(S.1- S.42)	209
A5 Anhang zum Themenbereich: Geologie/ Bodengutachten (GuD - Geotechnik und Dynamik Consult GmbH)	(S.1- S.44)	249
A6 Kostenschätzung (TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau und sbp sonne gmbh)	(S.1- S.3)	295
A7 Anamnese des Bestandgebäudes (TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau und sbp sonne gmbh)	(S.1- S.4)	299
A8 System Klimahülle : Projektspezifika vs. Modellhaftigkeit (TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau und sbp sonne gmbh)	(S.1- S.11)	305
A9 Zusammenfassung und Projektkennblatt DBU (TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau und sbp sonne gmbh)	(S.1- S.3)	317



A1 Anhang zum Themenbereich: Tragwerke und Wandelbarkeit

Verfasser: **TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau**

Inhalt (S1. - S 37):

- Variantenstudien:

- Klimahülle über die Kita (Rahmen / Korbboogen)
- Klimahülle neben der Kita (Rahmen mit Membranen)
- Klimahülle angegliedert an Kita (Schirme / Unterspannter Rahmen)

- Vorentwurfsvariante:

- Tragwerksbeschreibung der Vorentwurfsvariante
- Vordimensionierung Primärtragwerk
- Lastannahmen
- Positionsplan und Ermittlung der Stahltonnage
- Ergebnisse der Berechnungen

- Antriebsmechanismen

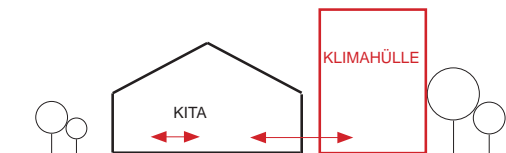
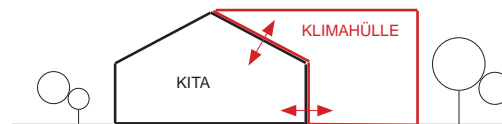
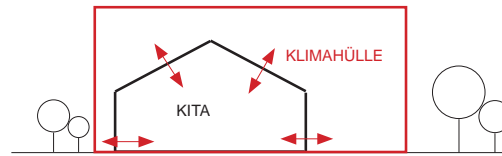
- Von der Energiequelle bis zur Bewegung
- Kraftvolle Thermohydraulik
- Lerneffekt durch Wandelbarkeit

- **Kostenschätzung:** Tragwerk (Auszug aus Kostengruppe 300)

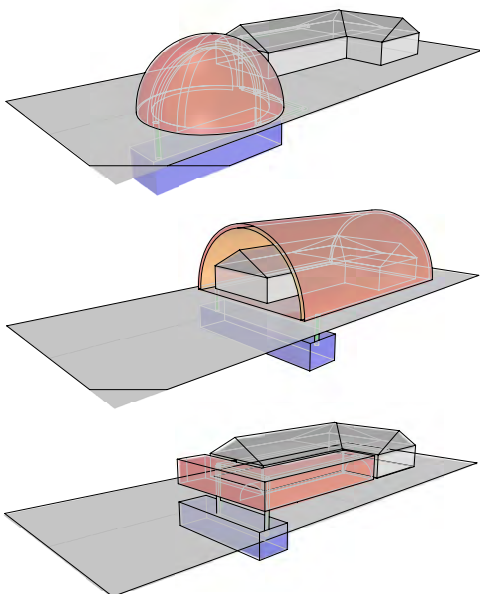
Untersuchte Konzepte und Varianten

Definition/ Matrix Varianten

- 1 Klimahülle über die Kita
 - 1.1 Rahmen
 - 1.2 Korbboogen
- 2 Klimahülle neben der Kita
 - 2.1 Rahmen mit Membranen
- 3 Klimahülle angegliedert an Kita
 - 3.1 Schirme
 - 3.1 Unterspannter Rahmen








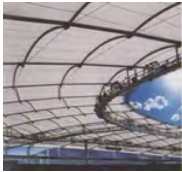
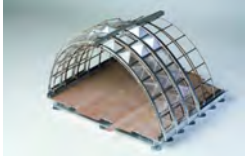





02



01

01 mögliche Kopplungen als Klimakonzept

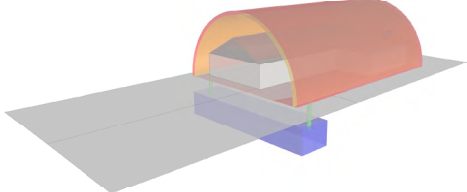
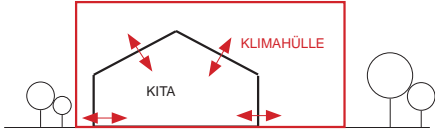
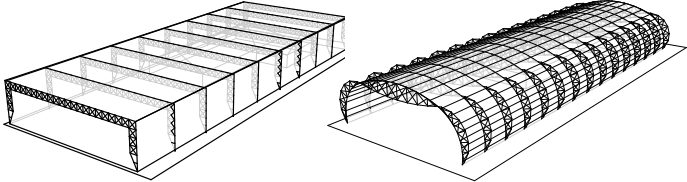
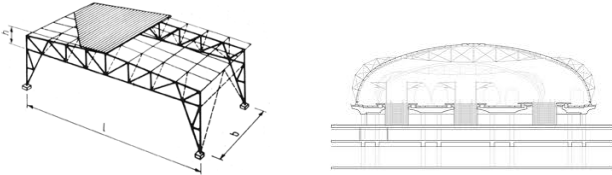

02 verschiedene, allgemeine Möglichkeiten der Klimahülle

	geschlossen		modular	
Systeme				
Anordnung				
Wandelbarkeit / Räume				

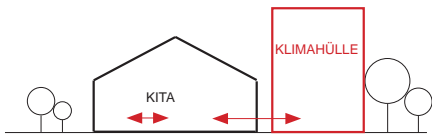
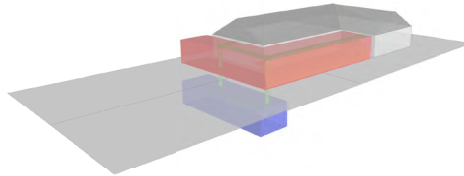
03

03 Matrix zur Veranschaulichung möglicher Tragwerke

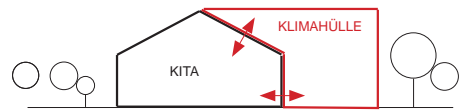
5 Varianten

<p>System</p>	<p>S1</p> 
<p>Variante</p>	 <p>1.1 Rahmen 1.2 Korbboogen</p>
<p>Tragwerk</p>	
<p>Module</p>	
<p>Beispiele</p>	

S2

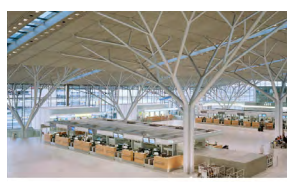
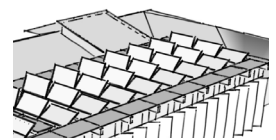
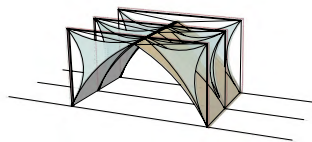
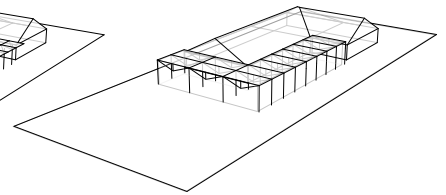
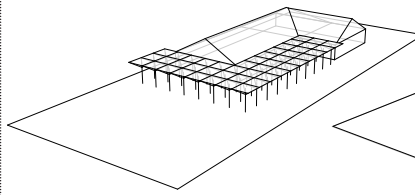
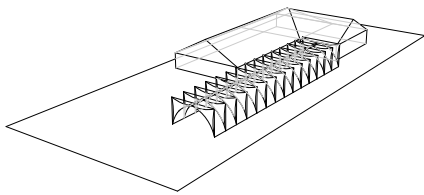


2.1 Rahmen

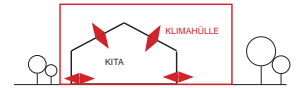


3.1 Schirme

3.2 Faltung

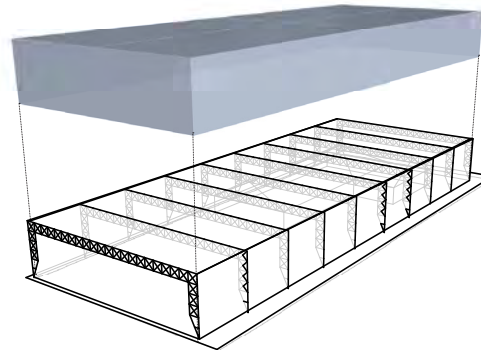


1 Klimahülle über die Kita

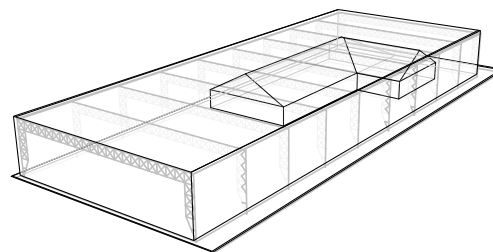


1.1 Rahmen

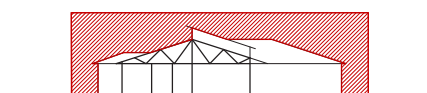
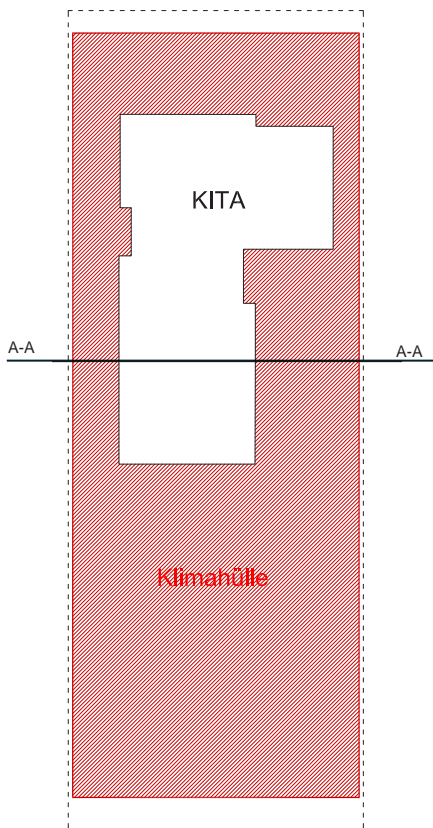
In der Variante 1.1 überspannt die Klimahülle das gesamte Gelände der Kita. Die Hülle besitzt eine rechteckige Grundfläche und ist mit einer Länge von 90 m, einer Breite von 33 m und einer Höhe von 9 m geplant. Die Grundfläche der Hülle beträgt ca. 3.000 m². Das System besteht aus modularen Rahmen. Das Tragwerk wird aus zu den beiden Auflagern hin spitzzulaufenden Fachwerkrahmen gebildet, die in regelmäßigen Abständen hintereinander gesetzt sind.



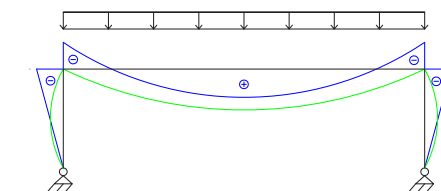
Klimahülle und Tragwerk



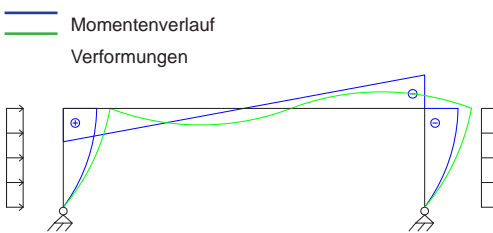
Klimahülle und Bestand



A-A

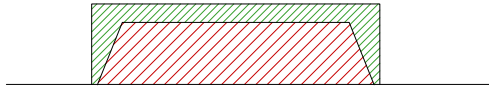


Statisches System unter Eigengewicht und Schneelast



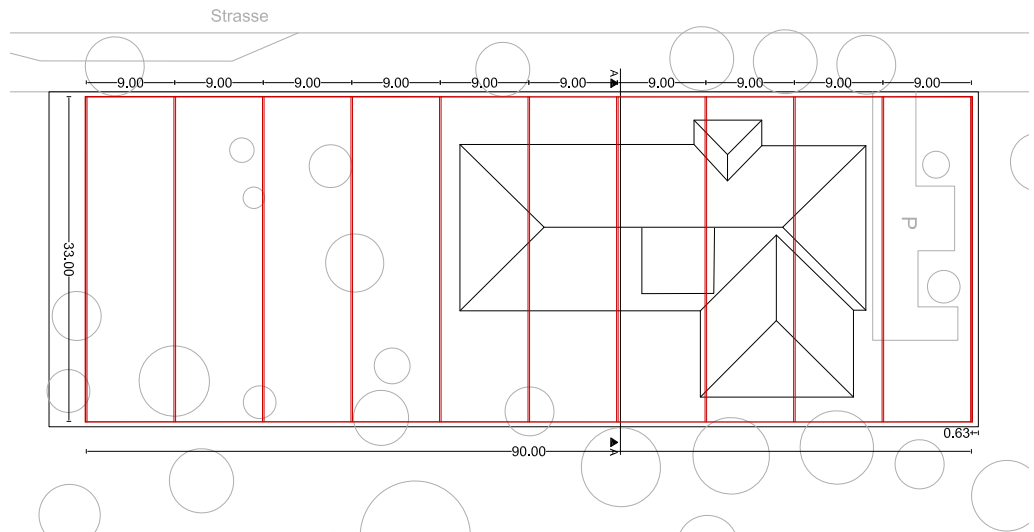
Statisches System unter einseitiger Windlast

Als statisches System ergibt sich damit ein 2-Gelenkrahmen mit den Gelenken an den beiden Auflagern. Die Rahmen werden aus Holz ausgebildet. Die raumabschließende Schicht liegt auf der Innenseite.

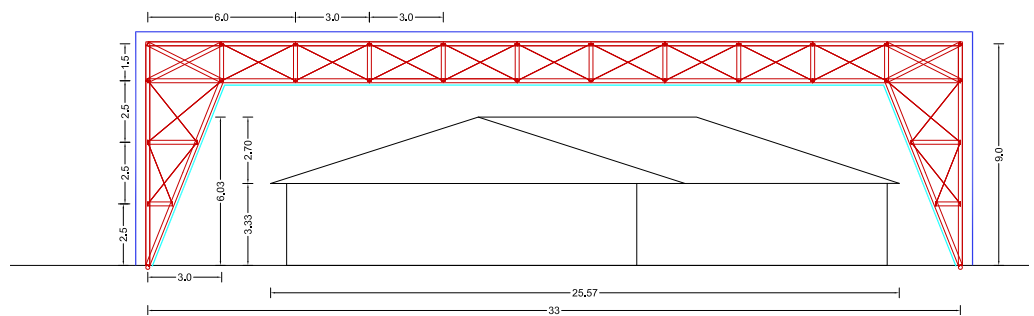


- Volumen/ Raumabschluss : 19.500 m³
- Grundfläche : 2.150 m²
- Volumen Klimaschicht : 9.000 m³
- überbaute Fläche : 2.970 m²

Klimakonzept



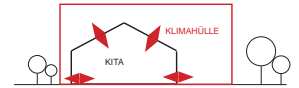
Grundriss



Schnitt A-A

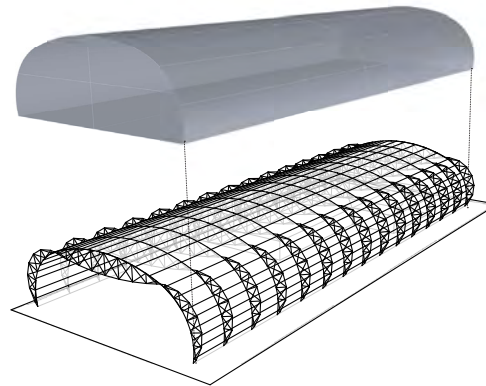
- Glasebene wandelbar
- Schallmembran- Ebene

1 Klimahülle über die Kita

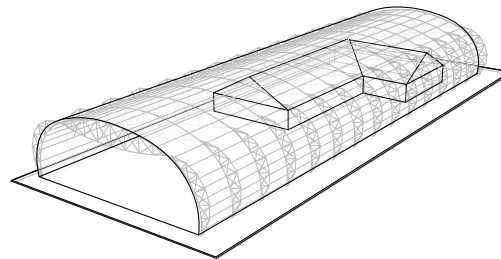


1.2 Korbboogen

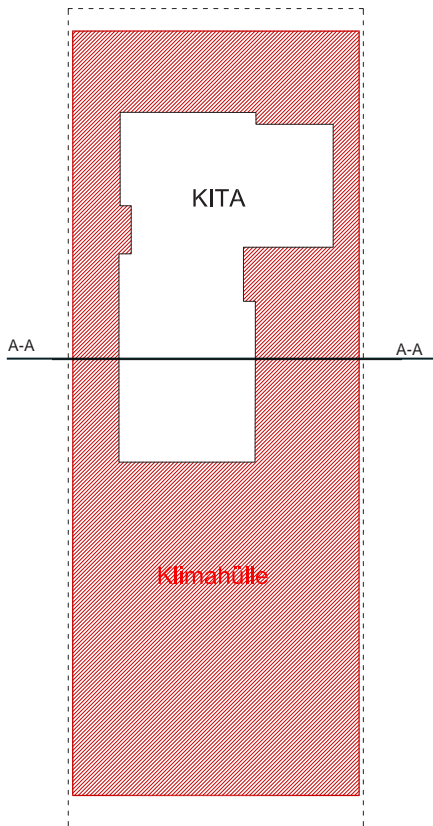
In der Variante 1.2 überspannt die Klimahülle ebenfalls das gesamte Gelände der Kita. Die Hülle besitzt eine rechteckige Grundfläche und ist mit einer Länge von 90 m, einer Breite von 33 m und einer Höhe von 11,50 m geplant. Die Grundfläche der Hülle beträgt ca. 3.000 m². Das System besteht aus modularen Rahmen. Das Tragwerk wird mit Stahlbögen gebildet.



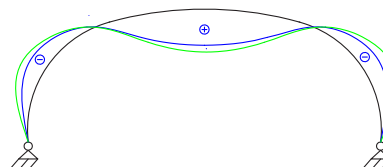
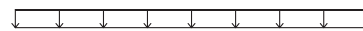
Klimahülle und Tragwerk



Klimahülle und Bestand

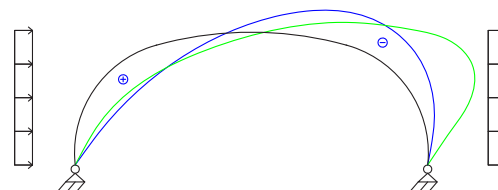


Schnitt A-A



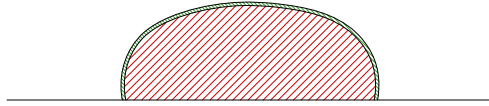
Statisches System unter Eigengewicht und Schneelast





— Momentenverlauf
— Verformungen



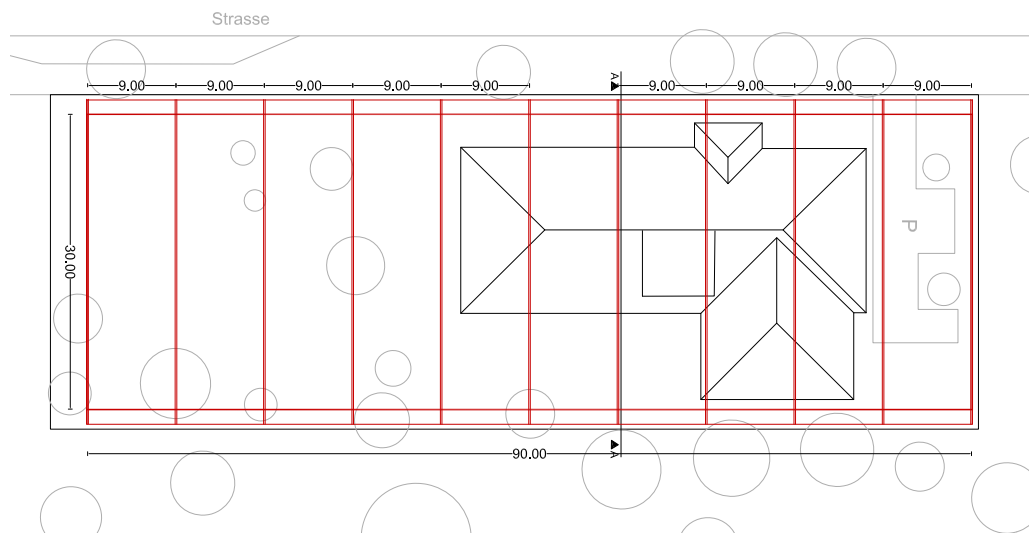
Statisches System unter einseitiger Windlast

Um Biegemomente im System zu verringern, sind die Bögen mit Stahlseilen unter- bzw. überspannt, deren Verlauf an den Momentenverlauf in den Trägern angepasst ist. Die Raumabschließende Schicht liegt auf der Außenseite.

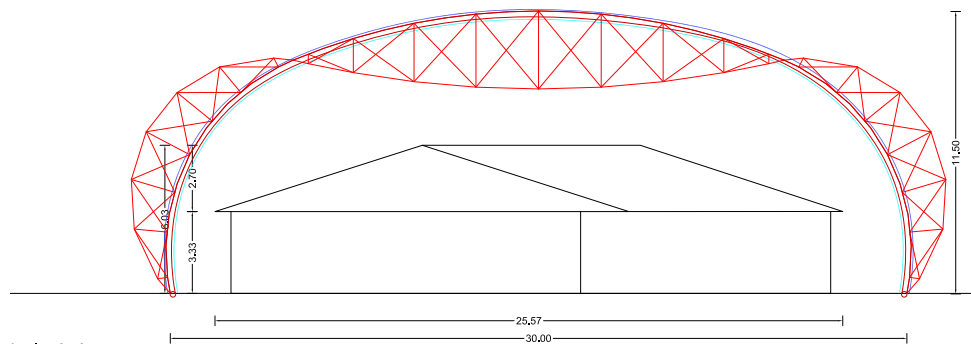


- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | Volumen/ Raumabschluss : 25.200 m ³ |  | Grundfläche : 1.980 m ² |
|  | Volumen Klimaschicht : 1.530 m ³ |  | überbaute Fläche : 2.700 m ² |



Klimakonzept



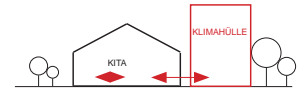
Grundriss



Schnitt A-A

-  Glasebene wandelbar
-  Schallmembran- Ebene

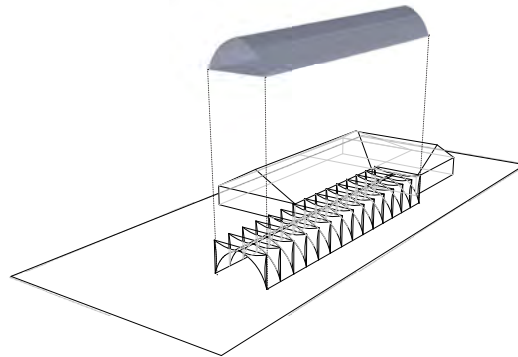
2 Klimahülle neben der Kita



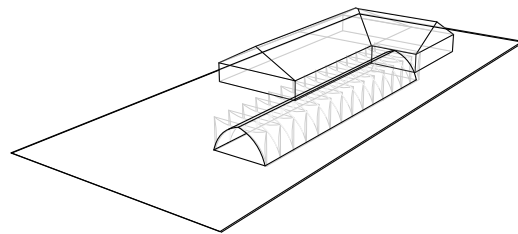
2.1 Rahmen mit Membranen

Bei der Variante 2 handelt es sich um eine ergänzende Klimahülle, welche östlich der Kita geplant ist und eventuell über einen Gang o.ä. an das Gebäude angeschlossen wird. Die Hülle besitzt eine rechteckige Grundfläche und ist mit einer Länge von 42 m, einer Breite von 9 m und einer Höhe von 4,45 m geplant. Die Grundfläche dieser Hülle beträgt ca. 378 m².

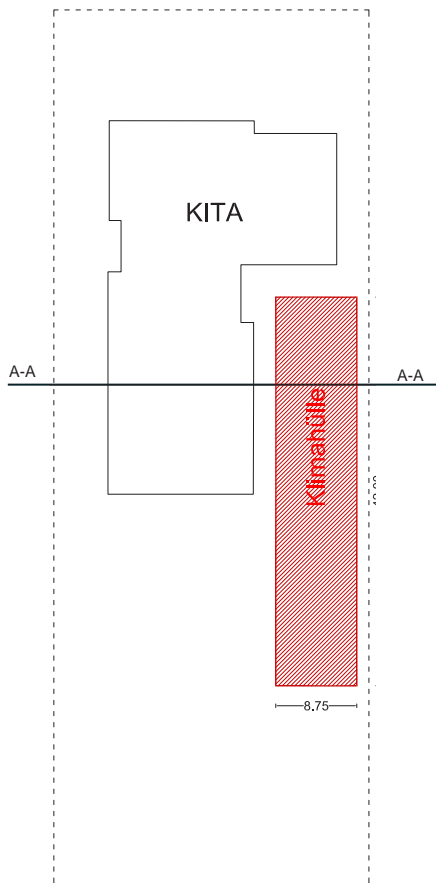
Das System besteht ebenfalls aus modularen Rahmen. Das Tragwerk bilden hintereinander geschaltete Dreigelenkrahmen aus Holz.



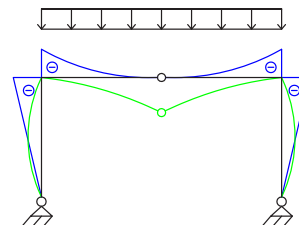
Klimahülle und Tragwerk



Klimahülle und Bestand

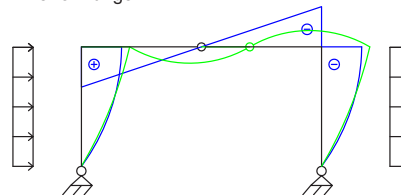


Schnitt A-A



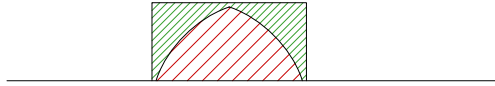
Statisches System
unter Eigengewicht und
Schneelast

— Momentenverlauf
— Verformungen



Statisches System
unter einseitiger Windlast

Die raumabschließende Schicht liegt Bogenförmig unter den Rahmen. Zwischen den Rahmen lassen sich Sonnenschutzmembrane aufziehen, die den Innenraum vor Überhitzung schützen.



Volumen/ Raumabschluss : 1,050 m³



Volumen Klimaschicht : 743 m³

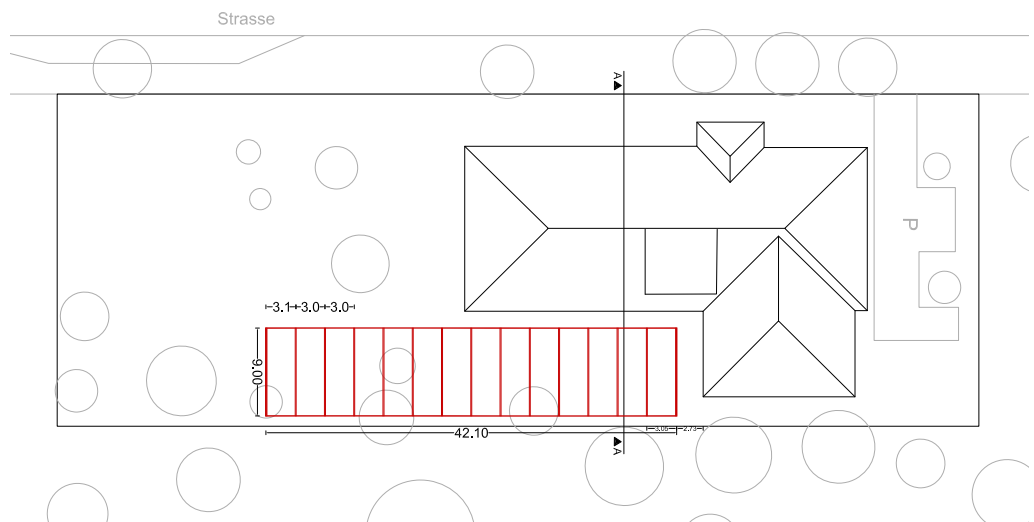


Grundfläche : 400 m²

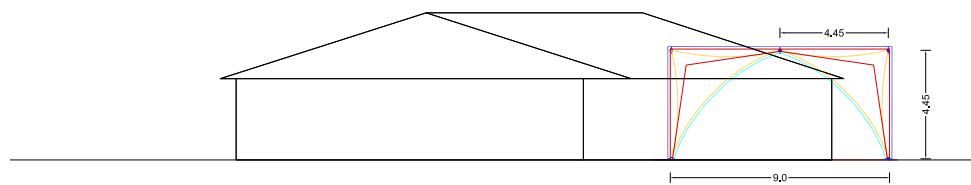


überbaute Fläche : 400 m²

Klimakonzept



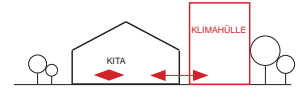
Grundriss



Schnitt A-A

— Glasebene wandelbar
— Schallmembran- Ebene

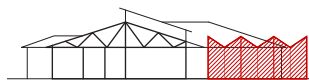
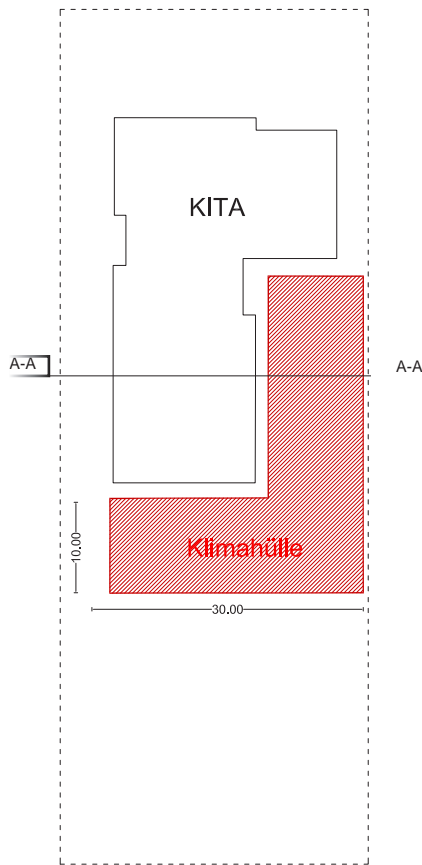
3 Klimahülle angegliedert an Kita



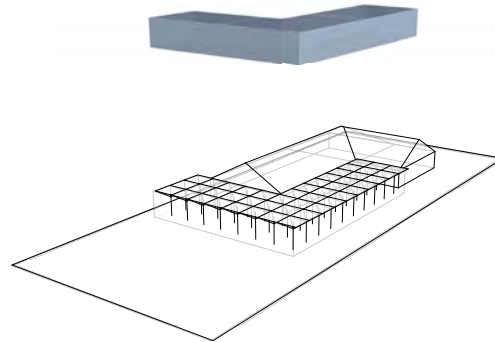
III.3.1 Schirme

Die Variante 3.1 stellt ebenfalls eine Ergänzung zur Kita dar und ist vor der süd-östlichen Gebäudeseite, eventuell mit Anschluss über einen Gang o.ä. an das Bestandsgebäude, geplant. Die Hülle besitzt eine I-förmige Grundfläche und ist mit einer Länge von 31,50 m bzw. 35 m, einer Breite in Dachebene von 10 m und einer Höhe von ca. 4,50 m geplant. Die Grundfläche dieser Hülle beträgt ca. 370 m².

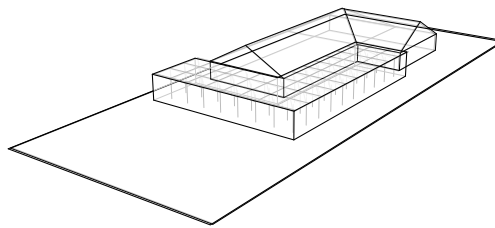
Bei dem untersuchten System handelt es sich um modulare Schirme im Verbund.



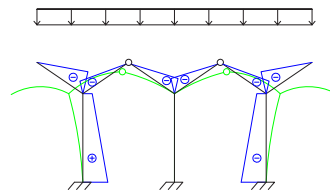
Schnitt A-A



Klimahülle und Tragwerk

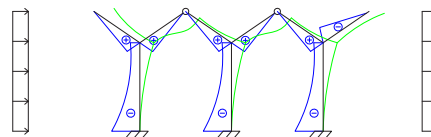


Klimahülle und Bestand



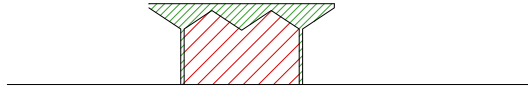
Momentenverlauf
Verformungen





Statisches System
unter Eigengewicht und
Schneelast



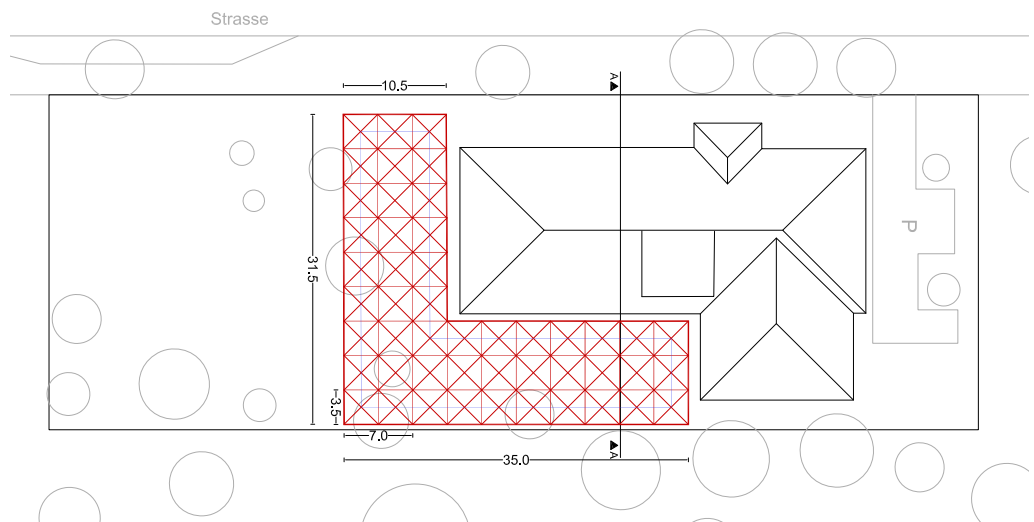
Statisches System
unter einseitiger Windlast

Die Tragkonstruktion wird dabei aus einer Stütze aus Stahl gebildet. Das Dach wird zwischen den Stützen in Form von nach unten gerichteten Schirmen ausgebildet. Die Schirme sind untereinander gelenkig Verbunden. Sie sind jeder für sich beweglich und können nach oben zugeklappt werden, um den Raum unter der Klimahülle zu öffnen.

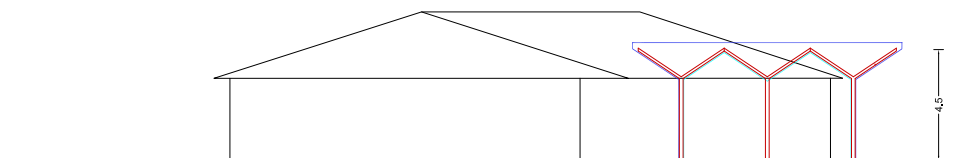


- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|
|  | Volumen/ Raumabschluss : 1.400 m ³ |  | Grundfläche : 370 m ² |
|  | Volumen Klimaschicht : 600 m ³ |  | überbaute Fläche : 600 m ² |



Klimakonzept



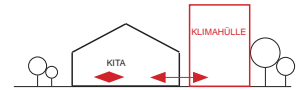
Grundriss



Schnitt A-A

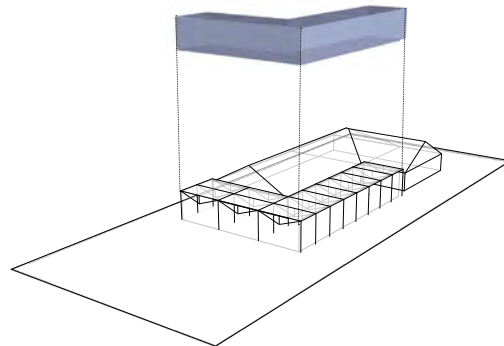
-  Glasebene wandelbar
-  Schallmembran- Ebene

3 Klimahülle angegliedert an Kita

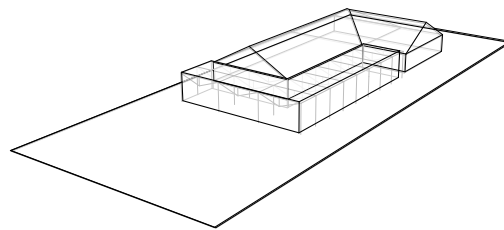


III.3.2 Unterspannter Rahmen

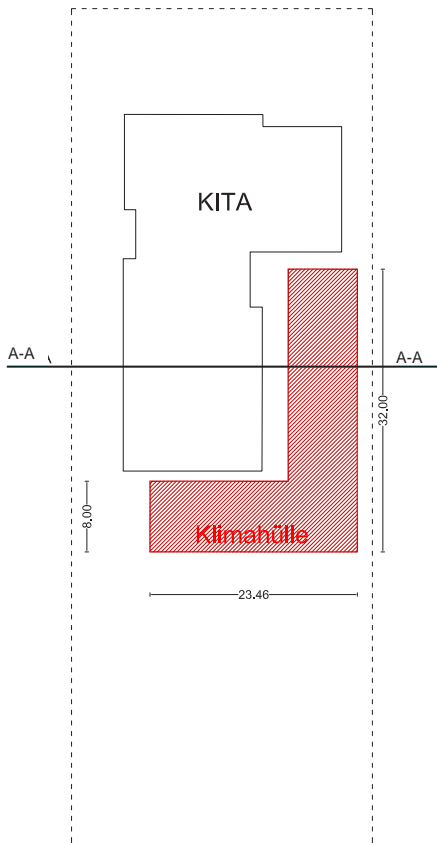
Die Variante 3.2 stellt ebenfalls eine Ergänzung zur Kita dar und ist vor der süd-östlichen Gebäudeseite, eventuell mit Anschluss über einen Gang o.ä. an das Bestandsgebäude, geplant. Die Hülle besitzt eine I-förmige Grundfläche und ist mit einer Länge von 24,60 m bzw. 32 m, einer Breite in der Fußpunktebene von 7,80 m und einer Höhe von ca. 4,90 m geplant. Die Grundfläche dieser Hülle beträgt ca. 370 m².



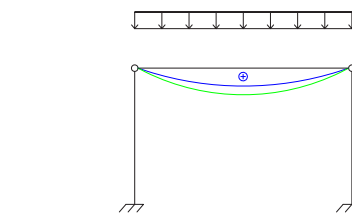
Klimahülle und Tragwerk



Klimahülle und Bestand

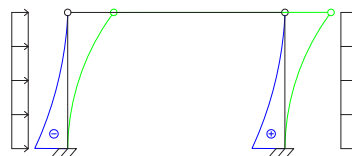


Schnitt A-A



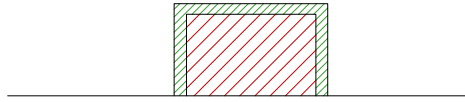
Momentenverlauf
Verformungen





Statisches System
unter Eigengewicht und
Schneelast



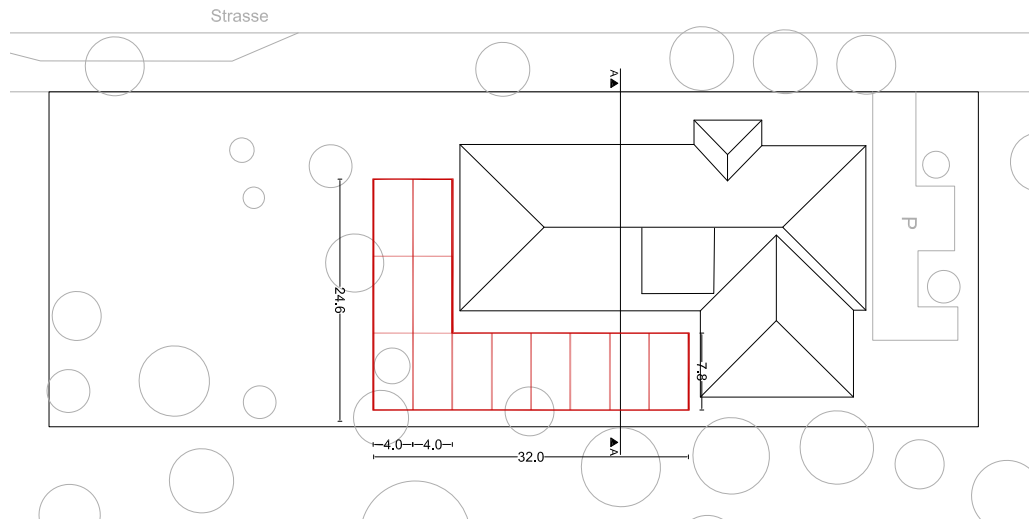
Statisches System
unter einseitiger Windlast

Bei dem untersuchten System handelt es sich um modulare Stahlrahmen gebildet aus zwei eingespannten Stützen, auf den ein unterspannter Träger gelenkig angeschlossen ist. Die raumabschließende Schicht befindet sich über dem Tragwerk und kann sowohl an den Seiten als auch im Dach großflächig geöffnet werden.

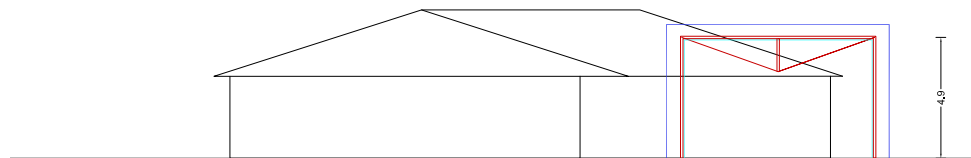


- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Volumen/ Raumabschluss : 1.800 m ³ |  | Grundfläche : 370 m ² |
|  | Volumen Klimaschicht : 600 m ³ | = |  |
| | | | überbaute Fläche : 370 m ² |



Klimakonzept

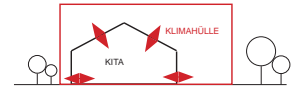


Grundriss

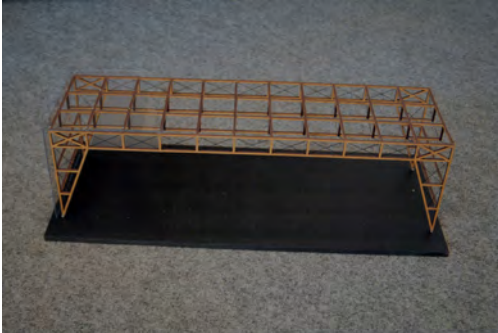


Schnitt A-A

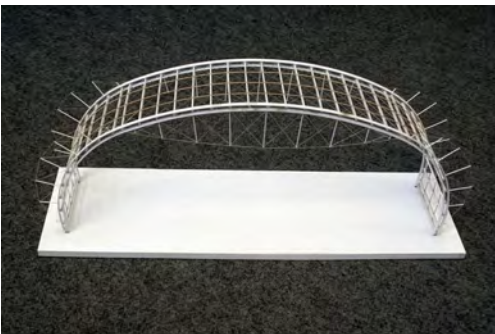
-  Glasebene wandelbar
-  Schallmembran- Ebene



Modellstudien



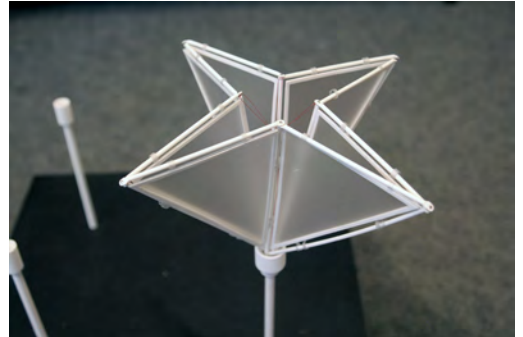
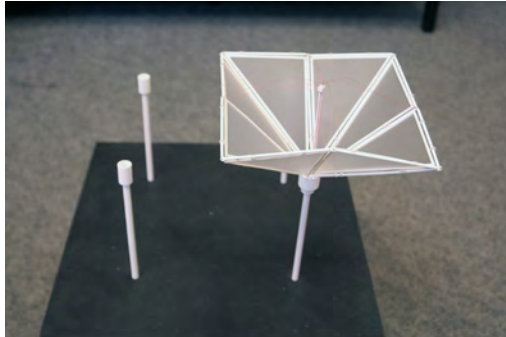
1.1 Rahmen



1.2 Korbboogen



2.1 Rahmen



3.1 Schirme



3.2 Unterspannter Rahmen

Tragwerksbeschreibung

Insgesamt überspannt die Klimahülle eine Fläche von ca. 1.950m² und hat ein Rauminhalt von ca. 12.600 m³.

Die wesentlichen Bestandteile der Klimahülle sind ein außenliegendes Primärtragwerk aus Stahlfachwerkrahmen im Abstand von je 6,5 m, eine innenliegende, transparente Gebäudehülle aus Glas, sowie ein in der äußersten Schicht befindlicher, wandelbarer Sonnenschutz.

Das Haupttragwerk besteht aus einem Fachwerkträger (FWT), der auf 2 Stützen im Abstand von 30m gelagert ist und rechts und links jeweils 3m über die Stützen auskragt. Die Stützen sind biegesteif an den Träger angeschlossen. Bei der Berechnung des FWT kann aber aufgrund der viel höheren Steifigkeit des Trägers gegenüber der Stütze als

Berechnungssystem von einem Balken auf 2 Stützen (B2S) ausgegangen werden. Die Stützen werden als beidseitig eingespannt betrachtet. Die Höhe des Fachwerkträgers beträgt 1,7m, der Pfostenabstand 3m.

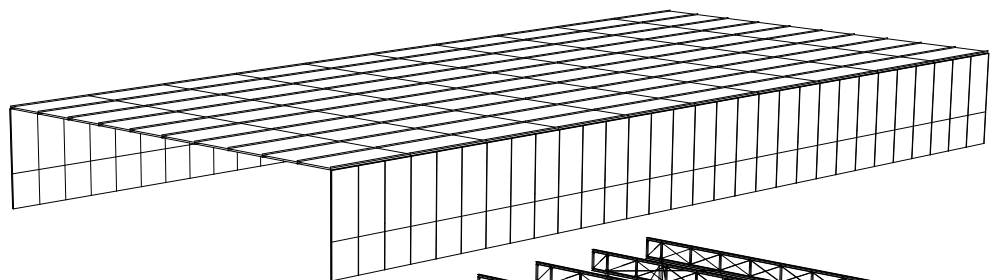
Das Sekundärtragwerk besteht aus Dachpfetten, die alle 3m unter den FW-Pfosten entlanglaufen und die Lasten zu den FW-Trägern ableiten. Als statisches System wird ein B2S angenommen, kein Durchlaufträger, da das Dach großflächig geöffnet und die Pfosten in einem Feld mit verschoben werden sollen.

Um ein gegen alle Belastungen ausgesteiftes Tragwerk zu erhalten, werden mindestens eine ausgesteifte Deckenplatte und drei aussteifende Wände, deren Wirkungsrichtungen sich nicht in einem Punkt schneiden, benötigt.

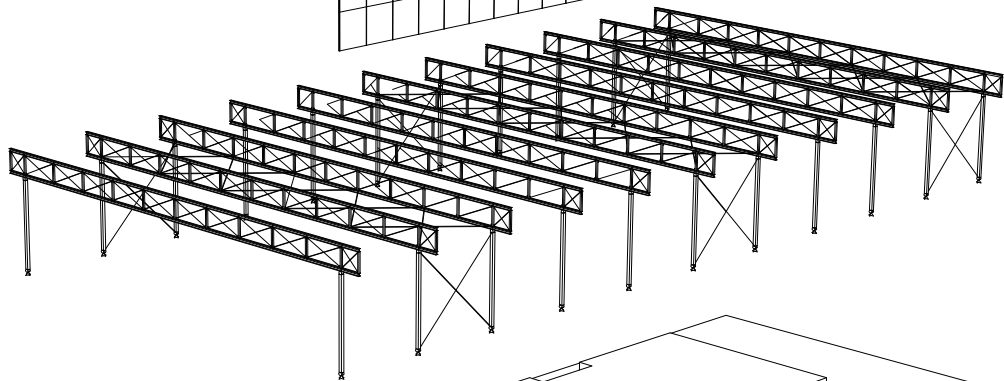
Sonnenschutz



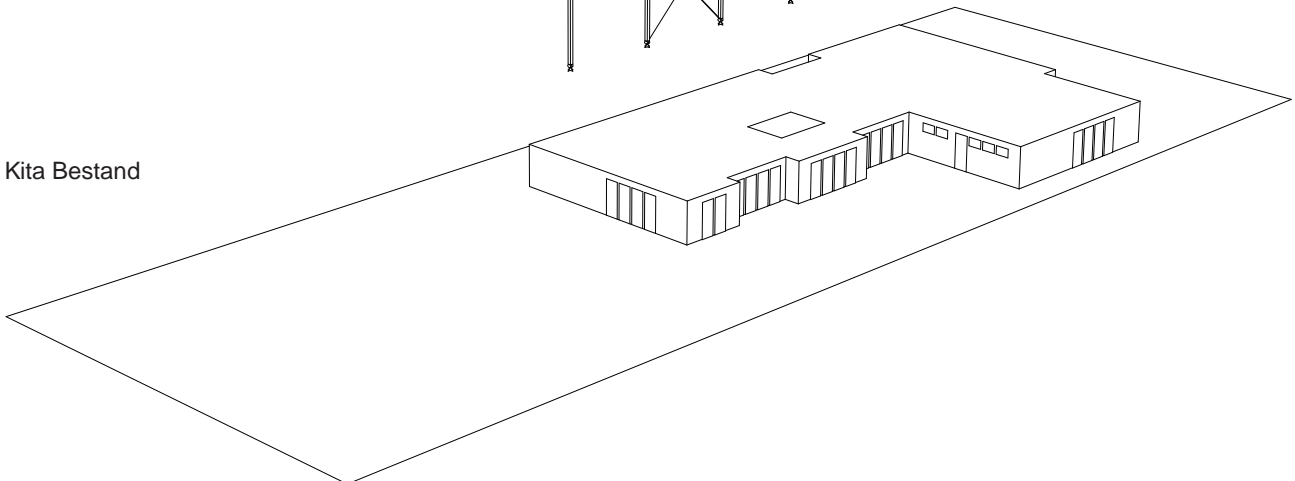
Gebäudehülle



Primärtragwerk



Kita Bestand



Vordimensionierung Primärtragwerk

Lastannahmen

Eigengewicht

Als Eigenlasten gelten das Eigengewicht von Haupt- und Nebentragwerk sowie die Lasten aus Glasdach und -fassade. Außerhalb von einem VSG bestehend aus 2 8mm Scheiben sowie einem Aufschlag von 20% für Verbindungsmittel u.ä. wurde für das Glas eine Last von $g_{\text{glas}}=0,42 \text{ kN/m}^2$ beanschlagt.

Windlasten

Blankenfelde-Mahlow liegt in der Windlastzone 2 im Binnenland. Nach EC2 wird dort als Winddruck für Gebäude unter 10m Höhe eine Windlast von $w=0,65 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Dieser wird entlang des Gebäudes durch Druckbeiwerte modifiziert, um zwischen unterschiedlich stark beanspruchten Bereichen zu differenzieren. In Abb. ist die Windlastverteilung für Fassade und Dach für einen Wind senkrecht zur Längsseite der Klimahülle dargestellt.

Schneelasten

Blankenfelde-Mahlow liegt in der Schneelastzone 2 etwa 50m NN. Es gehört zum Gebiet des Norddeutschen Tieflandes, wo zusätzlich ein außergewöhnlicher Lastfall für Starkschnee angesetzt werden muss. Nach EC2 wird eine Schneelast von $s=0,68 \text{ kN/m}^2$ sowohl auf dem gesamten Dach als auch halbseitig berücksichtigt (siehe Abb...). Für die außergewöhnliche Bemessungssituation muss die Schneelast um das 2,3fache erhöht werden.

Auslastung

Fachwerkträger

Die für die Elemente des Fachwerkträgers maßgebende Bemessungskombination ist die außergewöhnliche Situation Starkschnee. Dabei werden 100% Eigengewicht und außergewöhnliche Schneelast mit 20% der Windlast kombiniert.

Die maximalen Schnittgrößen (siehe Abb.) des Ober- und Untergurtes sind :

$N_{\text{max}}=1167 \text{ kN}$ in der Mitte des Trägers

$V_{\text{max}}=61 \text{ kN}$ an den Rändern über den Stützen

$M_{\text{max}}=90 \text{ kNm}$ über der Stütze

Als Profil wurden des Typs HEB200 gewählt. Die Querschnittsauslastung liegt zwischen 40% und 62%.

Die maximalen Schnittgrößen der Fachwerkpfosten sind

$N_{\text{max}}=210 \text{ kN}$ über den Stützen

Moment und Querskraft sind nur klein.

Die Querschnittsauslastung der Rechteckprofile (200x180mm, $t=20 \text{ mm}$) liegt zwischen 0% in der Mitte und 60% über den Stützen.

Stützen

Die für die Stützen maßgebende Bemessungskombination ist die Grundkombination mit vorherrschender seitlicher Windlast. Dabei werden 135% Eigengewicht, 150% Windlast mit 90% der Schneelast kombiniert.

Die maximalen Schnittgrößen entstehen bei den mittleren Stützen (siehe Abb.)

$N_{\text{max}}=221 \text{ kN}$ und

$M_{\text{max}}=81 \text{ kNm}$

Es wurden 160x160mm Rechteckprofile gewählt, die bis zu 66% ausgelastet sind.

Pfetten

Für die Pfetten wurde HEA 140 Profile gewählt. Für sie ist auch die außergewöhnliche Situation des Starkschnees bemessungsrelevant. Dabei sind hauptsächlich die Verbandspfetten im vorderen Dachbereich durch Normalkraft beansprucht

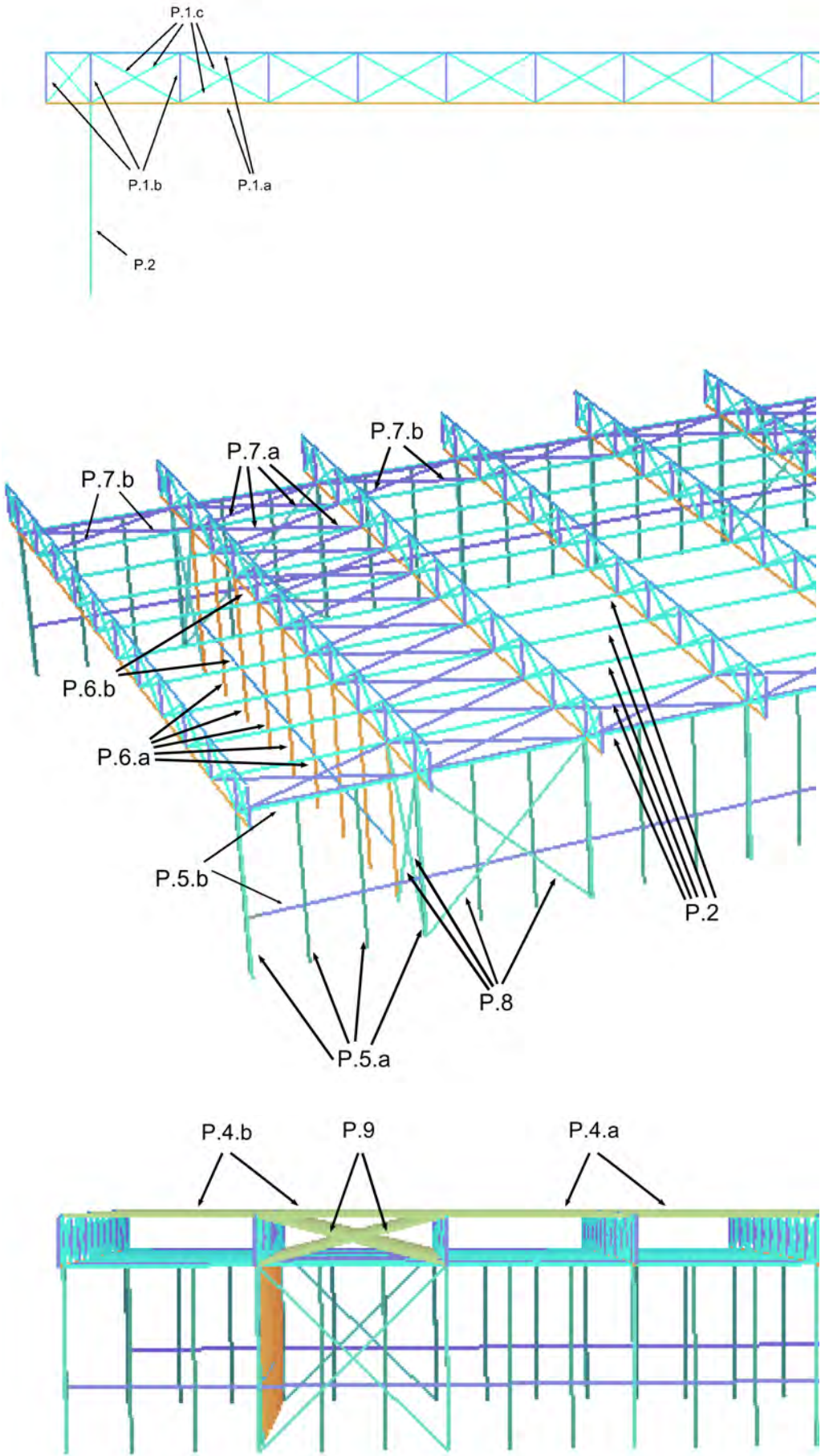
$N_{\text{max}}=28 \text{ kN}$

Alle übrigen Pfetten sind vorallem auf Biegung belastet:

$M_{\text{max}}=36 \text{ kNm}$,

$V_{\text{max}}=25 \text{ kN}$.

Die maximale Auslastung liegt bei 67%.



Positionenliste

Nr	Name	Profil	
1	Fachwerkträger		
1.a	- Ober- + Untergurt	HEB 200	
1.b	- Prosten	200x180x20	
1.c	- Seile	PE-100	
2	Pfetten	HEA 140	
3	Stützen	160x160x16	22 Rahmenstützen + 4 Stützen zusätzlich zur Aussteifung in Rahmenrichtung
4	Kopfbänder		4 Module mit Druckstützen (an Verbänden), 6 Module mit Seilen
4.a	- Seile	PE-3	
4.b	- Druckstäbe	RD 60	
5	NT - Seite		
5.a	- Stützen	100x60x6	
5.b	- Riegel	100x60x6	
6	NT - vorne + Hinten		
6.a	- Stützen	100x60x6	
6.b	- Riegel	100x60x6	
7	Windverband		
7.a	- Aussteifung in Rahmenrichtung	PE-60	
7.b	- Aussteifung längs	PE-60	
8	Fassadenverbände	PE-60	6 längs, 4 quer
9	Dach - Kopfbandverbände	PE-30	3 Module

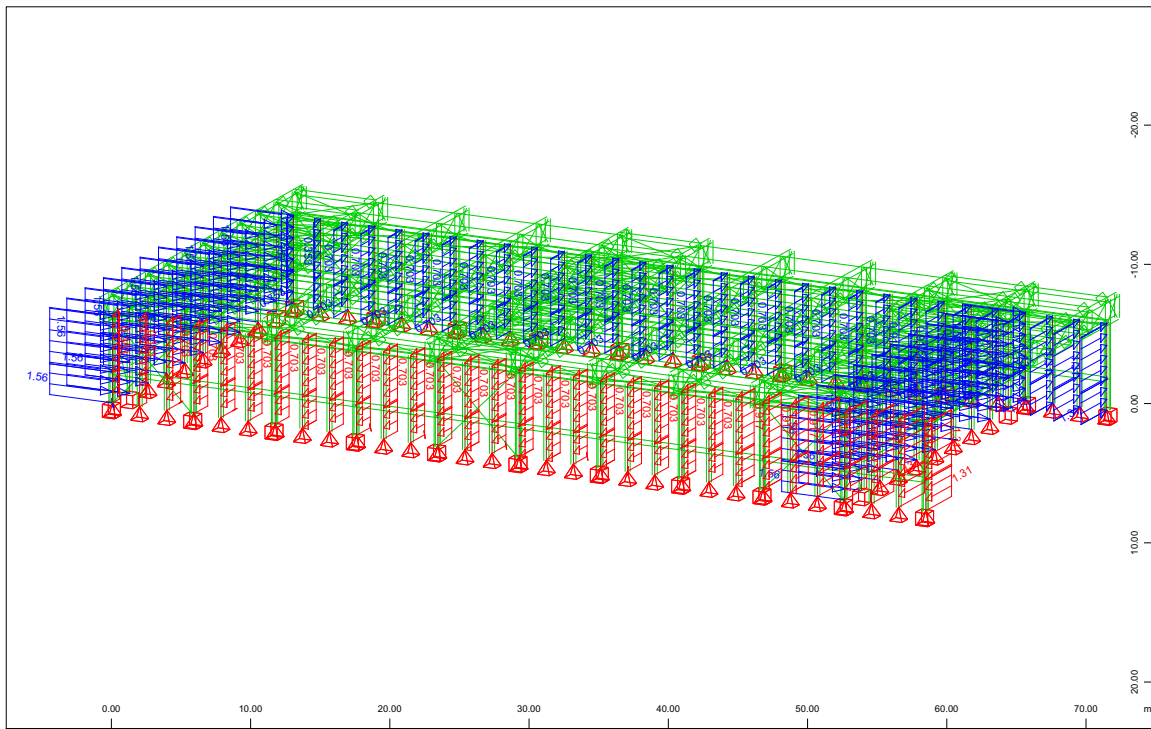
Stahltonnage

Positionsnummer	Tonnage pro Element	Anzahl Elemente pro Modul	Stahltonnage (pro Modul)	Anzahl Module	Gesamttonnage
1			6,75	11	74
1.a	2	2	4	11	44
1.b	0,17	13	2,2	11	24
1.c	0,02	24	0,55	11	6
2	0,16	11	1,8	10	18
3	0,45	2	0,9	11 + 4 ST	12
4					8
4.a*	0,15	13	2	4	7,8
4.b	0	13	0,02	6	0,2
5			1,2	10	12
5.a	0,16	6	0,9	10 + 2 ST	9,3
5.b	0,16	2	0,3	10	3
6			2,5	2	5
6.a	0,16	7	1,1	2	2,2
6.b	0,16	8	1,4	2	2,8
7					3
7.a*	0,03	20	0,6	3	2
7.b	0,03	4	0,12	7	1
8*	0,04	2	0,07	10	1
9*	0,01	22	0,3	3	1
Summe:			10**		134

* Position wird für jedes zusätzliche Modul nicht benötigt

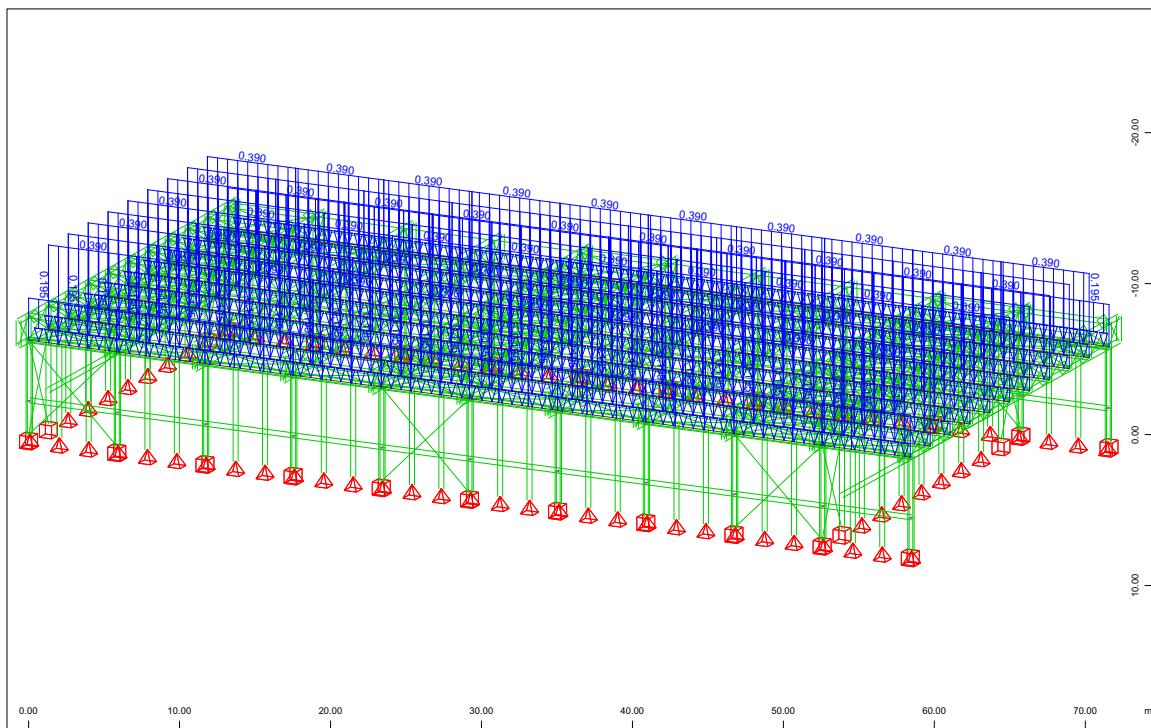
** Tonnage für ein zusätzliches Modul

Geometrie des Rahmens
 Windlast auf Stuetzen

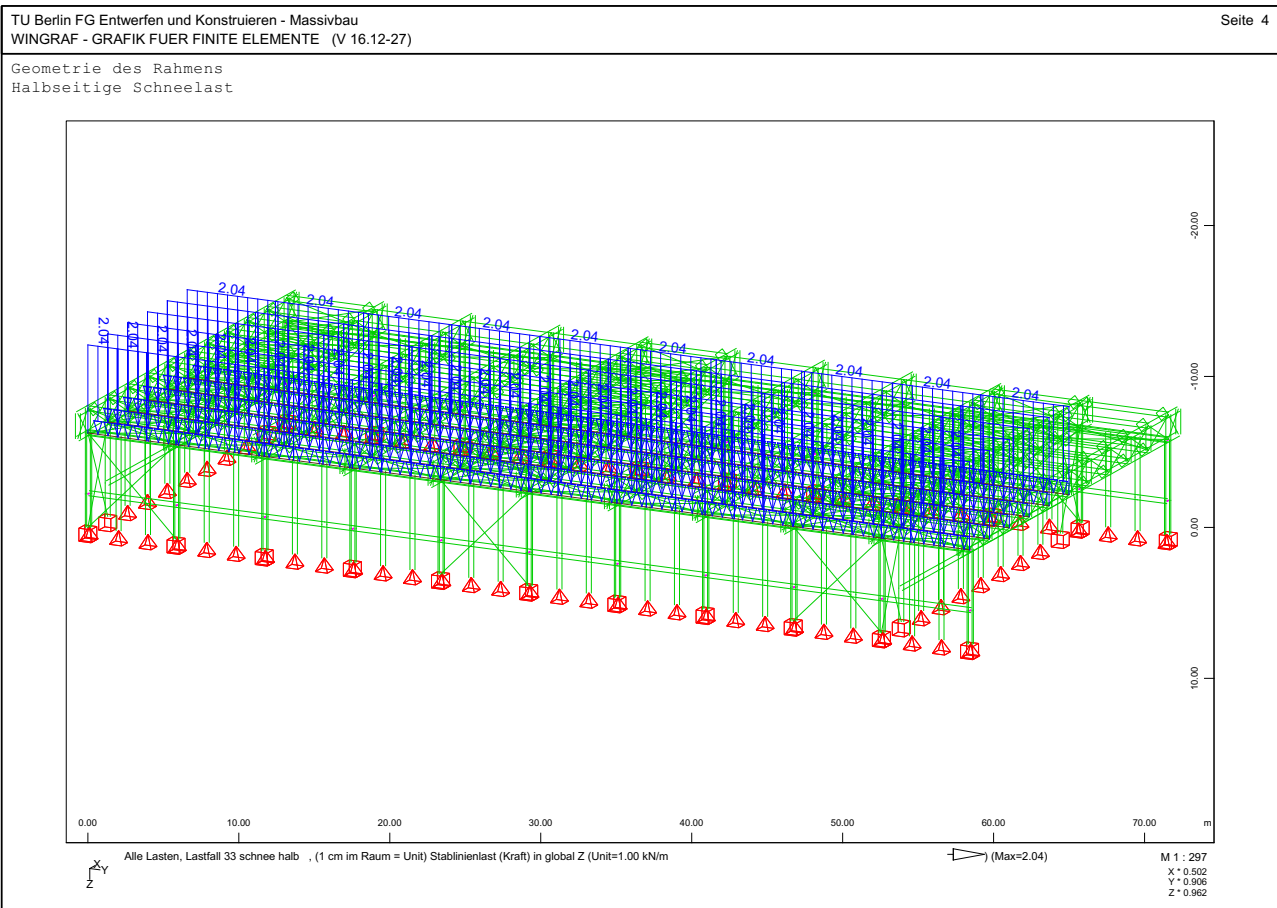
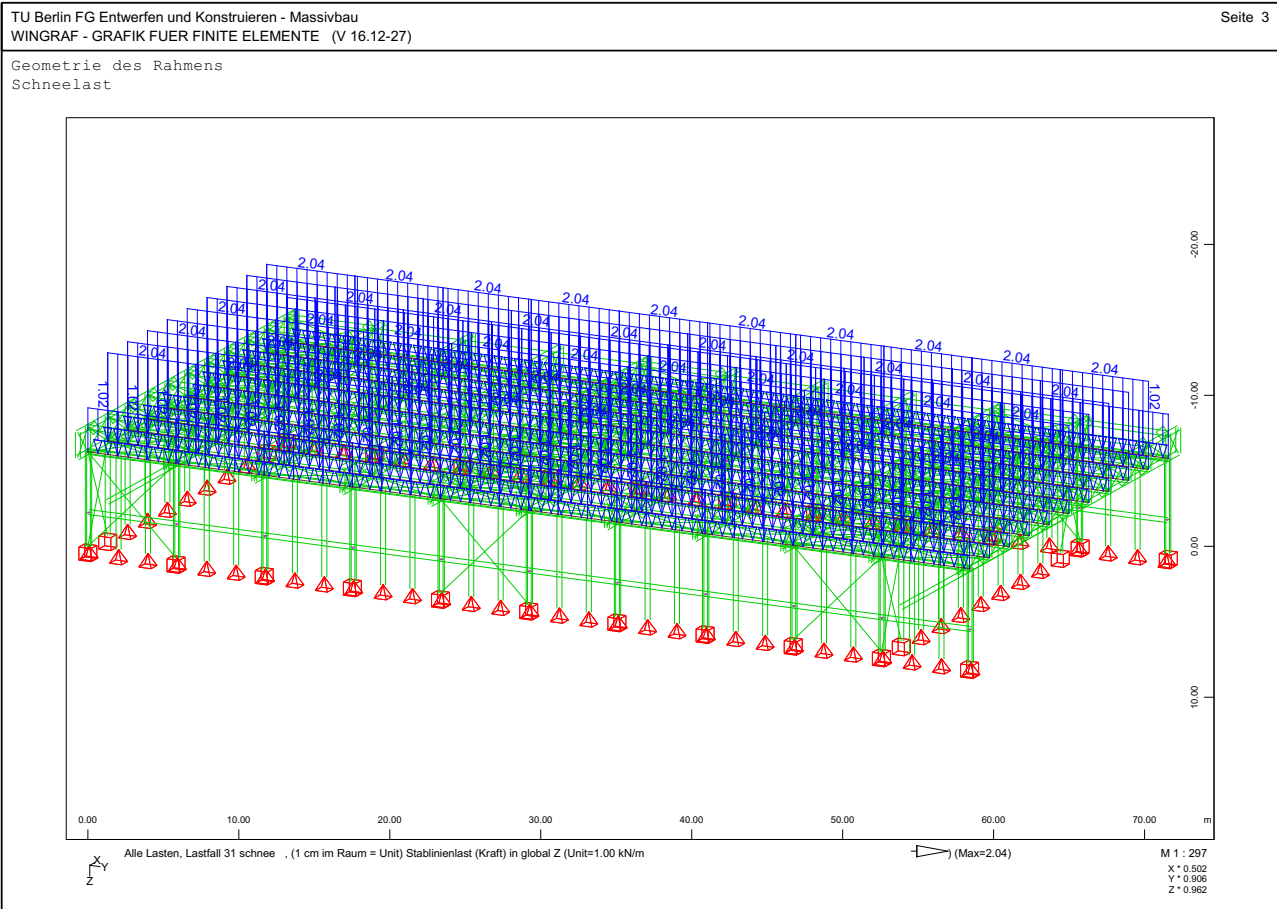


Alle Lasten, Lastfall 28 wind_vorne_h , (1 cm im Raum = Unit) Stablinienlast (Kraft) in global Y (Unit=1.00 kN/m
 Alle Lasten, Lastfall 27 wind_seitlich_h , (1 cm im Raum = Unit) Stablinienlast (Kraft) in global X (Unit=1.00 kN/m
 (Max=1.31) M 1 : 322
 X * 0.502
 Y * 0.966
 Z * 0.962

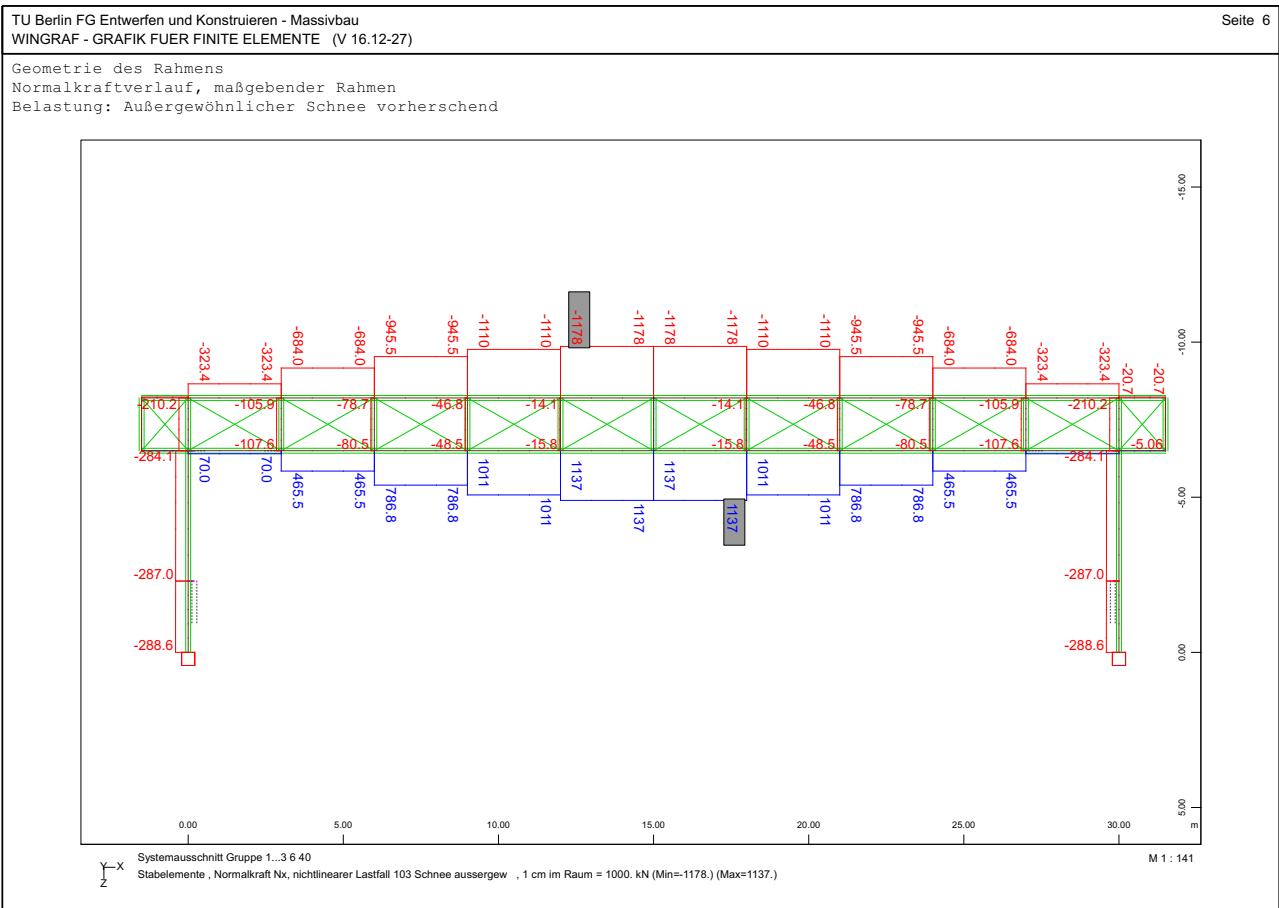
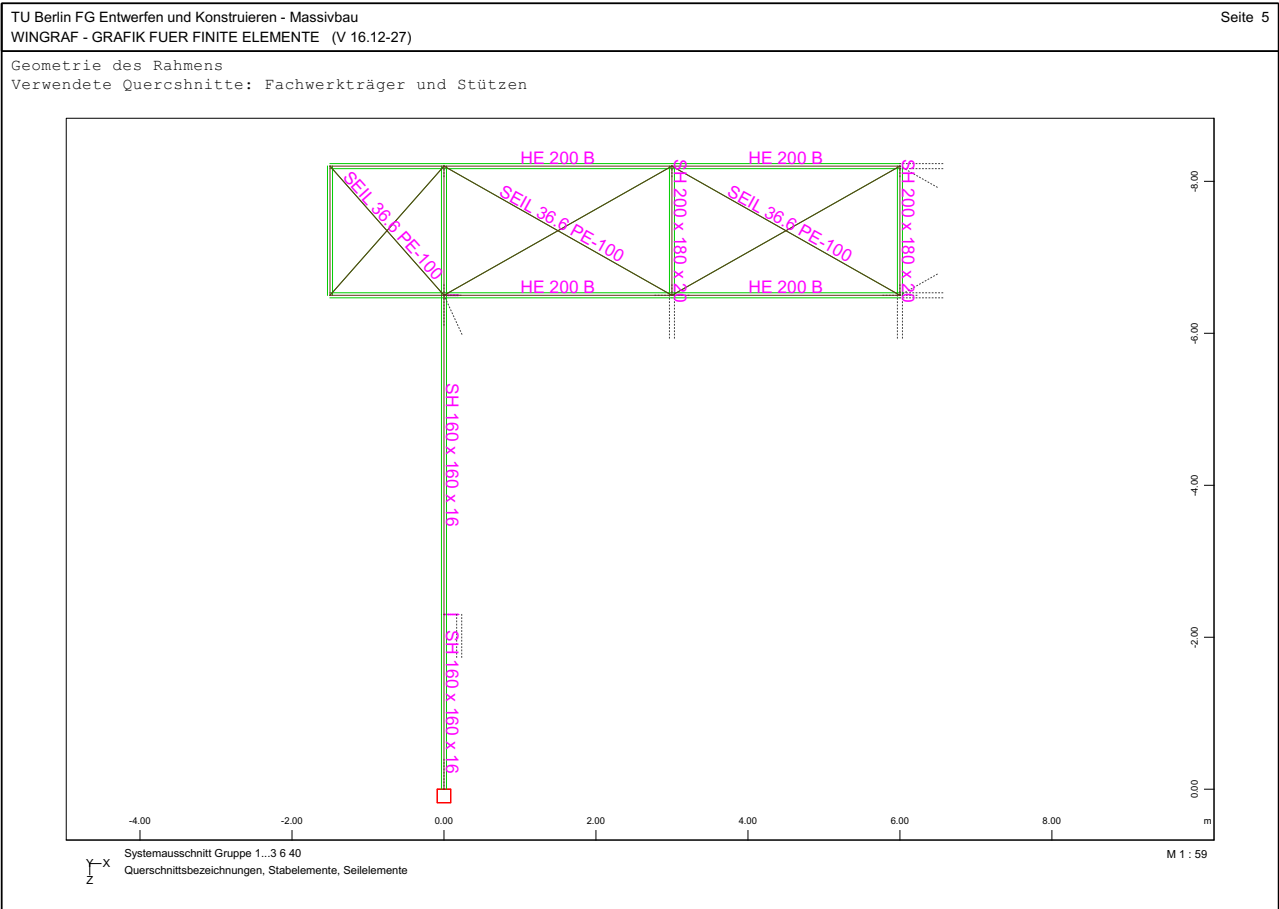
Geometrie des Rahmens
 Windlast aus Dach



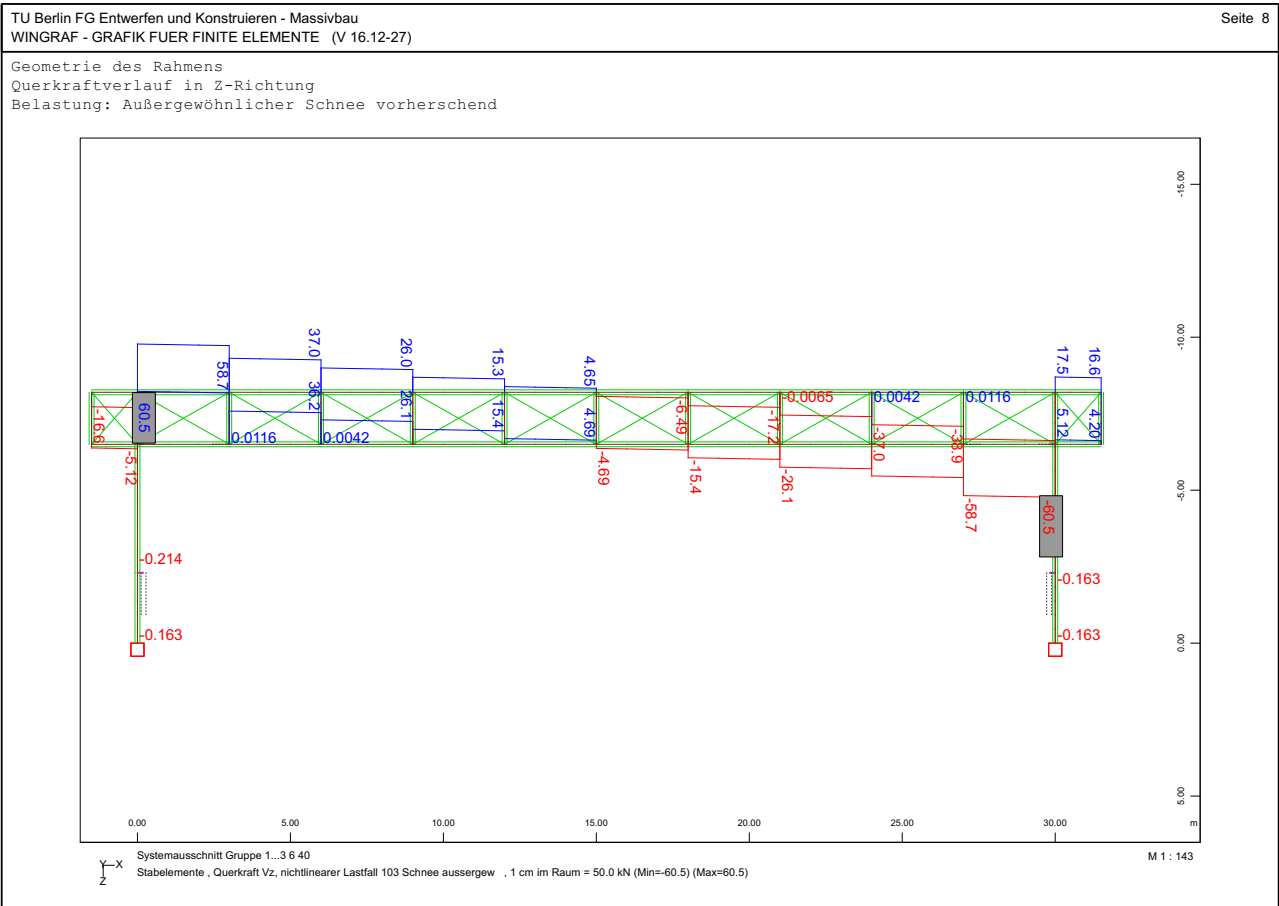
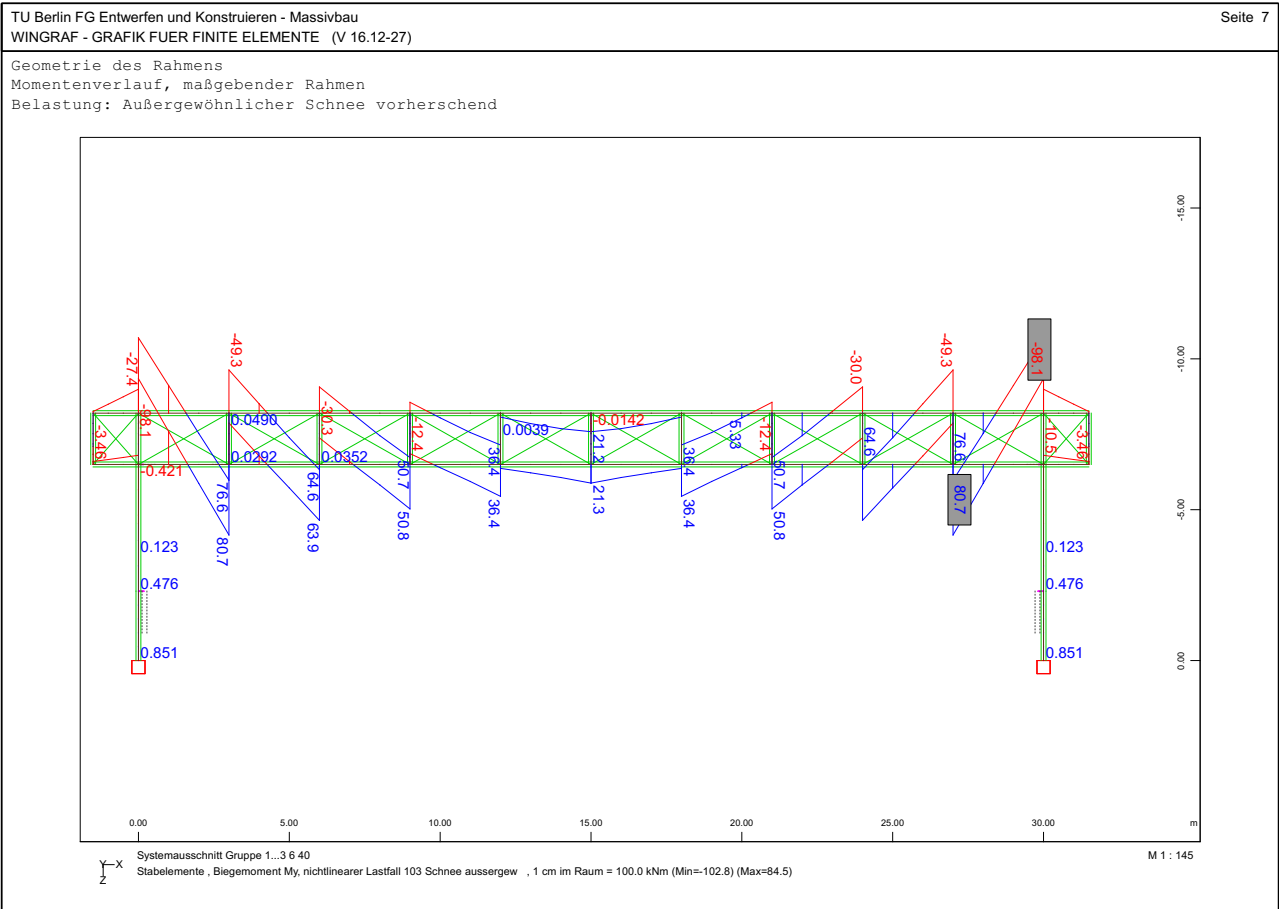
Alle Lasten, Lastfall 21 wind_oben , (1 cm im Raum = Unit) Stablinienlast (Kraft) in global Z (Unit=0.200 kN/m
 (Max=0.390) M 1 : 297
 X * 0.502
 Y * 0.966
 Z * 0.962



Ergebnisse der Berechnungen
 Fachwerkträger
 Maßgebende Einwirkungskombination: Außergewöhnliche Schneelast



Ergebnisse der Berechnungen
 Fachwerkträger
 Maßgebende Einwirkungskombination: Außergewöhnliche Schneelast

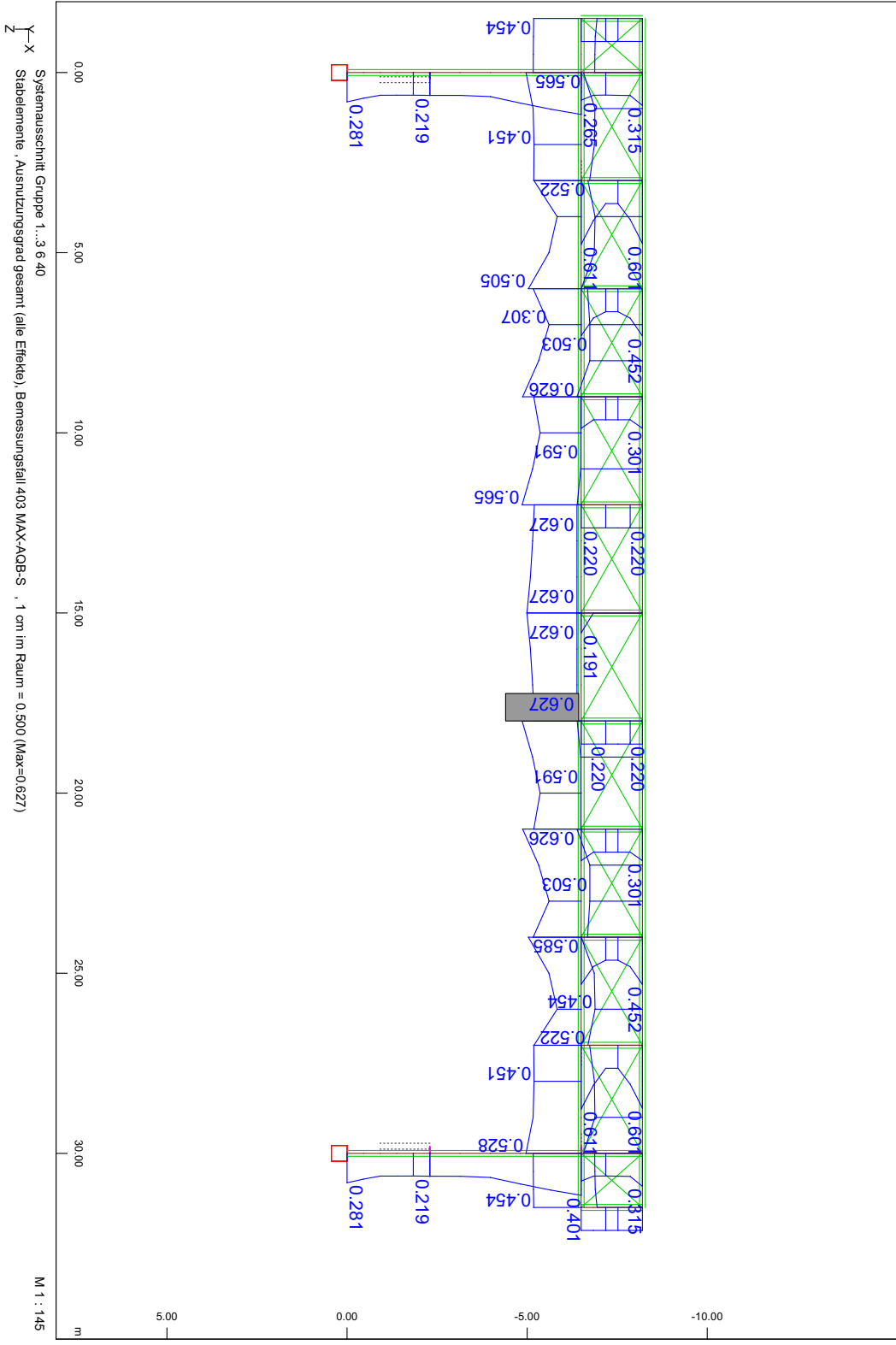


Ergebnisse der Berechnungen
 Fachwerkträger
 Maßgebende Einwirkungskombination: Außergewöhnliche Schneelast

TU Berlin FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau
 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE (V 16.12-27)

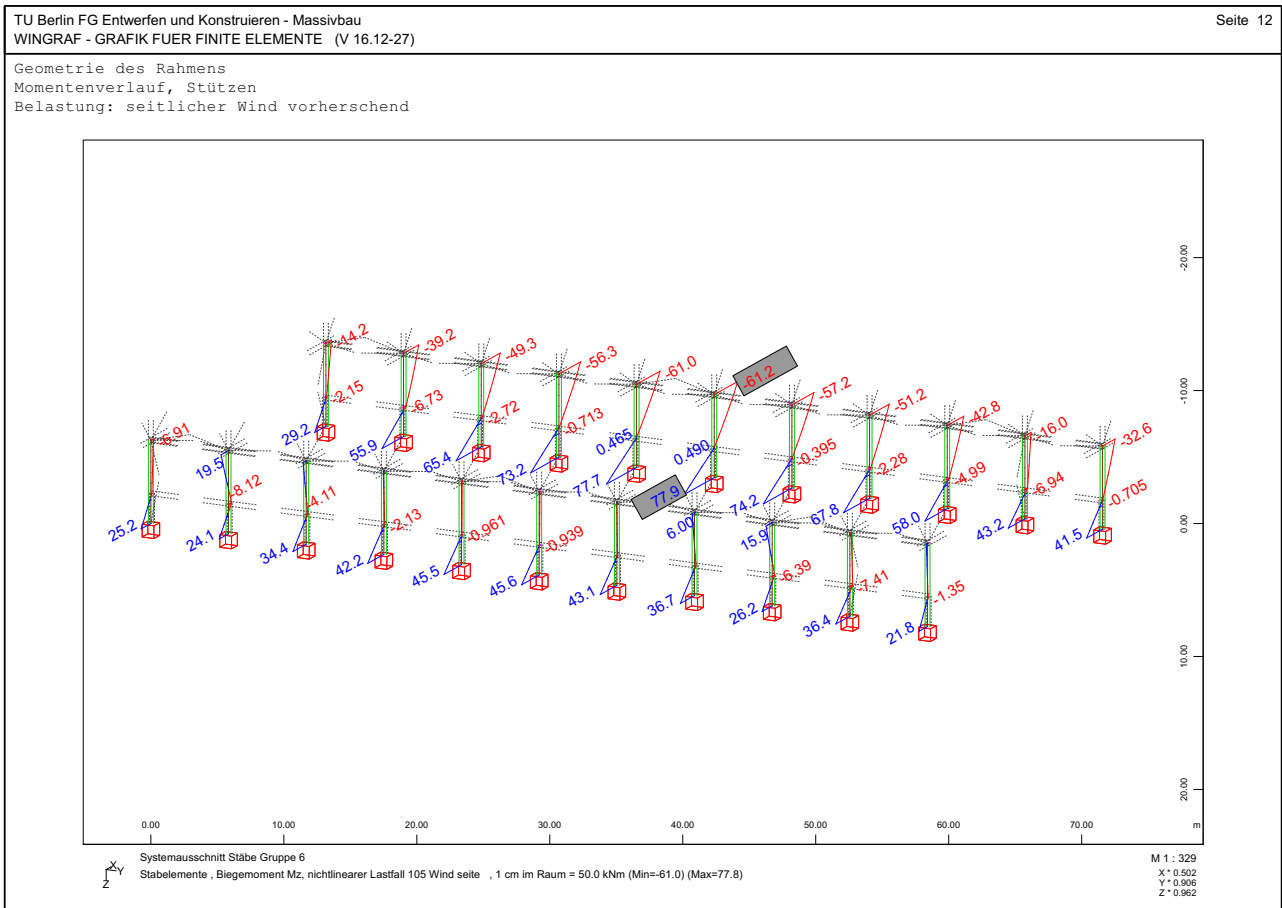
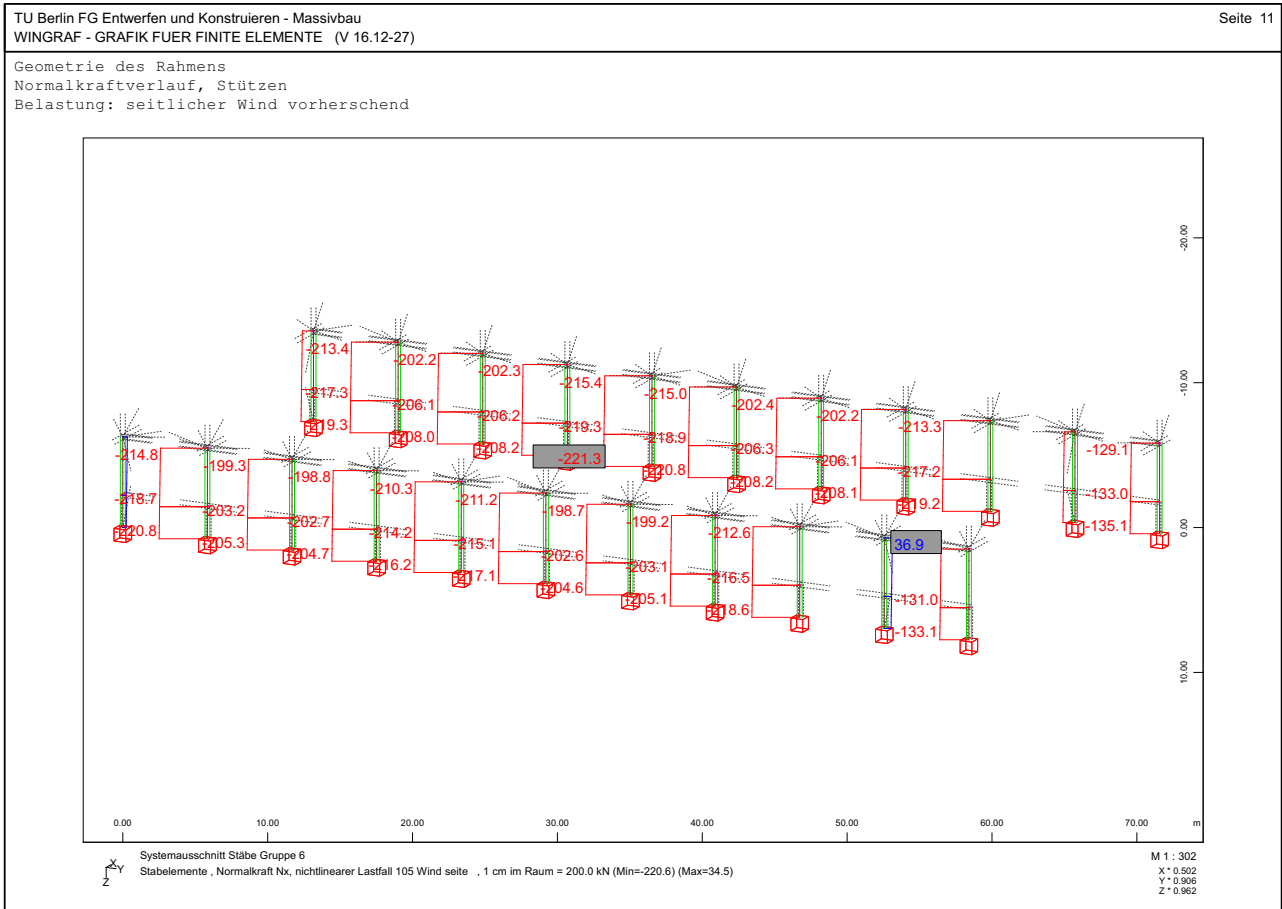
Seite 10

Geometrie des Rahmens
 Ausnutzungsgrad
 Belastung: Außergewöhnlicher Schnee



Ergebnisse der Berechnungen
Stützen

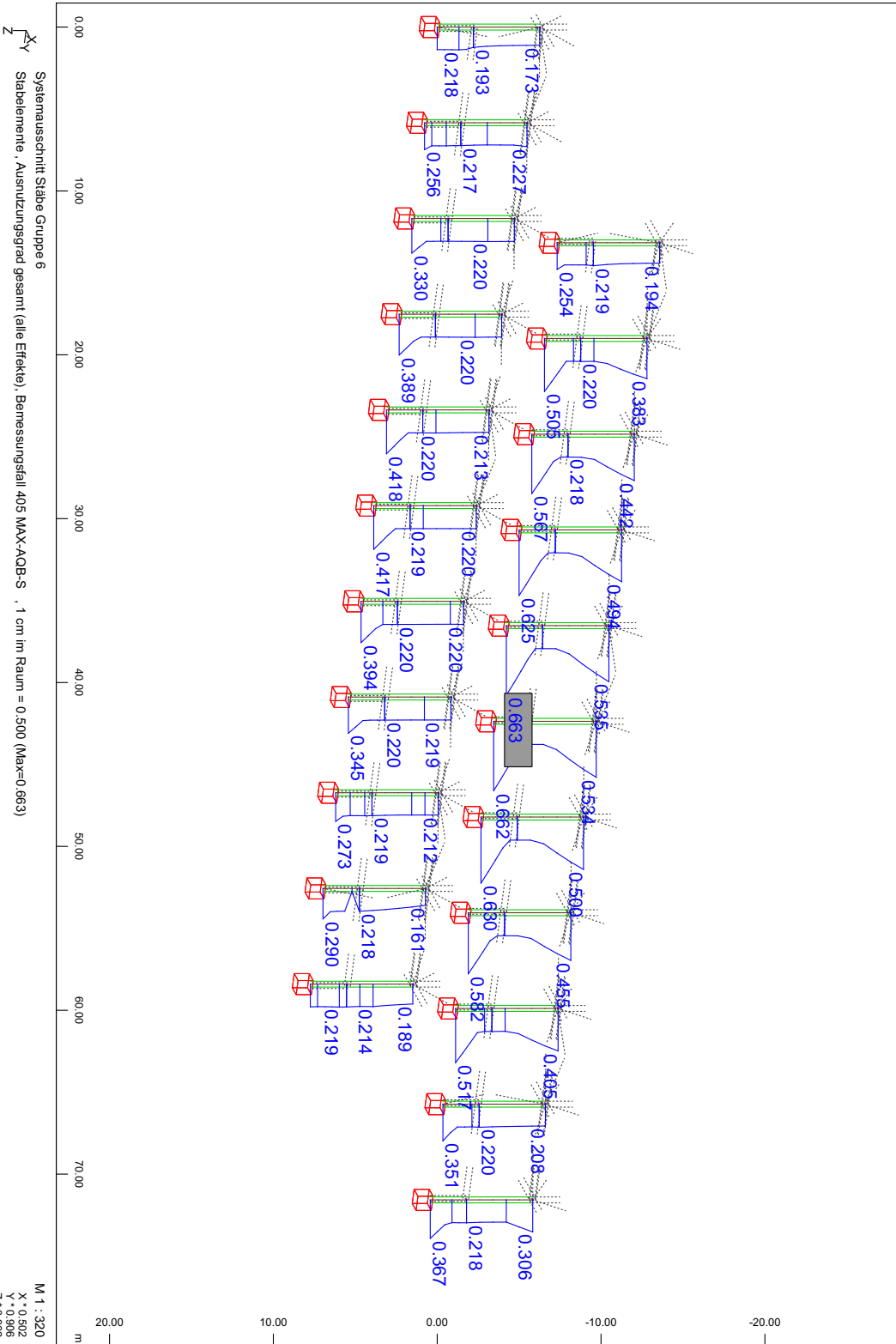
Maßgebende Einwirkungskombination: seitlicher Wind vorherrschend



Ergebnisse der Berechnungen
Stützen

Maßgebende Einwirkungskombination: seitlicher Wind vorherrschend

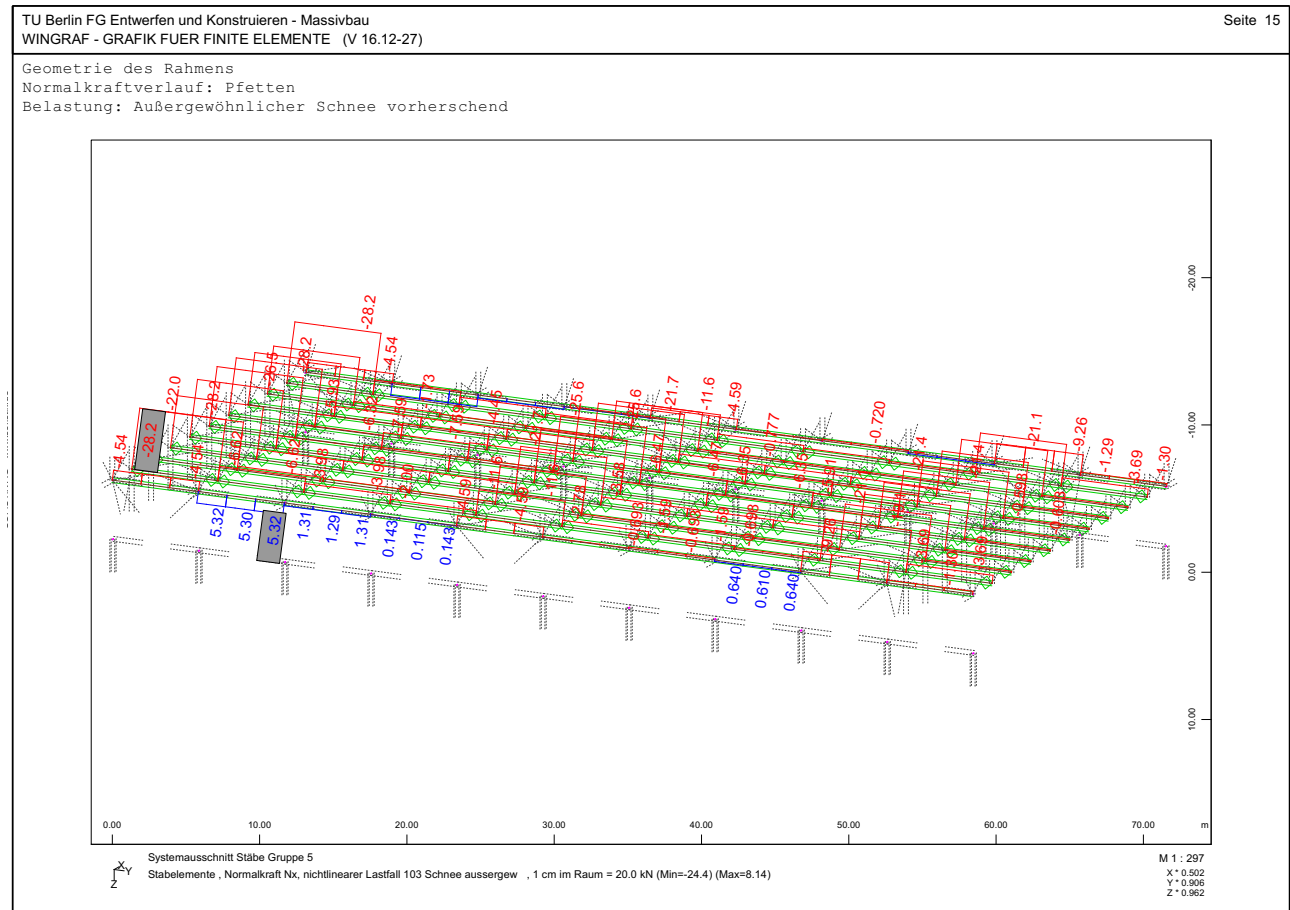
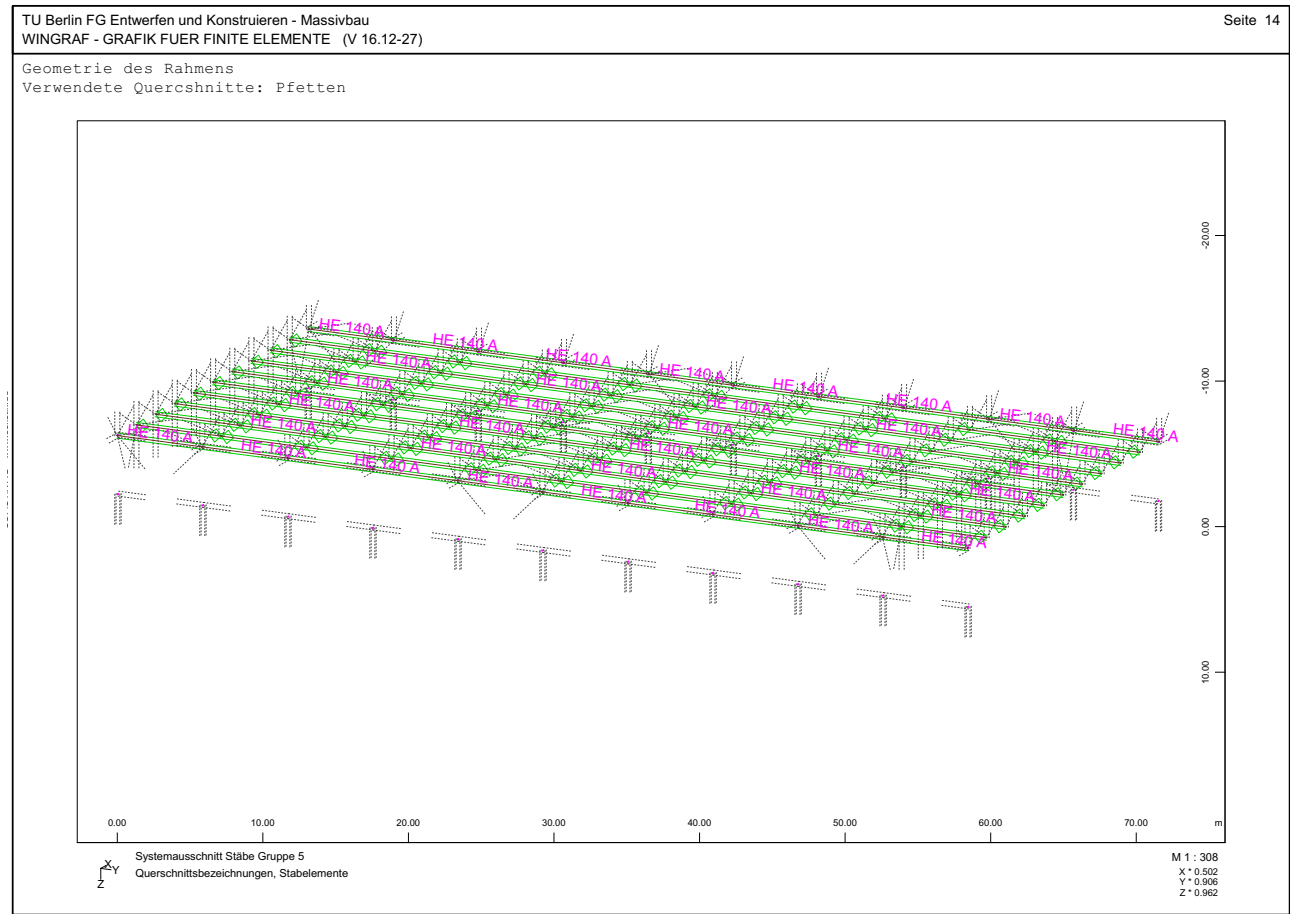
Geometrie des Rahmens
Ausnutzungsgrad, Stützen
Belastung: seitlicher Wind vorherrschend



Ergebnisse der Berechnungen

Pfetten

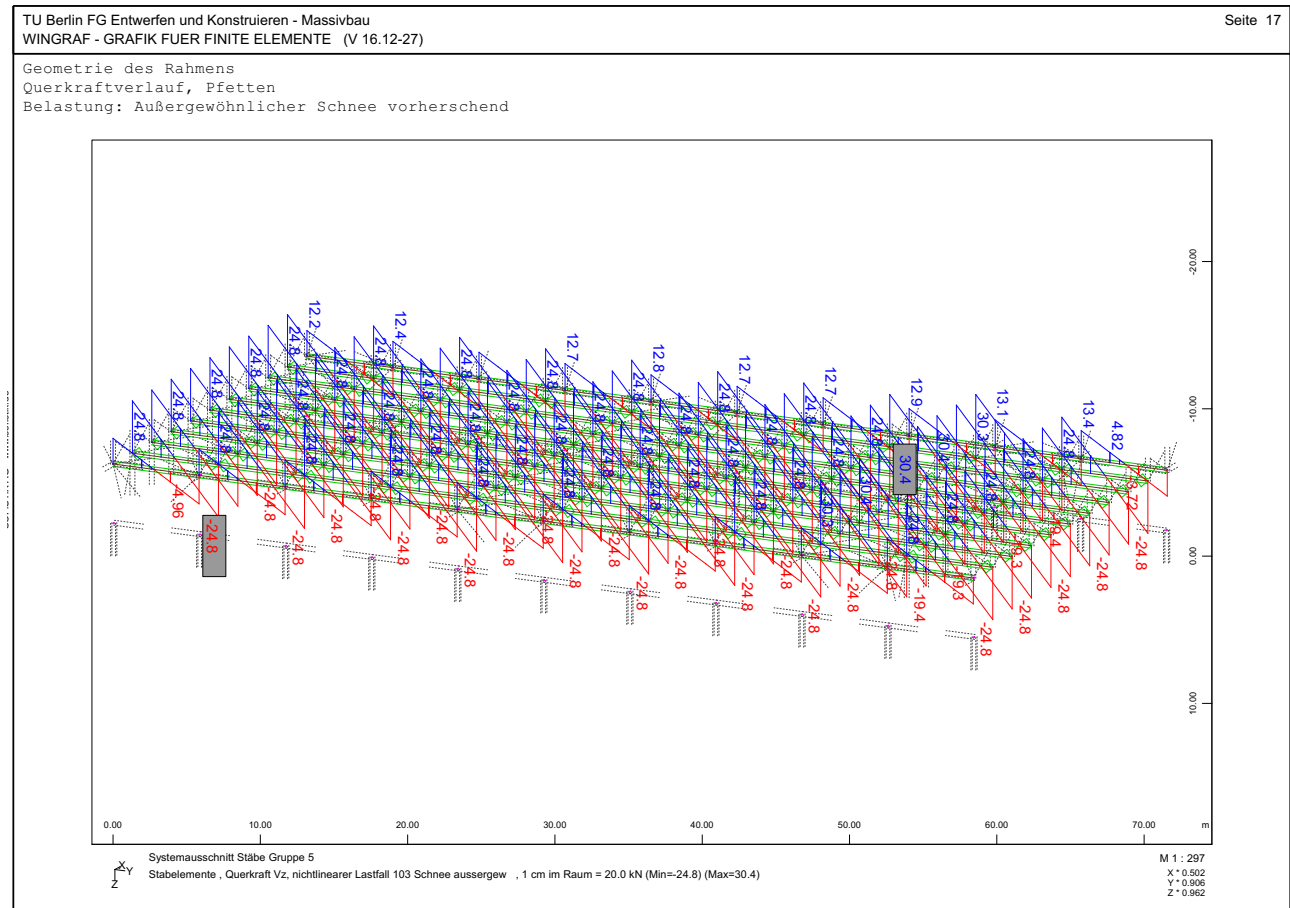
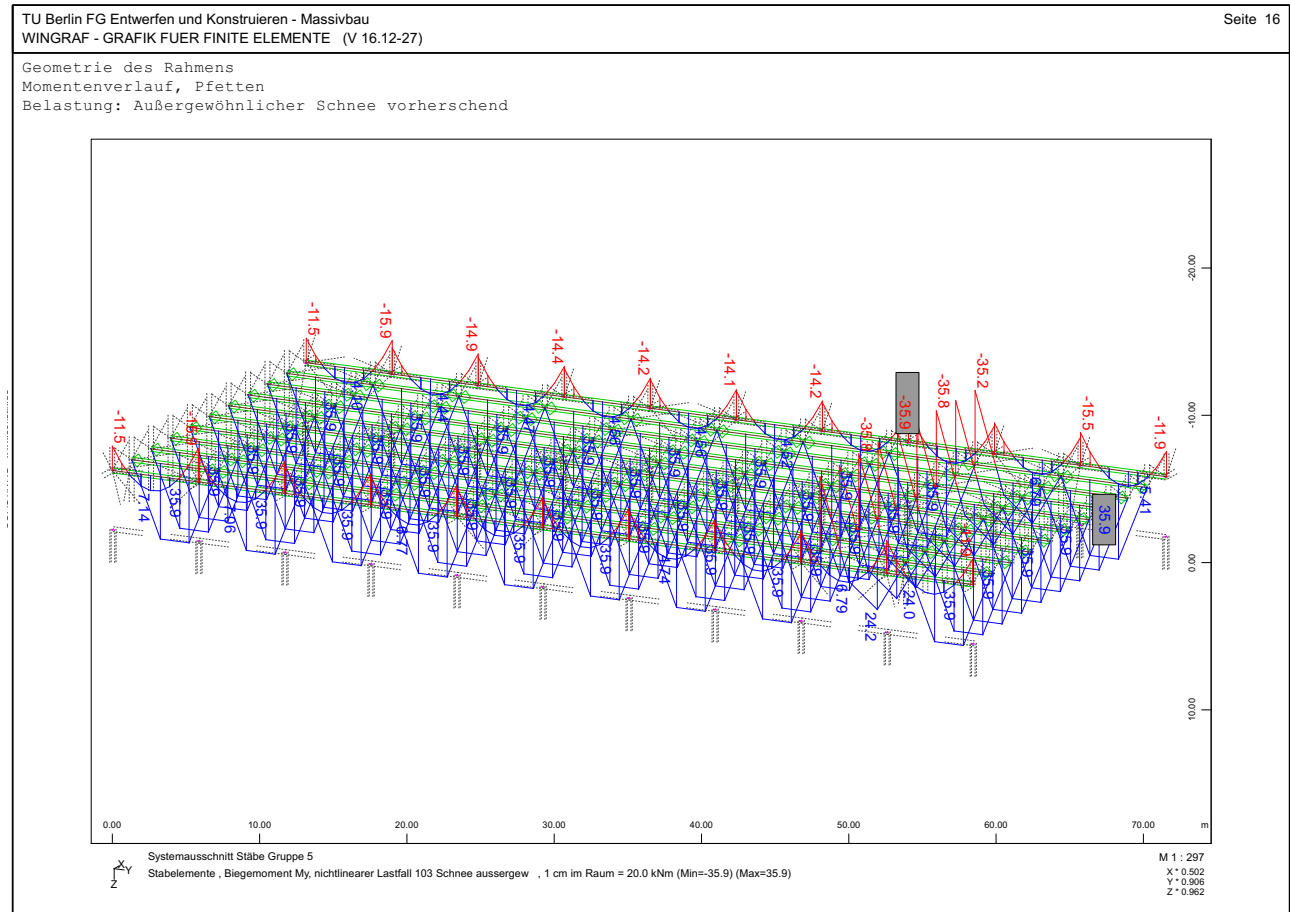
Maßgebende Einwirkungskombination: Außergewöhnliche Schneelast



Ergebnisse der Berechnungen

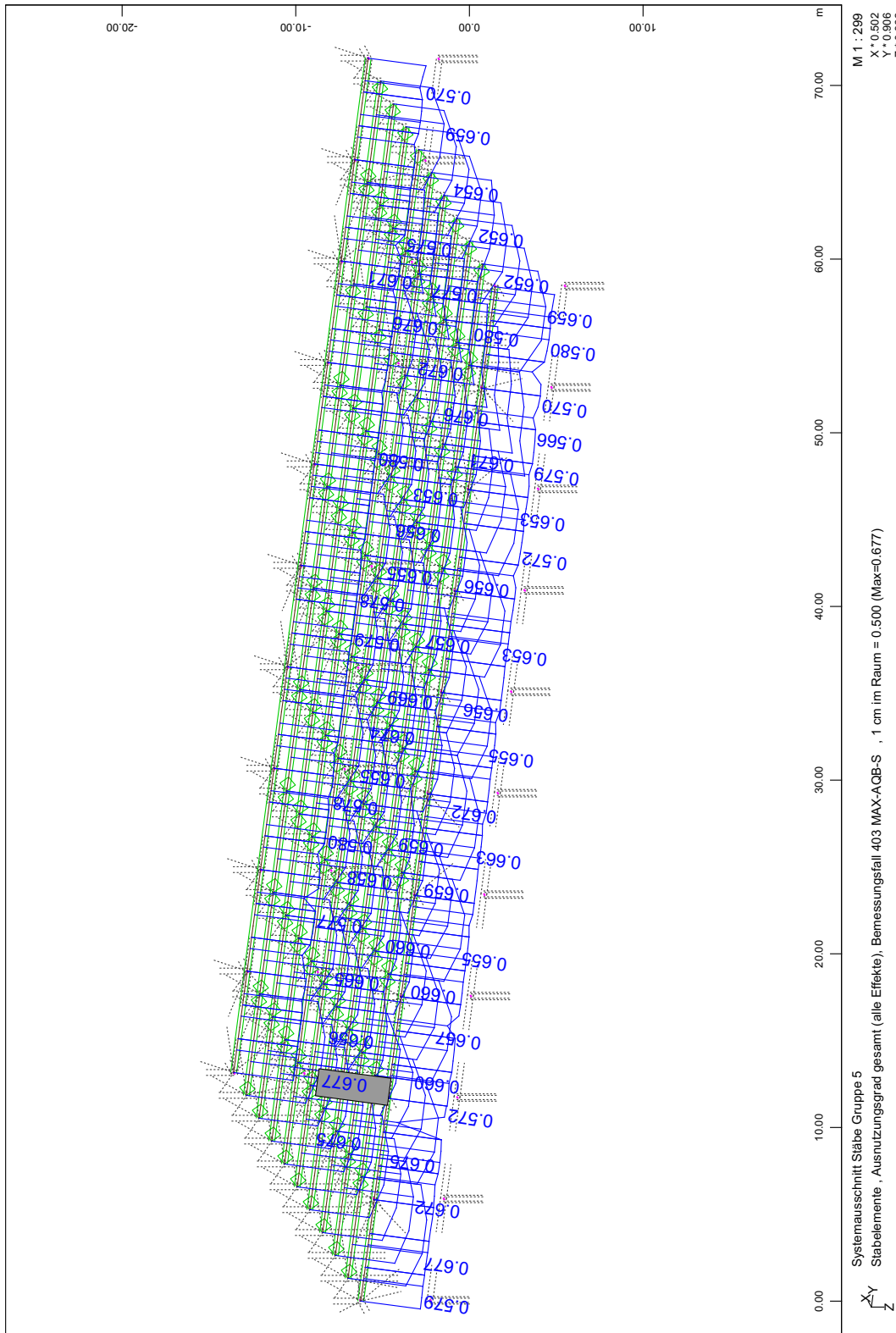
Pfetten

Maßgebende Einwirkungskombination: Außergewöhnliche Schneelast



TU Berlin FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau
WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE (V 16.12-27)

Geometrie des Rahmens
Ausnutzungsgrad, Pfetten
Belastung: Außergewöhnlicher Schnee vorherrschend

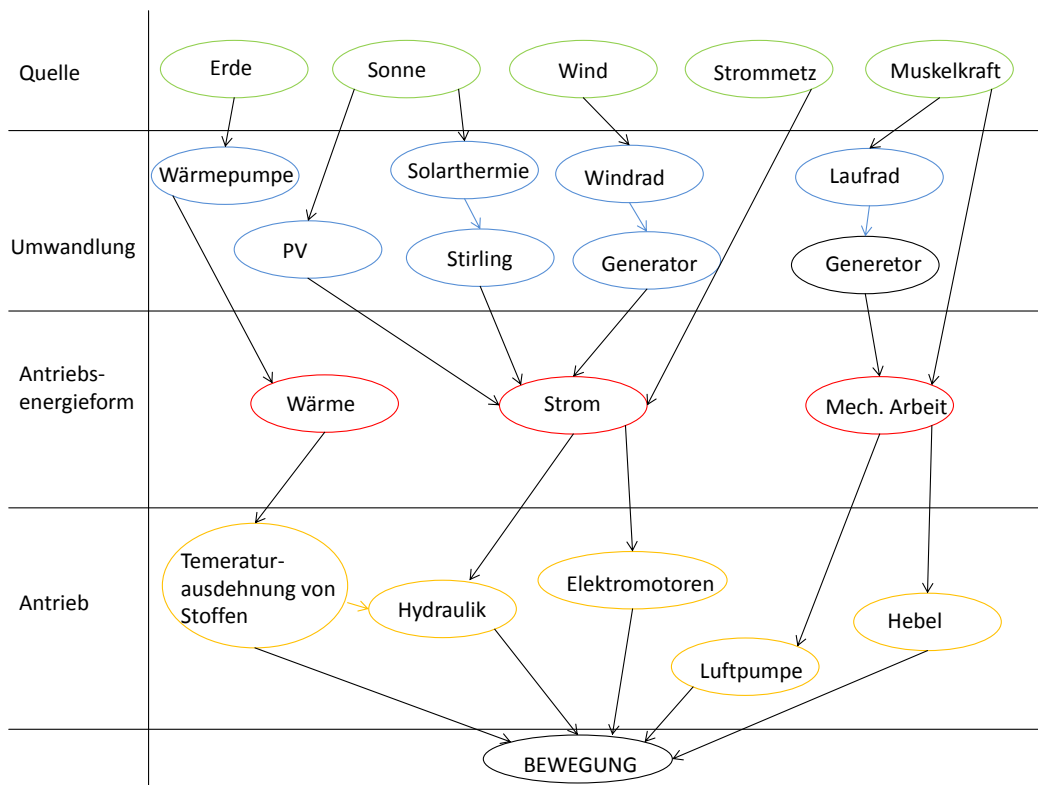


Antriebsmechanismen

Von der Energiequelle bis zur Bewegung

Im Prinzip kann die für die Wandelbarkeit erforderliche Energie aus verschiedensten Quellen kommen. Energie, sowohl direkt aus dem Stromnetz als auch aus Erdwärme, Wind, Sonne oder der Muskelkraft der Nutzer, kann über zwischengeschaltete Umwandlungsmechanismen in Bewegungsenergie umgewandelt werden. Ein offensichtlicher Weg wäre, Strom mittels Photovoltaik zu produzieren, der dann über einen Elektromotor in Bewegungsenergie umgewandelt wird.

Um Elemente in der Hülle zu bewegen kommen im Wesentlichen drei Antriebsarten in Frage: Hydraulik, Elektromotoren und Handbetrieb. Hydraulische Antriebe eignen sich für große Kräfte und kurze Wege, verbrauchen vergleichsweise wenig Energie, sind leise und die Bewegung ist gleichmäßig und lastunabhängig. Elektromotoren eignen sich für relativ kleine Kräfte und lange Wege. Es gibt ebenfalls leise und energieeffiziente Elektromotoren. Über Hebelwirkung oder Seilzüge lassen sich Elemente ebenfalls per Hand bewegen. Hierbei könnten die Kinder direkt in die Gestaltung ihrer Umgebung, ihrer Kita mit einbezogen werden, wodurch sich ein zusätzlicher Lerneffekt ergeben könnte.



01 von der Energiequelle zur Bewegung

01

Eine weitere Antriebsart stellt die Temperaturausdehnung von Stoffen dar.

Sowohl der schon beschriebene Bimetallstreifen unterliegt diesem Prinzip, als auch die thermohydraulischen Nachführsysteme, die Temperaturausdehnung mit Hydraulik kombinieren. Diese Nachführsysteme arbeiten mit kleinen Kräften und geringen Drücken. Denkbar wären auch Systeme, in denen sich das sich ausdehnende Medium sich sehr stark erhitzt und hohe Drücke ausübt, wodurch große Kräfte aufgebracht werden können.

Antrieb per Hand

Durch einen effizienten Übertragungsmechanismus können große Kräfte ebenfalls per Hand aufgebracht werden. Die Ausführung einer Bewegung bedeutet das Verrichten von mechanischer Arbeit W . Eine Kraft F wird entlang eines Weges s bewegt.

$W=F \cdot s$

Ist man nicht in der Lage, große Kräfte aufzubringen, kann man über einen längeren Weg die gleiche Menge an Arbeit verrichten. Von Nöten ist dabei ein Übertragungsmechanis-

mus, der Arbeit im Sinne von kleiner Kraft und langem Weg in Arbeit im Sinne von großer Kraft und kleinem Weg umwandelt. Hydraulik funktioniert nach diesem Prinzip. Für den Handbetrieb eignen sich Hebelkonstruktionen oder Flaschenzüge.

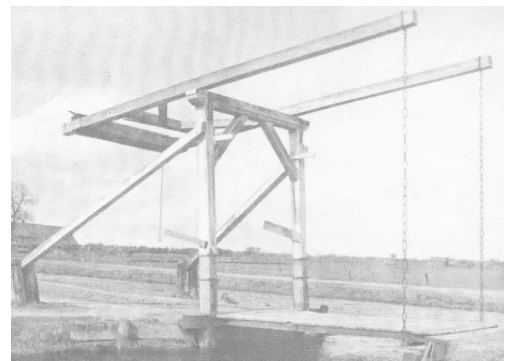
Im Bauwesen wird die aufzubringende Kraft oftmals durch das Anbringen einer zusätzlichen Masse erleichtert. Zugbrücken und Waagebalkenbrücken funktionieren nach diesem Prinzip.

02 Hebelwirkung am Beispiel des Wagenhebers (Walser #55)



02

03 Waagebalkenbrücke bei Grossefehn in Ostfriesland (Wallner 2003 #34)

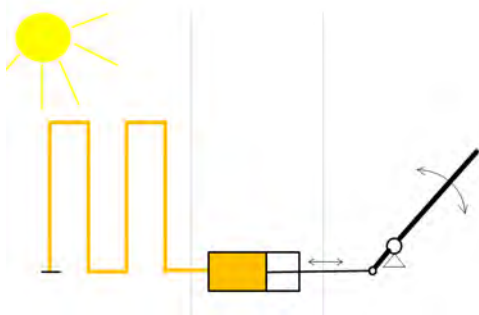


03

Kraftvolle Thermohydraulik

Thermohydraulische Systeme werden derzeit lediglich für Sonnennachführungen verwendet. Sie arbeiten mit geringen Temperaturen, Drücken und Kräften. Das Prinzip ist jedoch ebenfalls für große Kräfte anwendbar. Im Folgenden wird die Systematik dieser neuartigen Antriebstechnik beschrieben, eine Beispielrechnung durchgeführt, verschiedene, in dieser Weise angetriebene Konstruktionen vorgestellt und auf Anwendungsmöglichkeiten und Potentiale eingegangen.

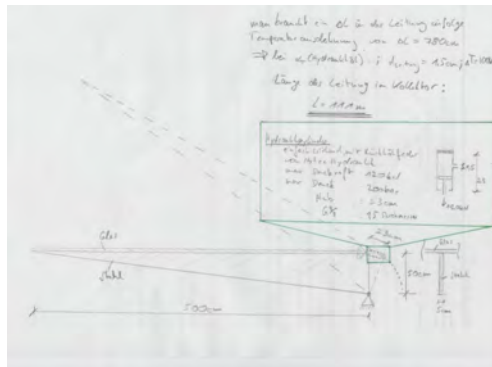
Als Arbeitsmedium ist eine inkompressible Flüssigkeit mit hohem Temperaturausdehnungskoeffizienten optimal. Beispielsweise erfüllt Hydrauliköl diese Kriterien. Das Öl befindet sich in einer Leitung, die von der Sonne erhitzt wird und sich ausdehnt. Der entstehende Überdruck führt zur Bewegung des Hydraulikstempels im angeschlossenen Zylinder. Die lineare Bewegung kann über weitere Kopplungen in eine Rotationsbewegung eines Elementes um einen festen Punkt überführt werden. Es könnten somit sehr große Kräfte aufgebracht werden, die nur durch die Größe und Übertragungsrate der Zylinder begrenzt sind. Der ausfahrbare Weg ist abhängig von der Temperaturdifferenz in der Leitung sowie ihrer Länge. Bei gegebener Temperaturdifferenz ist eine Erhöhung des Weges durch die Verlängerung der wärmeaufnehmenden Leitung einstellbar.



04

Beispielrechnung:

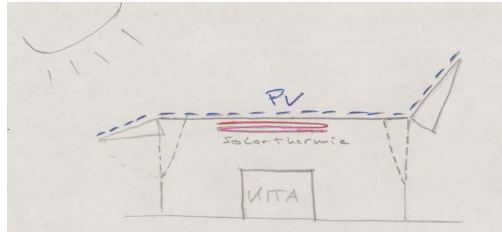
Zur Veranschaulichung wurde ein beispielhaft ein System, bestehend aus einem 5 m langen Stahlschwert mit aufliegender Glasplatte untersucht. Das Schwert kann um einen festen Rotationspunkt gedreht werden, wenn ein 0,5 m darüber liegender Punkt tangential bewegt wird. Die aufzunehmende Kraft in diesem Punkt wurde berechnet und ein entsprechender Hydraulikzylinder ausgewählt. Dieser kann eine Kraft von 120 kN ausüben. Bei einer Hublänge von 23 cm rotiert das Stahlschwert um ca. 25°. Als Arbeitsmedium wurde Hydrauliköl gewählt. Es wurde für eine Rotation um 25° eine erforderliche Länge der wärmeaufnehmenden Leitung ($d=1,5\text{ cm}$) für eine Temperaturdifferenz von 100 K von 111 m berechnet. Diese Beispielkonstruktion kann noch stark optimiert werden, zeigt aber, dass die Technik prinzipiell funktioniert.



05

04 Kraftvolle Thermohydraulik - Prinzip

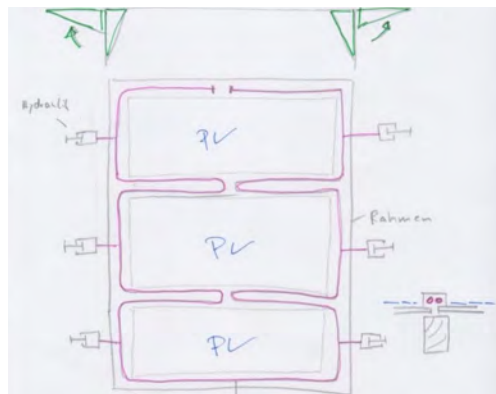
05 Beispielrechnung



06

Für die Anwendung im konkreten Fall einer Klimahülle wären großformatige Schwerter denkbar, die sich ab einem bestimmten Wärmedruck öffnen. Denkbar ist ebenfalls die eine Bestückung mit PV-Modulen. Der Rotationsgrad jedes Schwerter könnte so eingestellt werden, dass die aufliegenden Module immer zur Sonne hin gerichtet sind.

Bei einer Rahmenkonstruktion könnten die Hydraulikleitungen auf den Rahmen angeordnet werden, so dass sie von unten nicht sichtbar sind. Der Öffnungsgrad der einzelnen, klappbaren Schwerter könnte über unterschiedliche Ventile variiert werden, die alle an einer Leitung angeschlossen sind. Eventuell anfallender Überdruck bei zu hoher Sonneneinstrahlung könnte in einen Überdruckspeicher entweichen.



07

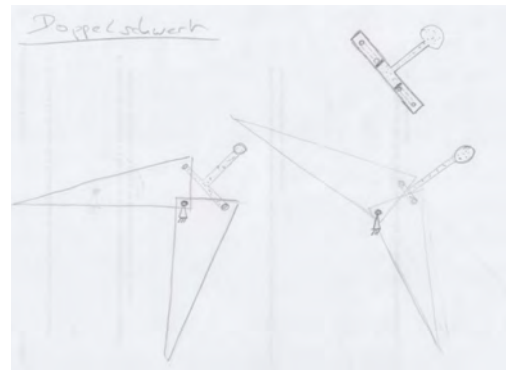
06 Thermohydraulisch angetriebene Seitenschwerverter

07 Anordnung der Leitungen und Ventile bei einer Klimahülle als Rahmenkonstruktion

08 Skizze Doppelschwert

09 Aufklappendes Stadionsdach {Schlauch #56}

Denkbar wären ebenfalls Doppelschwerter, die eine Öffnung von sowohl Fassaden- als auch von Dachelementen mit nur einem Antrieb ermöglichen würden. Der an eine wärmeaufnehmende Leitung angeschlossene Hydraulikzylinder besäße eine Druckkammer und zwei Stempel, die Kraft in zwei Richtungen ausüben und so beide Schwerter gleichzeitig bewegen.



08

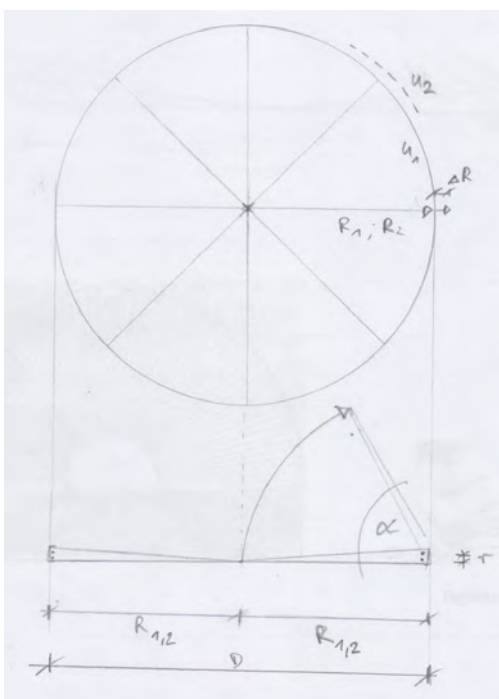
Überall, wo ein Kragarm über ein Kräftepaar aus Druck- und Zugkraft gehalten werden kann, ist die Bewegung mittels Hydraulikzylindern denkbar. Moderne Stadionsdächer nehmen die durch Auskragungen entstehenden Biegemomente über in sich kurzgeschlossene Druck- und Zugringe auf, so dass nur vertikale Auflagerlasten von der übrigen Konstruktion aufgenommen werden müssen. In den Innenraum reichende Kragarme könnten über eine Drehbewegung nach oben rotieren und so das Dach öffnen.

Die Kragarme werden durch einen oben liegenden Druck- und einen unten liegenden Zugring gehalten.

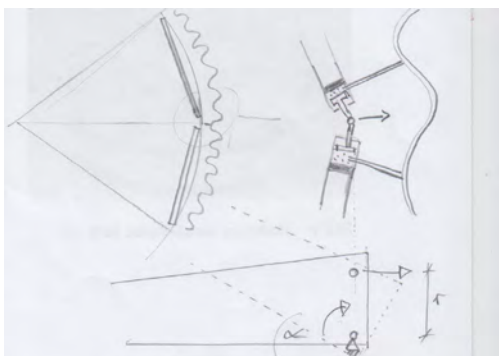


09

Der Druckring könnte als n-Eck ausgeführt werden. An den Schnittpunkten zweier so entstehender gerader Druckelemente könnten Thermohydraulikzylinder angeordnet werden, die den Schnittpunkt nach außen schieben und so die Rotation der Kragarme bewirken. Gespeist werden die Zylinder mit Hydrauliköl aus einer außenliegenden Leitung, deren Länge variiert werden kann und durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird.



10



11

Fazit

Vorgelegt wurden Ideenskizzen einer neuartigen Antriebstechnik für bewegliche Elemente im Bauwesen. Es wurden bisher noch keine fundierten wissenschaftlichen Untersuchungen diesbezüglich durchgeführt. Nachstehend werden die Vorteile dieser Technik sowie eventuelle Problemstellungen dargestellt. Die Technik ist eine Kombination aus konventioneller Hydraulik und der Wärmeausdehnung von Stoffen. Hydrauliksysteme sind geräuscharm, kraftvoll und führen die Bewegung lastunabhängig und gleichmäßig durch. Große Bauteile können mit relativ kleinen Antrieben bewegt werden. In Kombination mit einem sich durch Sonnenenergie ausdehnenden Hydrauliköl in einer langen Leitung ergeben sich weitere Vorteile. Die Antriebsenergie kommt direkt von der Sonne und ist daher kostenlos. Bei optimaler Einstellung ist keine zusätzliche Steuerung nötig. Eine eventuelle Einflussmöglichkeit besteht in der Steuerung der Einlassventile der Hydraulikzylinder. Demgegenüber steht die wahrscheinlich sehr preisintensive Anschaffung. Es sind lange Hydraulikleitungen erforderlich und eine große Menge an Öl, sowie Ventile und Zylinder. Die Einsparungen in den Energiekosten für den Antrieb über den Lebenszyklus müssten die erhöhten Anschaffungspreise gegenüber konventioneller Hydraulik übersteigen um konkurrenzfähig zu sein. Die hohen Temperaturen und Drücke in den Leitungen stellen ein Gefahrenpotential dar. Der Druck in der Leitung wird am Tag aufgebaut und in der Nacht wieder abgebaut, es wäre nach derzeitigem Entwicklungsstand nur eine Bewegung am Tag möglich. Des Weiteren besteht die Frage, wie das in den Zylinder gepumpte Öl in der Nacht wieder in die Leitung zurück befördert werden kann. Dies ließe sich jedoch durch Anordnung entsprechender Federsysteme (z.B. Schraubenfeder, Luftfeder) lösen. Mögliche Anwendungsbereiche liegen überall dort, wo große Elemente bewegt werden

10 Schnitt mit beweglichen, thermohydraulisch angetriebenen Kragarmen

11 Detailansicht eines Schnittpunktes zweier Druckelemente

müssen und/oder große Kräfte erforderlich sind. Es sind große, wandelbare Klimahüllen beispielsweise für zusammenhängende Gewerbegebiete denkbar oder auch Sportbauten und Schwimmbäder, die sich im Sommer öffnen und schließen ließen. Ebenfalls sind Skulpturen denkbar, die sich je nach Einstrahlungsintensität bewegen und somit den Sonnenverlauf über den Tag hinweg nachempfinden könnten.

Lerneffekt durch Wandelbarkeit

Durch eine wandelbare Klimahülle kann neben des energetischen Nutzens und der Verbesserung der Aufenthaltsqualität auch ein didaktischer Mehrwert geschaffen werden. Die Kinder sollten die Technik in ihrer Umgebung kennenlernen und verstehen können. Anhand einfacher Lehrbeispiele könnte genutzten Prinzipien erklärt werden. Beispielsweise gibt es Spielzeuge, die sich aufgrund von aufgesetzten PV-Modulen bewegen können. Würde die Energie für die Wandelbarkeit ebenfalls durch PV-Module bereitgestellt werden, könnten die Kinder im Kleinen wie auch im Großen erlernen, wie verschiedene Energieformen ineinander umgewandelt werden und welches Potential in der Sonnenenergie steckt. Das Gleiche gilt für Windenergie und andere Energieformen. Mechanische Sachverhalte wie das Hebelgesetz könnten die Kinder ebenfalls spielerisch erlernen.



12 Solarspielzeug {1asolar #57}

12

Referenzen

- [1] 2003. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke 91.010.030.
- [2] Albert, A. and Schneider, K.-J. 2010. Bautabellen für Ingenieure. Mit Berechnungshinweisen und Beispielen. Werner, Neuwied.

Wartung

Zusätzlich zu den Baukosten fallen bei jedem Gebäude laufende Kosten für Unterhalt und Wartung an. Bei Glasbauten sind ein nicht zu vernachlässigender Posten dabei die Kosten für regelmäßige Reinigung.

Grundlage für eine sichere und wirtschaftliche Reinigung ist die gute Erreichbarkeit aller Glasflächen. Das kann mit festinstallierten oder mobilen Einrichtungen erreicht werden.

In einem vergleichbaren Bau, der Klimahülle in Herne, wird einmal jährlich die Fassade von Innen und Außen mit Hilfe eines mobilen Hubkrans gereinigt. Die Gesamtkosten für über 7.000m² Glasfassade betragen um die 20.000€. Das Dach reinigt sich durch das abfließende Regenwasser von selber und musste seit dem Bau 1999 nur einmal professionell gereinigt werden.

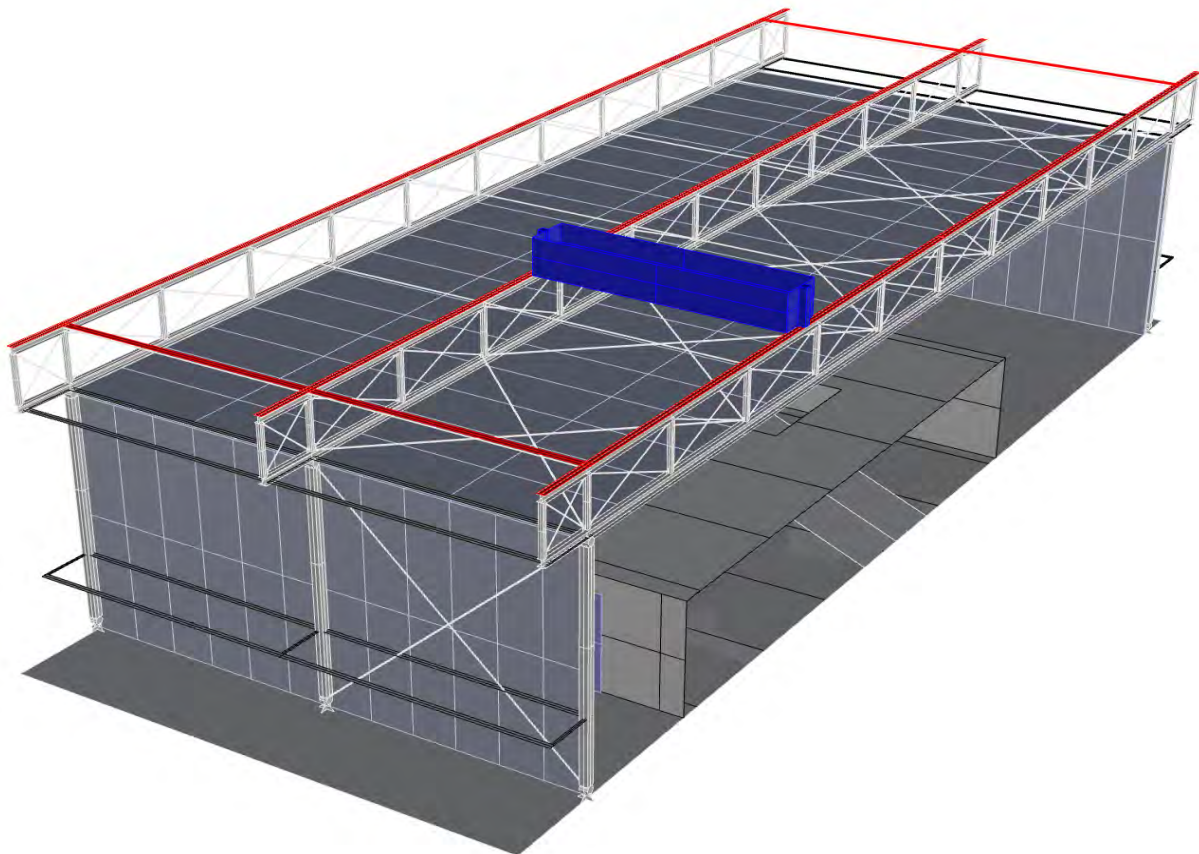
Dagegen heißt es in einem Artikel der Deutschen Bauzeitung, dass Glasdächer mindestens zweimal jährlich gereinigt werden sollten ("150 Kilo auf Zehenspitzen", db deutsche Bauzeitung 06|2005). Ein wirtschaftliches Konzept zur Reinigung des Daches ist damit dringend notwendig.

Denkbar ist ein auf dem Dach festinstalliertes System. Dabei werden die Obergurte der Fachwerkträger als Schienen für einen 6.5m langen Wartungswagen genutzt, der über einem Segment verfahren werden kann. An den Enden sind jeweils weitere Schienen angebracht über die der Wartungswagen in die angrenzenden Segmente wechseln kann.

Sinnvoll ist es die Reinigungsarbeiten in den Wintermonaten oder im Frühling auszuführen bevor die Sonnensegel aus der Membrangarage gefahren werden.

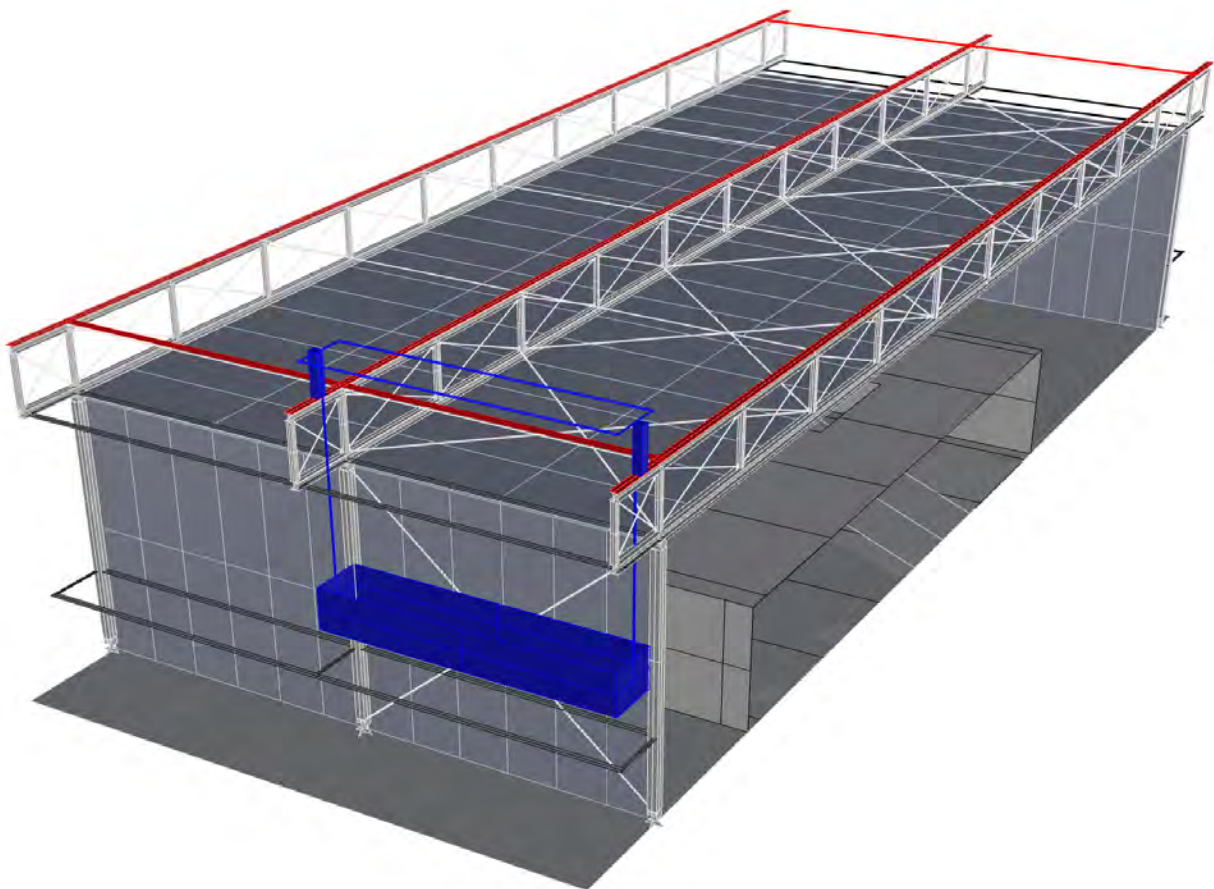
Zum Reinigen der Fassade sind unterschiedliche Systeme denkbar. Eine Möglichkeit zum Reinigen der seitlichen Fassade wäre, den Wartungskorb vom Dach so auszubilden, dass er als Hebebühne an den Fassaden heruntergelassen werden kann. Damit können die schwer zugänglichen Bereiche mit ein und dem selben festinstalliertem System gereinigt und gewartet werden.

Zusätzlich sind Vorder- und Rückseite der Fassade sowie der Innenraum zu putzen. Dafür kann zum Beispiel ein mobiles Gerüst angeschafft werden, dass entweder durch



seitlich Abstützungen oder durch entsprechende Verankerungsvorrichtungen an den Fassadenpfosten gegengekippt gesichert wird. Mit einem solchen System wäre es auch möglich die Innenseite des Daches zu reinigen. Das wäre allerdings sehr aufwendig, da sich beim Verschieben des Gerüsts keine Personen darauf befinden dürfen. Es wäre zu überlegen, einen speziellen Aufbau zu entwickeln, der den Arbeitsplatz auf der obersten Ebene erweitert, um so die erreichbare Glasfläche zu vergrößern.

Geht man davon aus, dass das Dach der Klimahülle viel seltener gereinigt werden muss als die Fassade, so wie das in Herne der Fall ist, dann ist das Reinigen der seitlichen Fassaden vom Dach aus sehr aufwendig. Wegen der auskragenden Fachwerkträger muss der Wartungskorb für das Verfahren zum nächsten Segment erstmal hochgefahren werden. Eine andere mögliche Variante wäre die Reinigung der seitlichen Fassade von dem mobilen Gerüst aus. Dafür müssten die Halterungen der Sonnensegel, die sonst den Platz versperren so gestaltet werden, dass sie abmontiert oder weggeklappt werden können.

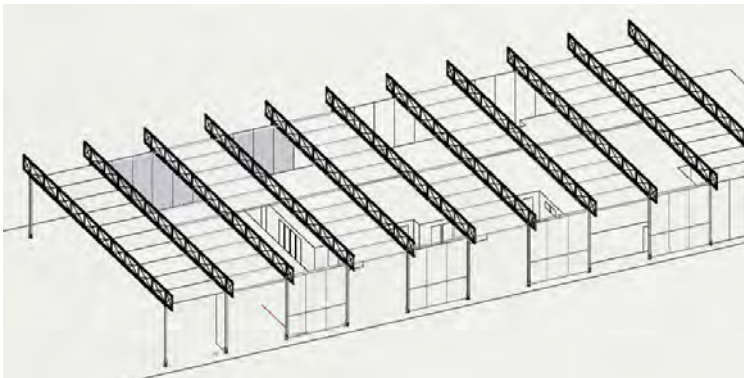
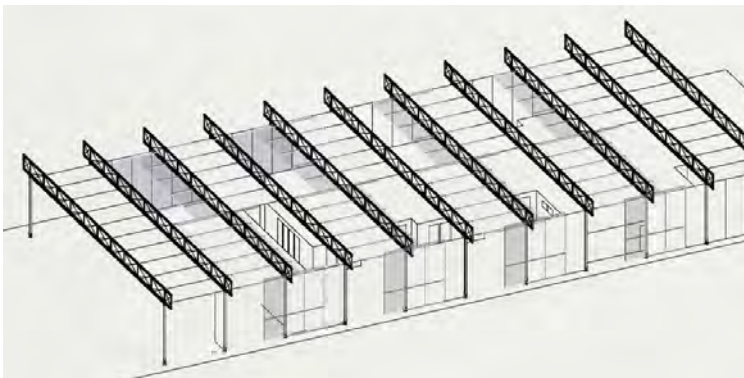
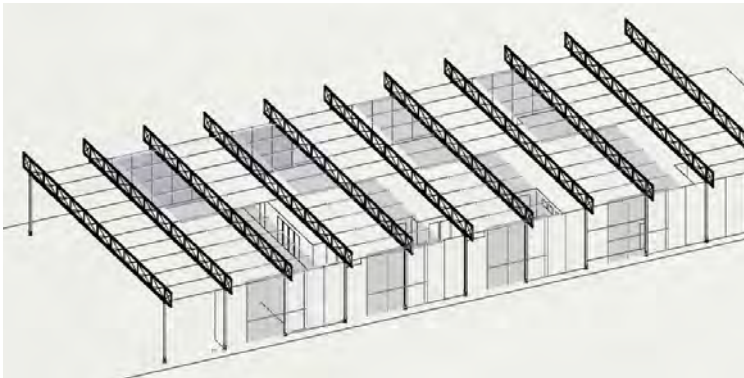
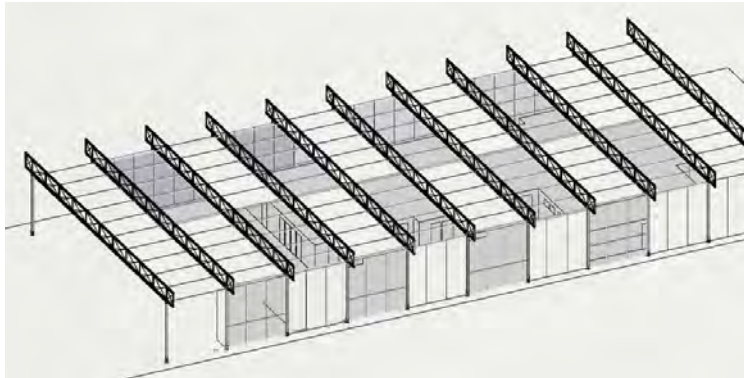


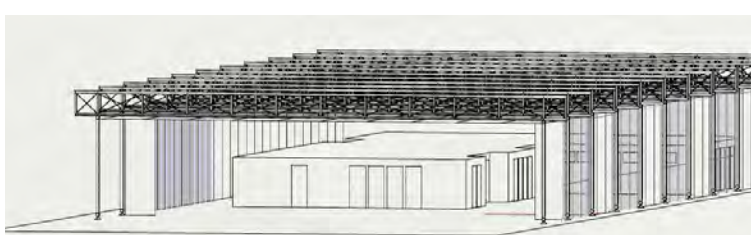
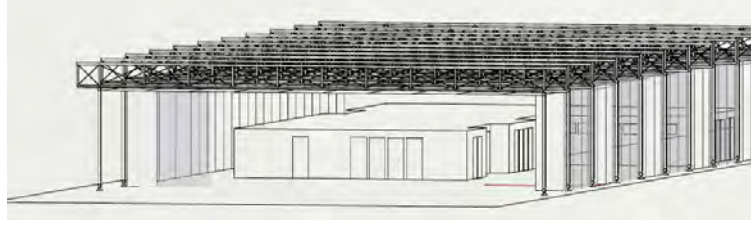
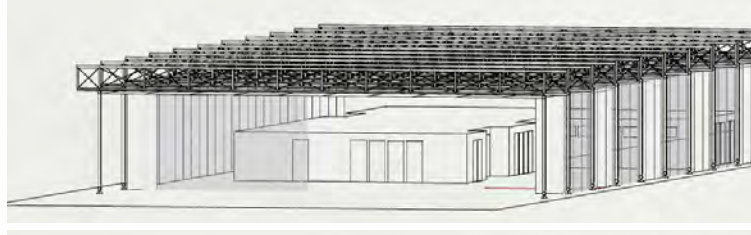
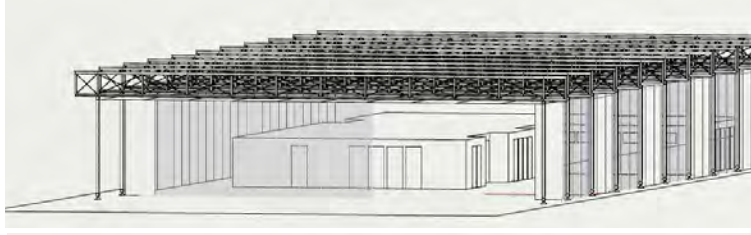
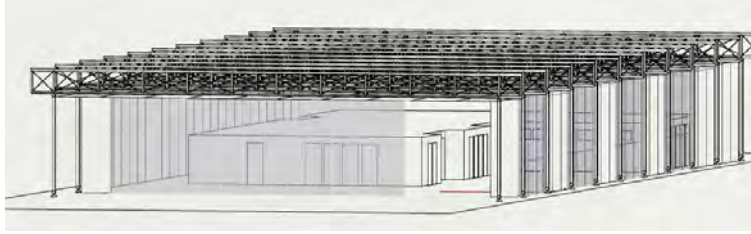
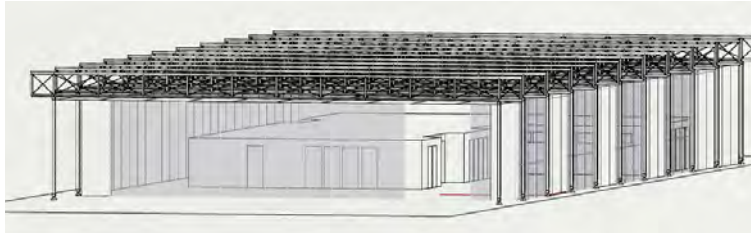
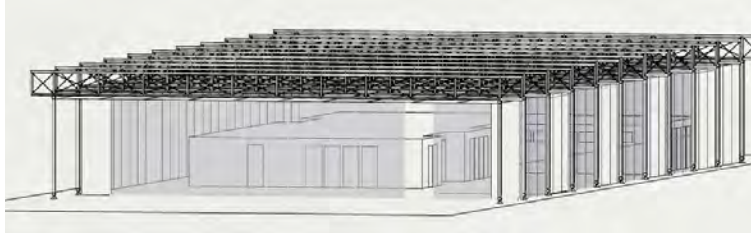
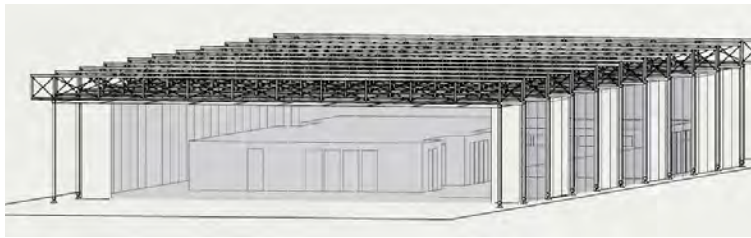
Wandelbarkeit

Ein wichtiger Aspekt des Forschungsprojekts ist die Wandelbarkeit. Die Klimahülle soll großflächig geöffnet werden können, um bei Bedarf frische Luft hineinzulassen und den freien Blick nach draußen zu ermöglichen.

Dafür sind in einer seitlichen Fassade und im Dach schachbrettartig angeordnete Schiebepaneele vorgesehen, die jeweils auf einer Breite von 6.5m geöffnet werden können.

Zusätzlich soll die gesamte vordere Fassade aus 2 Rolltoren bestehen, die den Zugang aus den Gruppenräumen der Kita direkt ins Freie ermöglichen. Dabei rollt das linke, große Rolltor vor die nichtwandelbare Fassade neben der Kita. Das kleine Rolltor rollt hinter das erste feste Fassadenmodul der wandelbaren Seitenfassade.



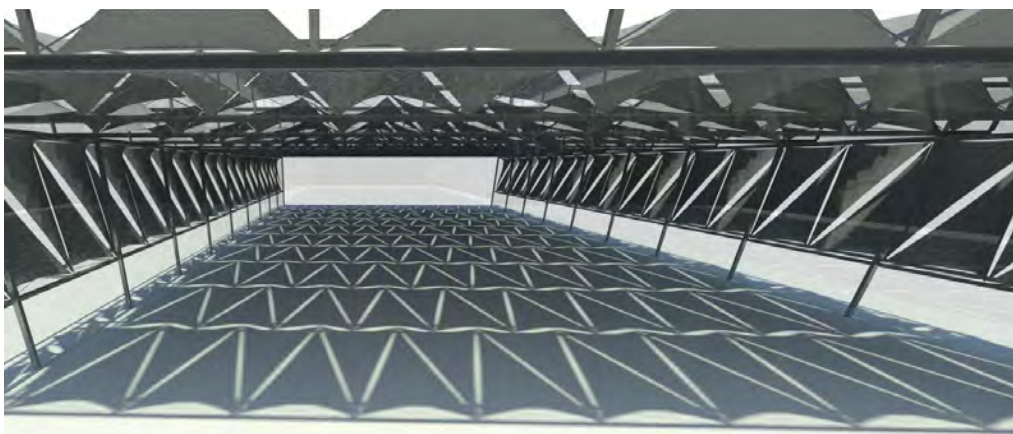
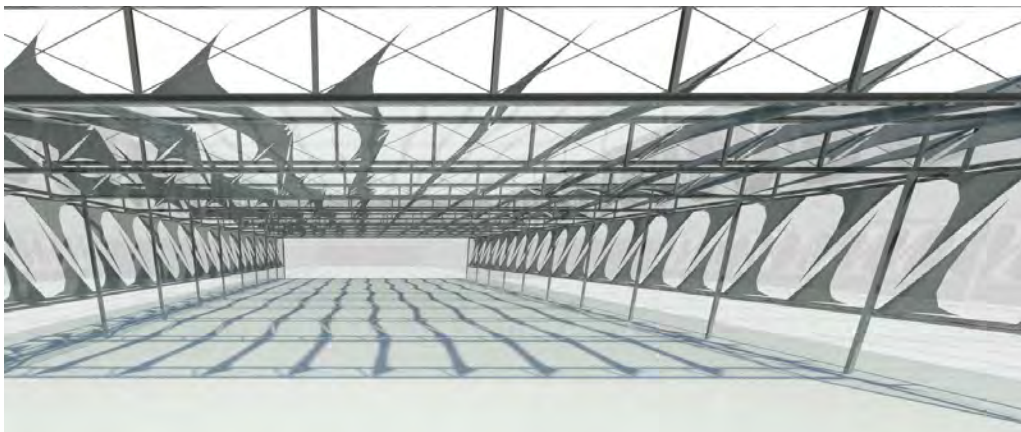
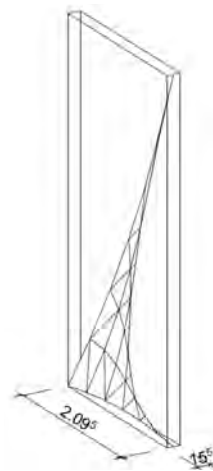
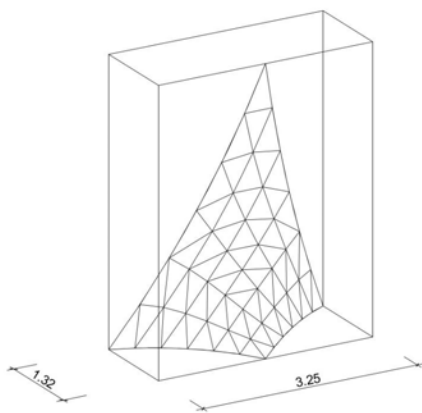


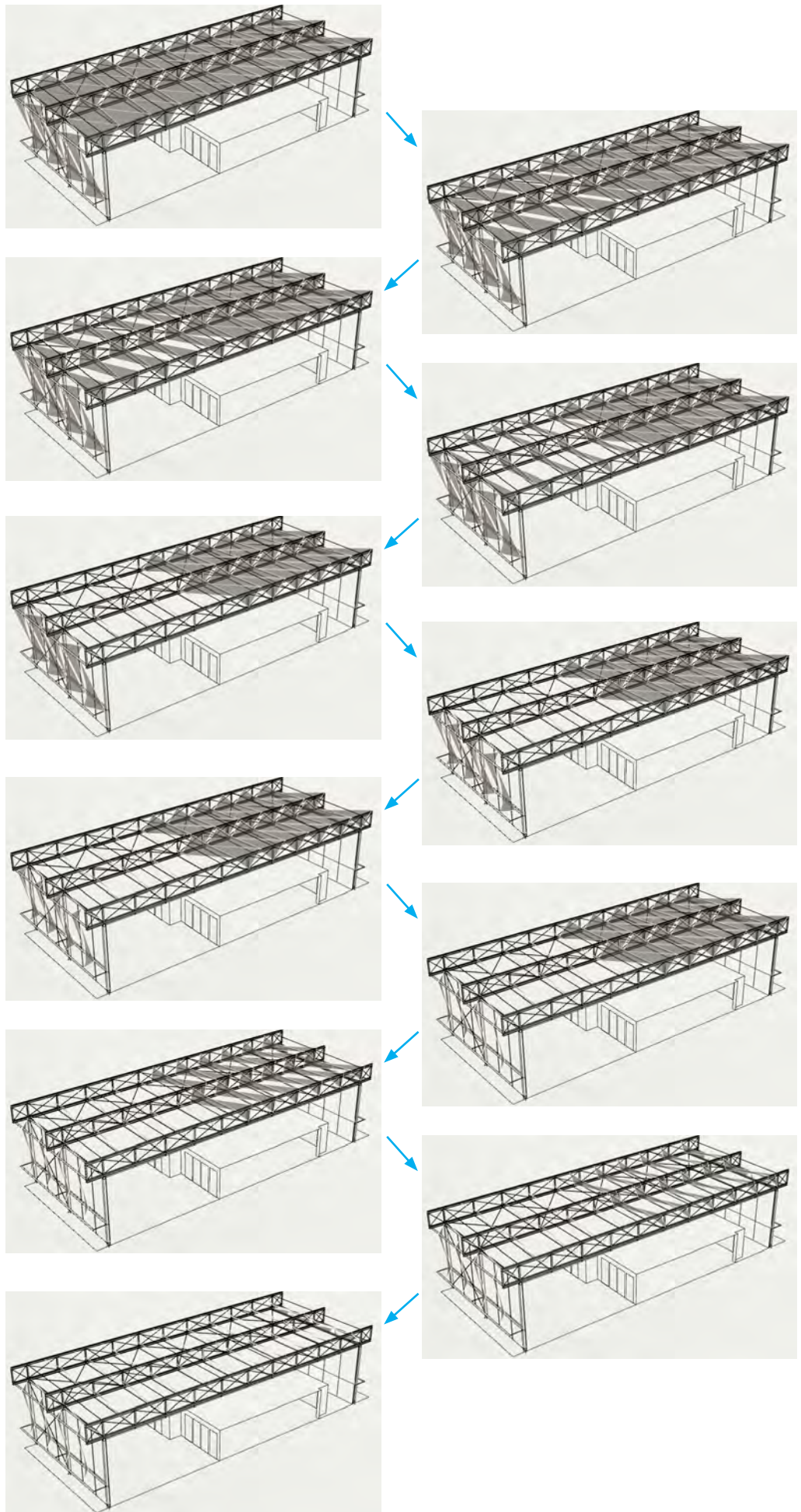
Als außenliegender Sonnenschutz wurden doppeltgekrümmte Membranelemente entworfen, die 2m über dem Boden beginnen und die gesamte Fassade und das Dach verschatten. Die Membranelemente sind auf Schienen gelagert und können im Winter, wenn maximaler Wärmeeintrag gewünscht ist, in eine Membrangarage gefahren werden. Dort sind sie vor Witterung geschützt und müssen nicht konstant vorgespannt sein.

Die Membrane sind an 4 Punkten an den Schienen befestigt. In den Sommermonaten sind jeweils 3 Ecken an vordefinierten Punkten fixiert. Die vierte Ecke kann verschoben werden und bestimmt damit den Öffnungsgrad. Dabei gibt es für 1 Element nur 2

Zustände: offen (als ein flaches Richtung Sonne ausgerichtetes Dreieck zwischen den Schienen) und geschlossen (siehe Abb. ... und ...), im Zwischenbereich ist die Membran nicht gespannt. Das ist damit nur ein Übergangszustand. Dadurch treten die größten Belastungen nur an definierten Punkten auf an denen die Schienen dann gezielt verstärkt werden können. Der Verschattungsgrad der Klimahülle wird also über die Anzahl der geschlossenen und geöffneten Elemente bestimmt.

Der Schattenwurf der Sonnensegel im geöffneten und geschlossenen Zustand sind unten abgebildet. Der Öffnungsmechanismus ist auf der folgenden Seite dargestellt.

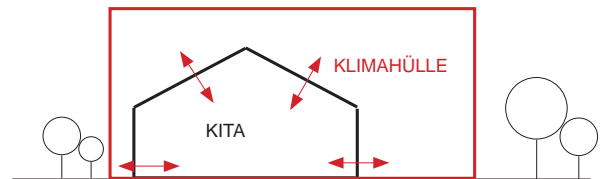




Klimahülle ab 2016_Kostenschätzung nach DIN 276*

300 Baukonstruktion	Material	Spezifikation	1 Modul		10 Module	
			Massen	Kosten (EUR)	Massen	Kosten (EUR)
1. Gründung	Stahlbeton	C 25/30	~ 14,0 m³ 2 x 2,8 m³ 2 x 4,2 m³	~ 12.000 (850 EUR/m³)	140,0 m³	~ 120.000 (850 EUR/m³)
1.1 Streifenfundamente						
1.2 Köcherfundamente						
2. Tragwerk	Baustahl	S 235	~ 14 t 8,5 4,5 1,0	~ 49.000 (3500 EUR/t)	~ 140,0 t	~ 490.000 (3500 EUR/t) (2.100 m²-> 67kg / m²)
2.1 Stützen/ Dachbinder						
2.2 Pfosten-Riegel (Dach/ Fassade)						
2.3 Seile (Dach/ Fassade)						
3. Gebäudehülle	Glas	2-fach VSG	277,0 m² 84,5 m² - 192,5 m²	~ 110.000 (400 EUR/m²)	3.160,0 m² 845,0 m² 2 x 195,0 m² 1.925,0 m²	~ 1.270.000 (400 EUR/m²)
3.1 Fassade Ost/ West						
3.2 Fassade Süd/ Nord						
3.3 Dach						
4. Sonnenschutz	Membrane	PTFE	255,5 m² 58,5 m² 197,0 m²	~ 38.000 (150 EUR/m²)	2.554,0 m² 584,0 m² 1.970,0 m²	~ 380.000 (150 EUR/m²)
4.1 Fassade Ost/ West						
4.2 Dach						
5. Bestandsarbeiten KITA					650m²	~ 180.000
5.1 Abnehmen Bestandsdach					650 m²	
5.2 Neubauten Dach		C 25/30			650 m²	
(6. Sonderbauteile)	Material	Spezifikation		+ ~ 28.000		+ ~ 280.000
5.1 verschiebbares Hangartor (Süd)					194,0 m²	+ ~ 75.000
5.2 verschiebbare Fassadenmodule			43,0 m²	+ ~ 10.000	(10) 423,0 m²	+ ~ 100.000
5.3 verschiebbare Dachmodule			96,2 m²	+ ~ 10.000	(10) 962,0 m²	+ ~ 100.000
Gesamt				~ 195.000		~ 2.440.000
(mit Sonderbauteilen)				(+ ~ 28.000)		(+ ~ 280.000)

* gerundete Werte, Brutto



A2 Anhang zum Themenbereich: Energie und Klimatechnik

Verfasser: **sbp sonne gmbh**

Inhalt (S1. - S 65):

- Klimakonzepte:

- Allgemeine Konzepte/ Ideen Potentiale
- Eisspeicher, gebäudeintegrierte Photovoltaik, etc.

- Simulation der Kita Tabaluga:

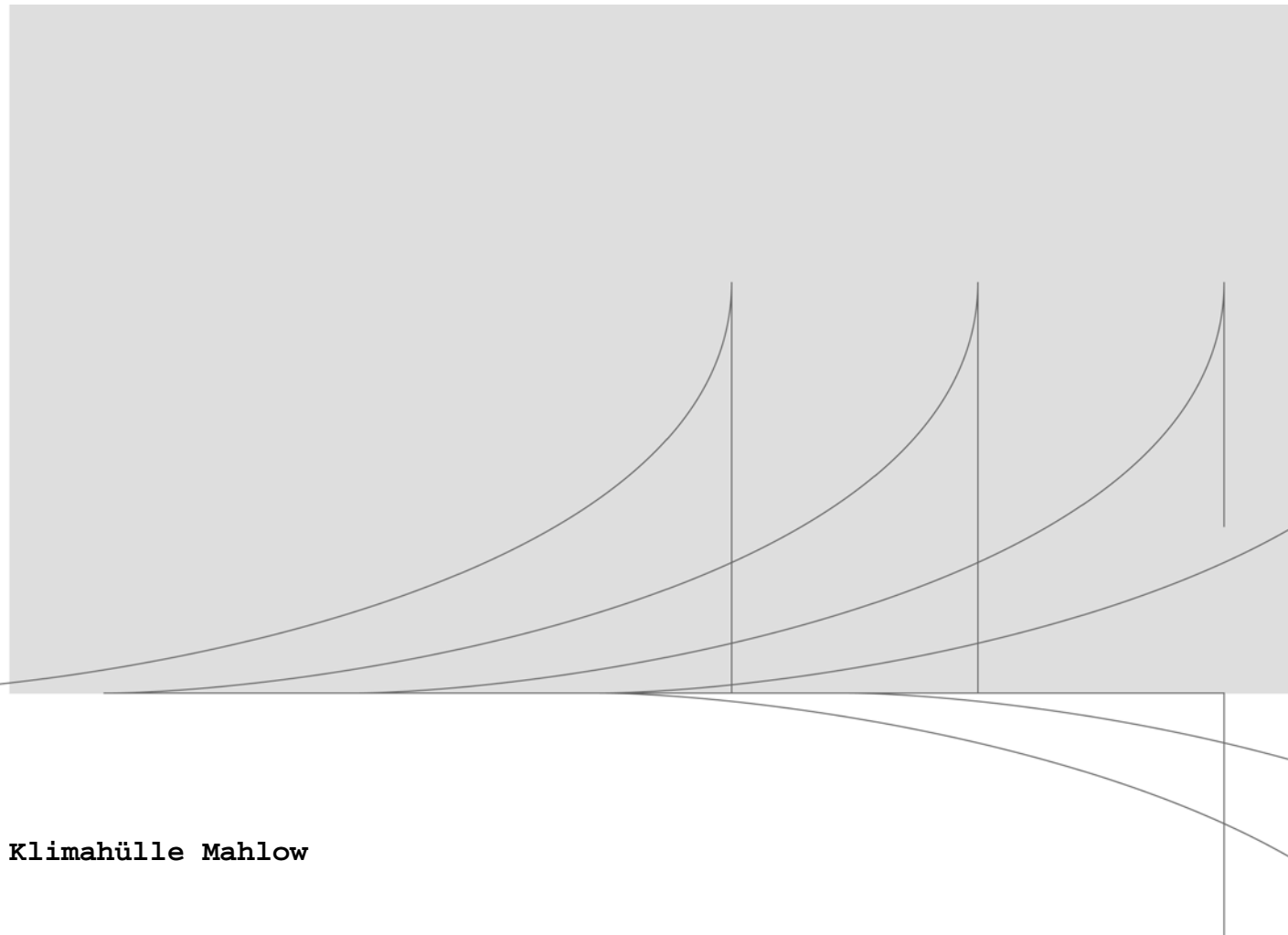
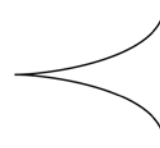
- Ergebnisse, Verbrauch

- Simulation der verschiedenen Klimahüllenvarianten:

- Thermische Behaglichkeit
- Parametervariation
- Ergebnisse
- Definition der Anforderungen
- Maßnahmen, um die Anforderungen einzuhalten

- Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

- **Kostenschätzung:** Technische Anlagen (Kostengruppe 400)



Klimahülle Mahlow

Anhang 2: Energie- und Klimasimulationen

**schlaich bergemann
und partner**

Beratende Ingenieure für
Erneuerbare Energie
Schwabstrasse 43
70197 Stuttgart

3.2	Betriebswirtschaftliche Analyse - Kosten der Umweltentlastung	44
Anhang 1:	Angebot Eisspeicher Firma Viessmann	52
Anhang 2:	Technische Informationen und Richtpreise für ausgewählte technische Komponenten	57
Anhang 3:	Kostenschätzung 400 Technische Anlagen	64
Quellen	65

0 Einführung

Im Folgenden werden nun die energetischen Betrachtungen zur Klimahülle beschrieben. Wegen der vollständigen Verglasung des Bauwerks musste hier ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung eines Belüftungskonzepts geworfen werden, damit Überhitzungen durch den Glashauseffekt möglichst vermieden werden.

0.1 Allgemein

Im Vorfeld wurden einige Projekte genauer betrachtet, die viele Anregungen brachten und Möglichkeiten aufzeigten, die später genauer untersucht wurden.

Eden Project:



Das Eden Project [1] zeigt, dass mit einer abgeschlossenen transparenten Hülle mit entsprechenden Maßnahmen verschiedenste Klimazonen simuliert werden können. Die riesigen Kuppeln führen jährlich Millionen Menschen durch tropische oder subtropische Landschaften mit aufwändig angelegten Gärten.

Solarfabrik:



Die Solarfabrik [2] in Freiburg hat eine Nullemissionsfabrik gebaut. Das Gebäude ist ein gutes Beispiel, wie PV Anlagen in die Fassade integriert werden können. Die Südfassade ist komplett verglast, durch die dahinter liegenden Flure kann die Luft frei nach oben strömen.

Die PV-Module werden sowohl zur Energieerzeugung als auch zur Verschattung der Fassade bei hochstehender Sonne genutzt. Sie fungieren also auch als Lichtbretter, die Überhitzung vermeiden bzw. die Kühllast im Sommer senken.

Abbildung 1: Solar-Fabrik, ©Solar-Fabrik AG, Freiburg

Galaxy Energy:

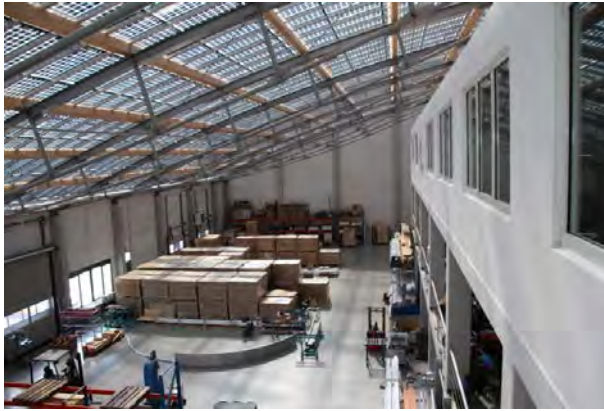


Abbildung 2: Lagerhalle der Firma Galaxy Energy

Galaxy Energy [3] hat bei dem Bau des Firmengebäudes auf die Hauseigenen PV-Indachsysteme gesetzt. Die PV-Anlage schützt vor Wind und Wetter, ermöglicht aber gleichzeitig durch die teilweise transparenten Module eine gute Beleuchtung des Innenraums. Das gekrümmte Luft- und wasserdichte Dach schützt zwar nur wenig vor Kälte im Winter, aber die Module, die einen ca. viermal so hohen Wärmeeintrag wie elektrischen Ertrag bringen, erwärmen die Luft. Im Sommer strömt die warme Luft einfach durch Öffnungen am höchsten Punkt des Dachs nach draußen. Durch diese Luft-

strömungen werden die Module gekühlt, was zu einem höheren Wirkungsgrad und somit bei gleicher installierter Leistung zu einem höheren elektrischen Ertrag führt. Außerdem wird ein Eisspeicher eingesetzt, der im Sommer zur Wärmeabfuhr dient und im Winter mittels Wärmepumpe zum Heizen der Büroräume genutzt wird.

Playmobil Glashaus HOB-Center:



Abbildung 3: Glashaus im Playmobil-Fun Park

Bei der Planung des HOB-Centers im Playmobil-Fun Park wurde das Ziel verfolgt, bei einer großflächigen Verglasung des Gebäudes möglichst energieeffizient für behagliche Temperaturen zu sorgen. Dies wurde dann letztendlich nach vielen umfangreichen Simulationen und Untersuchungen durch eine aufwändige Gebäudetechnik und ein ausgeklügeltes Belüftungssystem realisiert. Nur etwa 40 % der maximalen Kühllast werden durch maschinelle Systeme abgeführt, der Rest durch natürliche Lüftung durch Klappen in der Fassade. Ein besonderes Augenmerk wurde

auch auf die Vermeidung von Behaglichkeitsdefiziten durch lokale Zugluferscheinungen oder Kaltluftabfall gelenkt.

Unilever Hamburg:



Abbildung 4: Unilever-Haus in Hamburg

Das Unilever-Haus in Hamburg will als Zentrale für ein offenes Netzwerk verstanden werden, dementsprechend wurde das Gebäude geplant und gebaut [3]. Die einzelnen Etagen werden durch viele Brücken, Stege und Treppen vernetzt und der Betrachter hat fast überall einen guten Blick nach draußen.

Obwohl das Gebäude einen sehr hohen Grad an Transparenz hat, konnte auf eine herkömmliche Sonnenschutzfassade verzichtet werden, da das Haus eine zweite vorgehängte Fassade hat. Diese zweite Haut besteht aus einer transparenten ETFE-Folienkonstruktion [4]. Diese vorgesetzte Fassade

schützt vor Wind und der Fassadenzwischenraum kann so zur Fensterlüftung des Gebäudes genutzt werden.

Diese Objekte zeigen, dass erhebliche Maßnahmen getroffen werden müssen, um den Glashauseffekt zu kompensieren. In diesem Projekt wird auf eine Verschattung durch Sonnensegel gesetzt. Auf den Einsatz von Sonnenschutzverglasung wird bewusst verzichtet, dafür wird nicht isolierendes Glas eingesetzt, das eine hohe Wärmetransmission durch die Gebäudehülle ermöglicht. Um Temperaturspitzen zu glätten und Überhitzungen zu vermeiden, soll eine Kombination aus natürlicher Lüftung durch die Fassade und maschinelle Belüftung und Kühlung durch Erdkanäle bzw. einem Eisspeicher geplant werden.

0.2 Randbedingungen / Meteorologische Daten

Um technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösungen zur Energiebedarfsdeckung mit erneuerbaren Energien identifizieren zu können, ist zunächst eine möglichst exakte Kenntnis der meteorologischen Bedingungen am Standort erforderlich. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde ein Wetterdatensatz verwendet, der vom US Department of Energy zur Verfügung gestellt wird [1]. Die Wetterdaten basieren auf WMO/ASHRAE-Daten [4], [5]. Da für Mahlow keine geeigneten Daten verfügbar sind, wird auf die entsprechenden Wetterdaten für Berlin zurückgegriffen. Die wichtigsten Daten sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

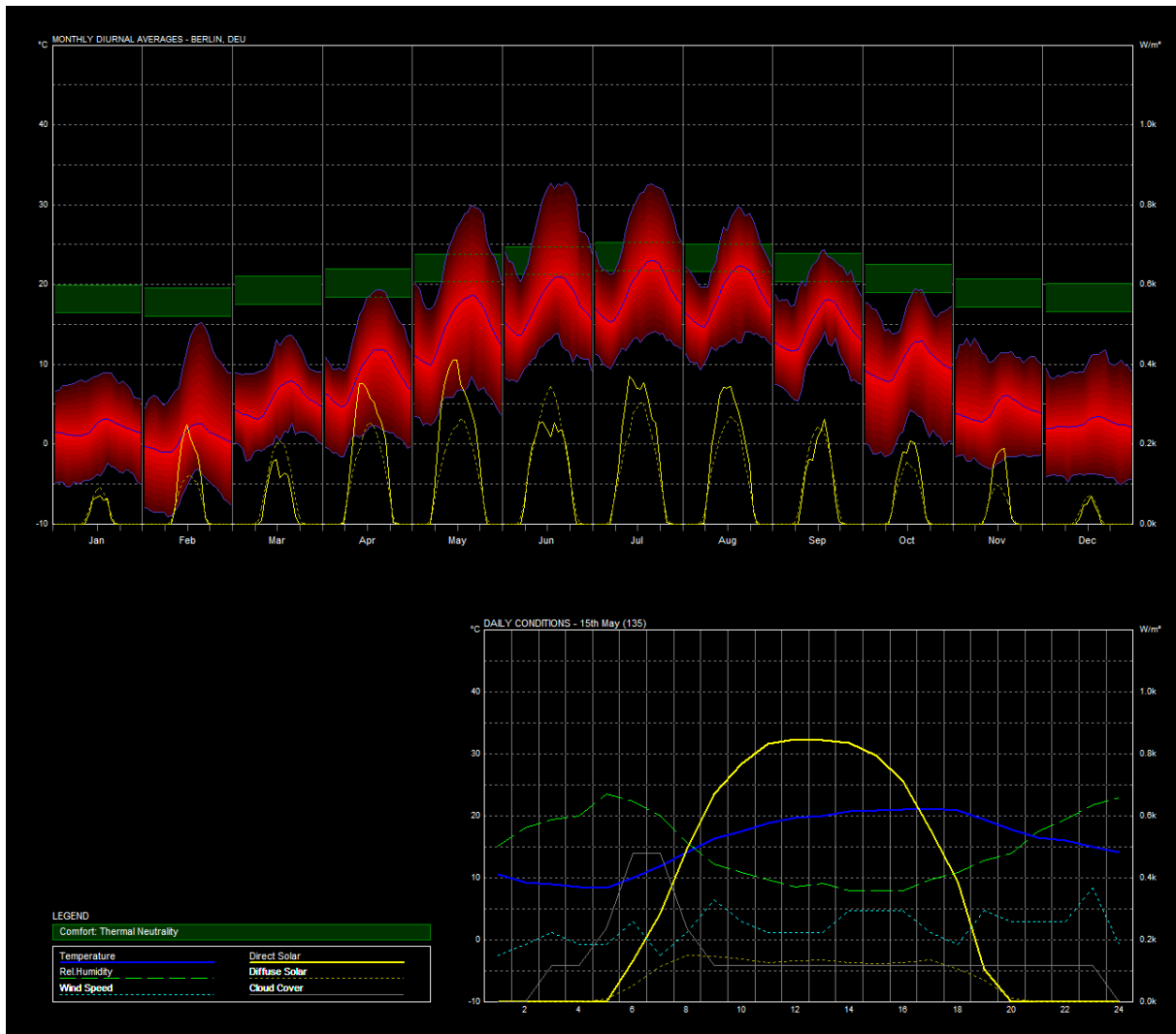


Abbildung 5: Wetterdaten für Berlin - Übersicht

Abbildung 5 zeigt typische Verläufe der direkten Solarstrahlung (gelb), Temperatur (roter Bereich mit blauen Begrenzungen) und des thermischem Komforts (grünes Band) für die 12 Monate des Jahres (oben) und einen Beispieltag (unten rechts).

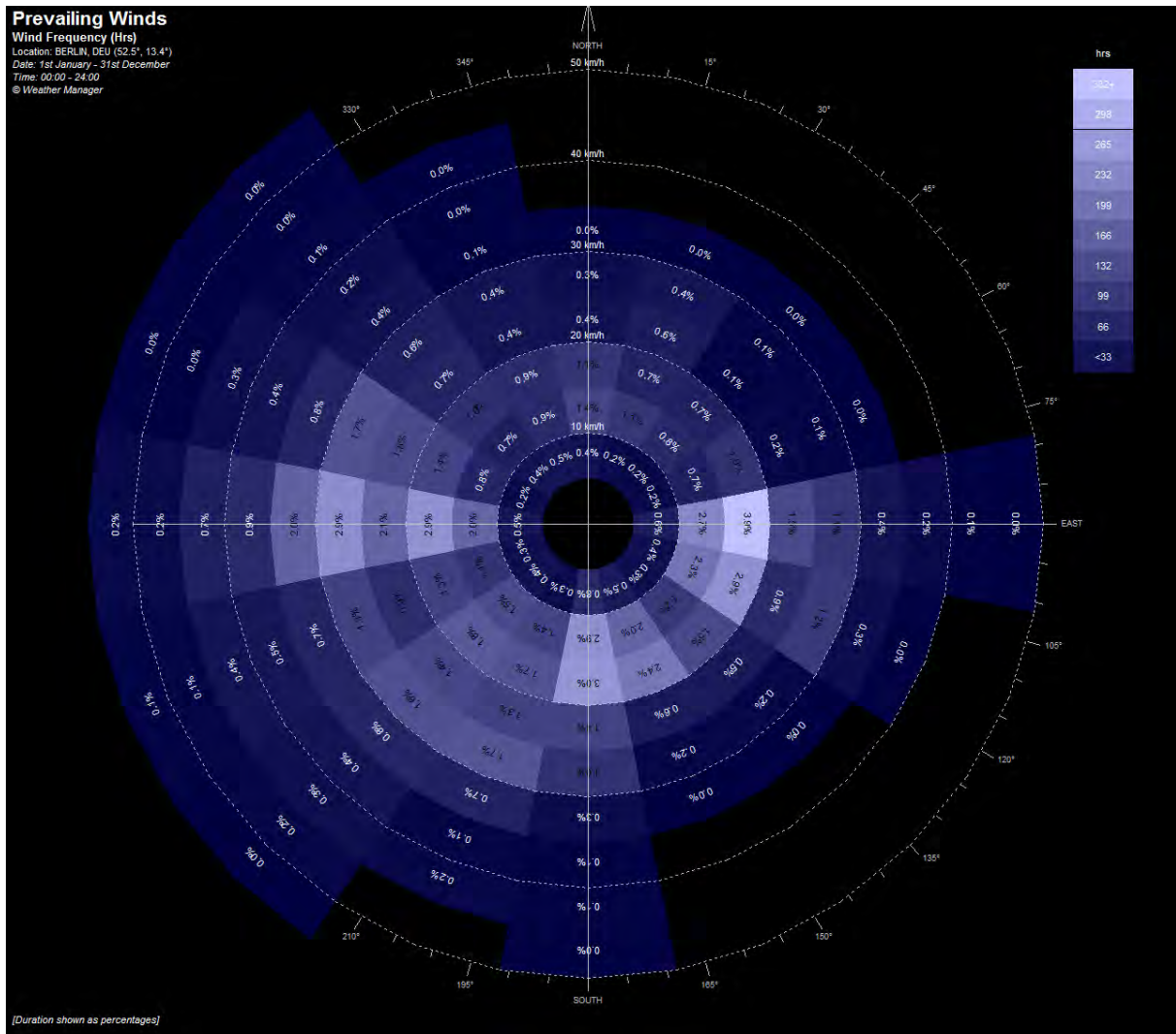


Abbildung 6: Windrose für Berlin (B):

Abbildung 6 stellt eine Windrose dar. Zu sehen ist die Häufigkeit des Auftretens der Kombinationen aus Windrichtung und Geschwindigkeit. Je höher die Häufigkeit (Angegeben in Stunden pro Jahr und Prozent der Stunden eines Jahres), desto heller ist der Blauton.

Diese Wetterdaten stehen im epw-Format [6] als Stundendaten (d.h. für jede Stunde eines typischen Jahres sind die Werte für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit etc. angegeben) zur Verfügung; sie werden für die spätere Simulation des Bestandsgebäudes und der Klimahülle verwendet.

Um die Möglichkeiten der Solarenergienutzung und einer Windkraftnutzung abschätzen zu können, müssen insbesondere die Solarstrahlungsdaten und die Windgeschwindigkeiten bekannt sein.

Globalstrahlung monatlich

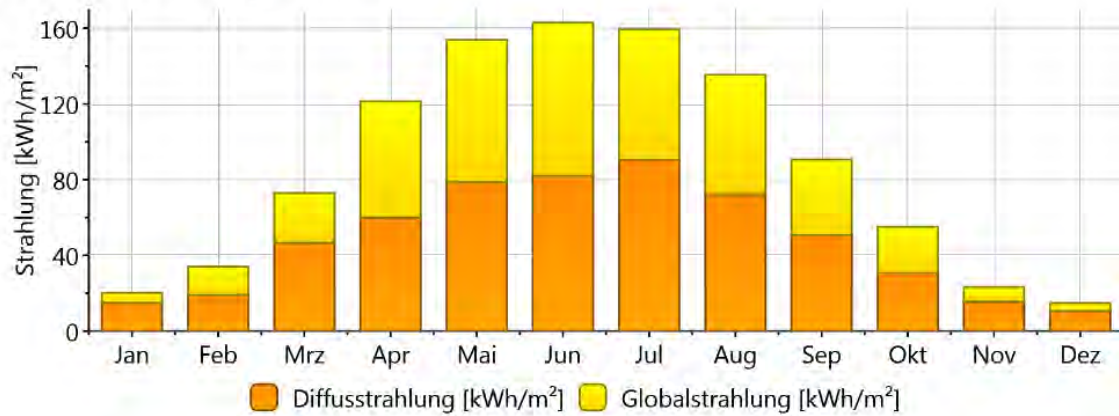


Abbildung 7: Solarstrahlungsdaten für Berlin [7]

Abbildung 7 zeigt die monatliche Strahlungsenergie. Dargestellt sind Diffus- und Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche. Deutlich zu sehen sind die großen jahreszeitlichen Unterschiede.

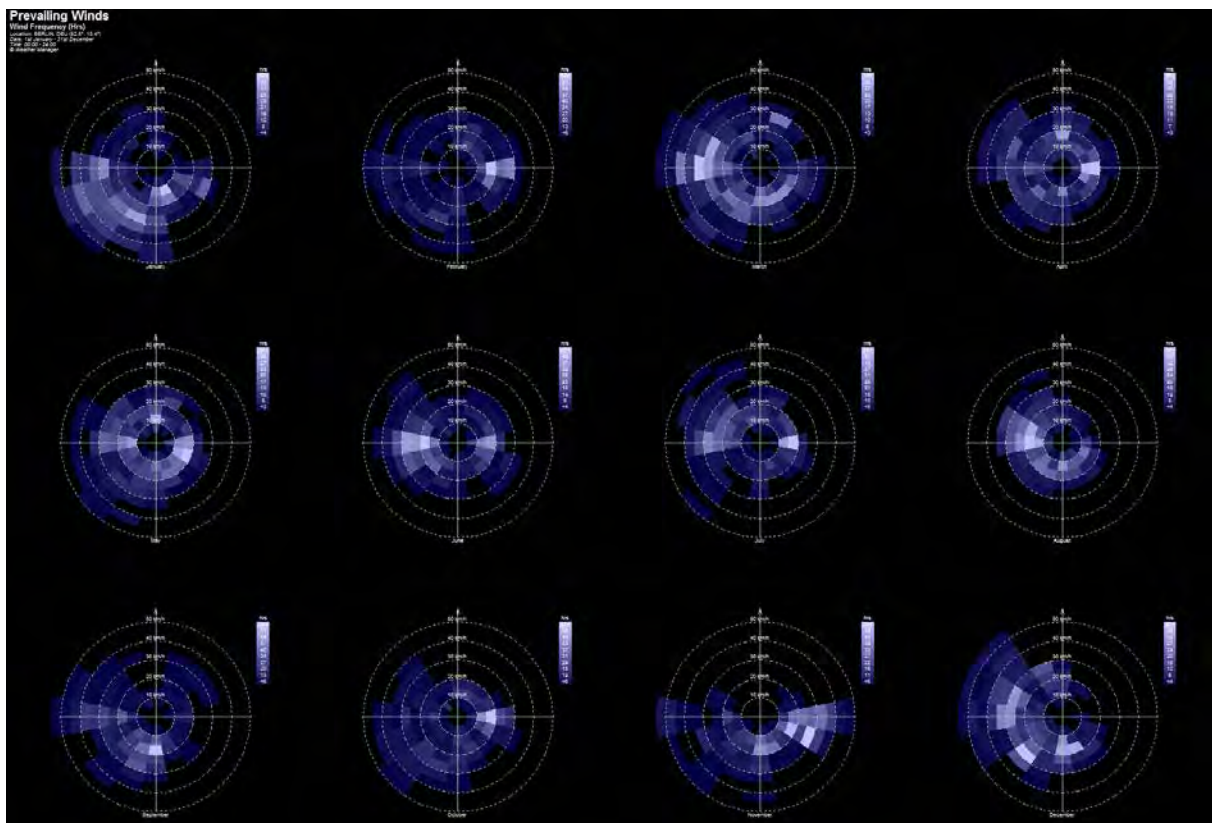


Abbildung 8: Windgeschwindigkeiten für Berlin für die 12 Monate des Jahres.

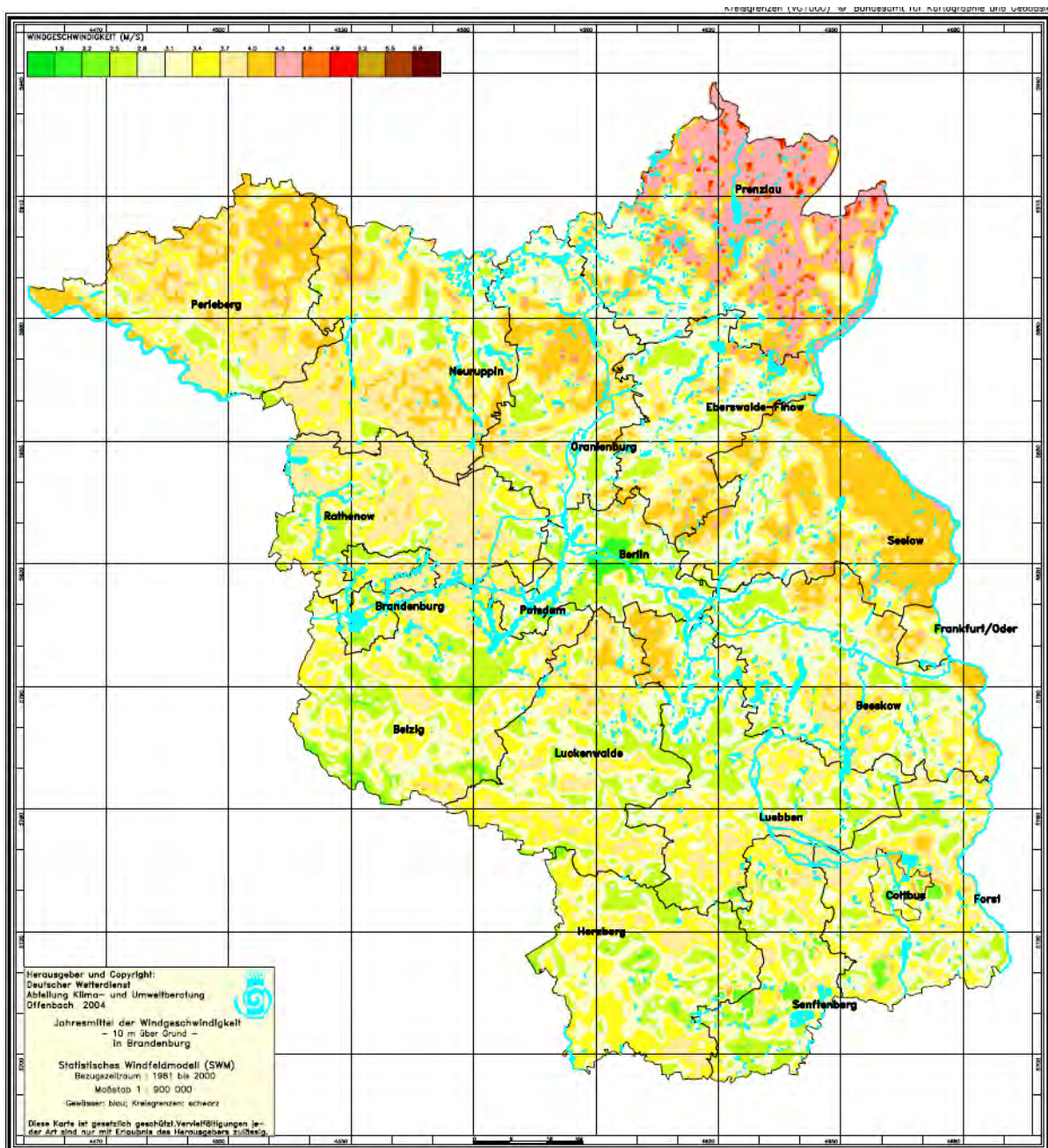


Abbildung 9: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit 10 m über Grund in Berlin und Brandenburg

In Abbildung 9 sind die Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund dargestellt. Die Werte liegen im Bereich von rund 2 m/s; eine sinnvolle Nutzung der Windkraft mit kleinen Windkraftanlagen ist damit nicht möglich.

0.3 Der Bestand

Die Kita Tabaluga befindet sich in Blankenfelde-Mahlow in Berlin. Sie wurde 2003 nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV vom 16.11.2001) [8] gebaut. Der Jahresprimärenergiebedarf ist dementsprechend niedrig: Aktuell beträgt der spezifische Bedarf der Kita an Heizenergie etwa 93 kWh/m²a, entsprechend knapp 9 l Heizöl/m²a bzw. etwa 9 m³Erdgas/m²a. Der jährliche Stromverbrauch beträgt insgesamt knapp 20.000 kWh/a.

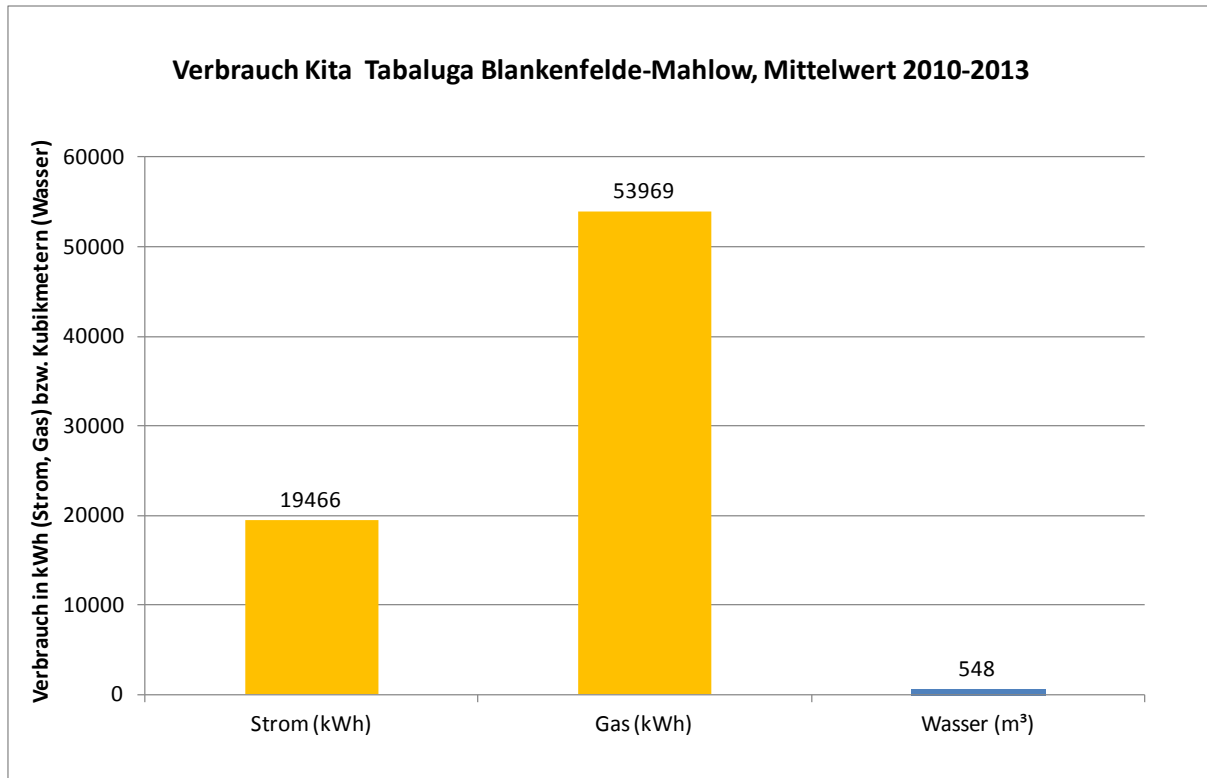


Abbildung 10: Verbrauchswerte für die Kita Tabaluga in Blankenfelde-Mahlow

Nach Abbildung 10 wurden jährlich typischerweise rund 20'000 kWh elektrische Energie, 54'000 kWh Gas und 550 m³ Wasser verbraucht (Mittel 2010-2013). Diese Werte alleine sagen noch nicht sehr viel aus. Um einen Hinweis darauf zu erhalten, welche Investitionen zur Senkung des Bedarfs wirtschaftlich sinnvoll sein könnten, wurden spezifische Bezugskosten geschätzt (Tabelle 1), und dann die jährlichen Kosten ermittelt.

Tabelle 1: Spezifische Kosten für Strom-, Gas- und Wasserbezug (Schätzung)

spezifische Kosten (Schätzung)	Wert	Einheit
Strom	0.25	€/kWh
Gas	0.07	€/kWh
Wasser	4.24	€/m ³

Die jährlichen Kosten für Energie- und Wasser sind in Abbildung 11 dargestellt. Am höchsten sind die Stromkosten mit knapp 5000 € pro Jahr; diese werden tendenziell wegen steigender Bezugskosten steigen. Dem kann voraussichtlich nur begrenzt durch Energieeffizienzmaßnahmen (z.B. LED-Leuchtmittel) entgegengewirkt werden.

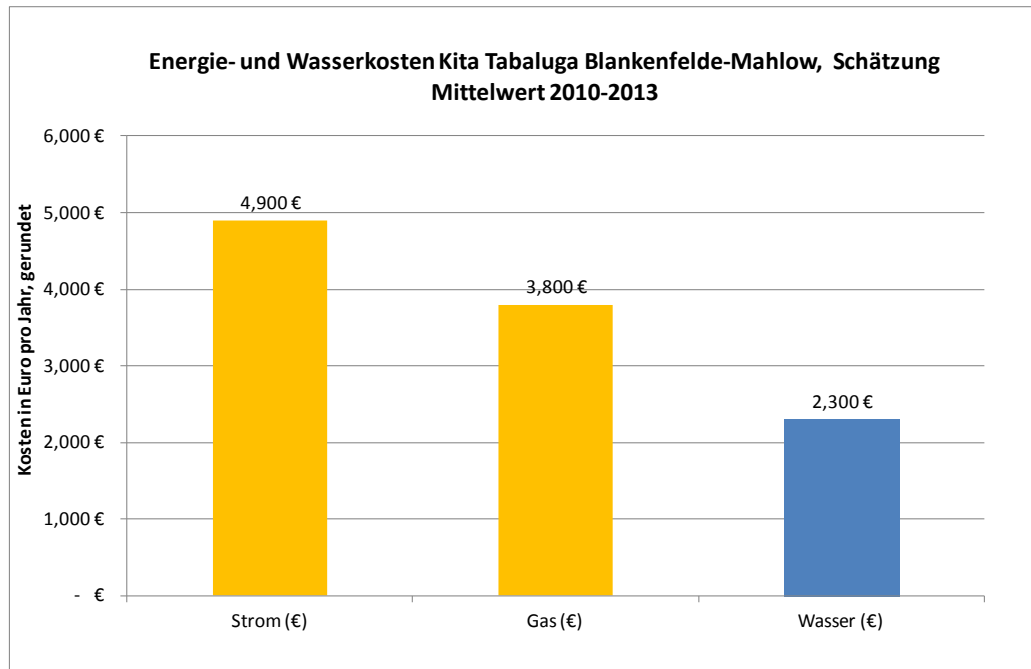


Abbildung 11: Jährliche Energie- und Wasserkosten für Kita Tabaluga, Mahlow

Nach Annahme eines Bewertungshorizonts von zehn Jahren und einer anzusetzenden Verzinsung von 2,5 % wurden daraus die Barwerte bestimmt. Diese sind in Abbildung 12 dargestellt.

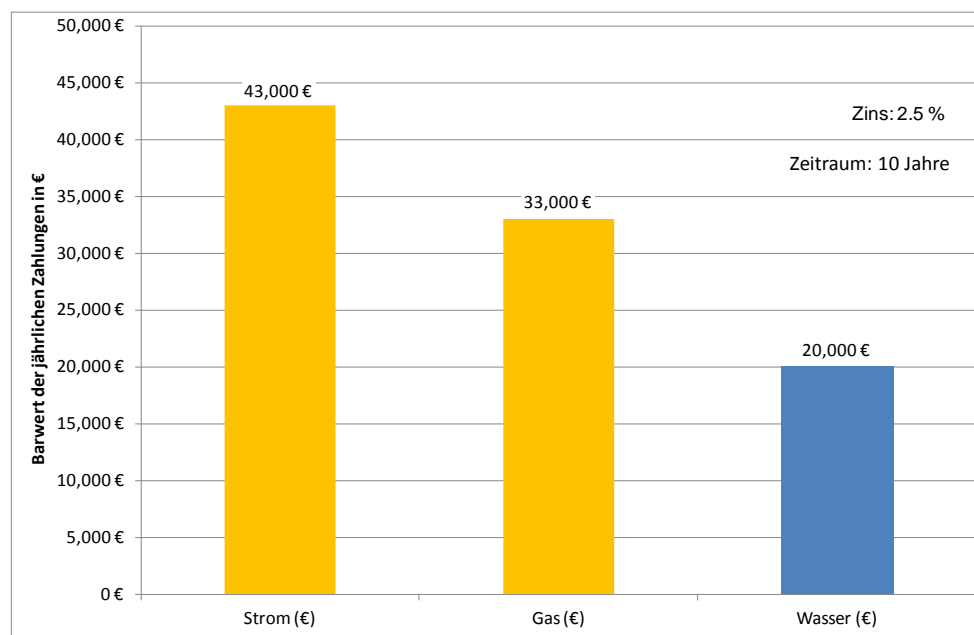


Abbildung 12: Barwert der Energie- und Wasserkosten für Kita Tabaluga, Mahlow

Aufgrund des Standorts wäre die Nutzung von Wind zur Stromerzeugung durch eine Klein-Windkraftanlage nicht wirtschaftlich (siehe oben). Energiedargebot und -bedarf korrelieren zeitlich nur wenig, man müsste den Strom speichern, was die Kosten erhöht.

1 Konzepte

1.1 Allgemeine Konzepte/ Ideen Potentiale

Die Bereitstellung von Nutzenergie mittels erneuerbarer Energien ist nur ein Bestandteil des Klimakonzepts für die Kita. Zum Gesamtkonzept gehören noch weitere Bausteine, die sinnvoll zusammengefügt werden müssen. Solche Bausteine werden im Weiteren kurz vorgestellt.

Lichtbretter

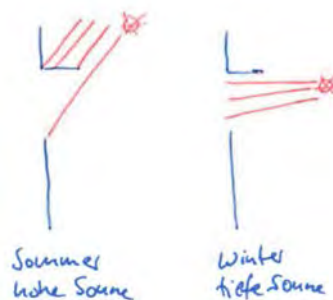


Abbildung 13: Lichtbretter (Light-shelves)

Lichtbretter sorgen für Sonnenschutz und Lichtlenkung. Durch die verstärkte Nutzung von natürlichem Umgebungslicht ist weniger Kunstlicht erforderlich, damit reduzieren sich der Wärmeeintrag durch elektrische Lampen und die Stromrechnung. Bei tiefstehender Wintersonne ist dennoch der gewünschte Energieeintrag möglich, solare Heizwärme wird auf einfachste Art gewonnen.

Wasserwand



Abbildung 14: Wasserwand (München, von Alf Lechner)

Eine Wasserwand kühlt im Sommer durch Verdunstung; im Winter befeuchtet sie die zugeführte trockene Außenluft.

Gebäudeintegrierte Photovoltaik

PV-Systeme, die wie Fremdkörper an Gebäude angeflanscht werden, sind nicht der aktuelle Stand. Sinnvoller ist die Integration der Stromerzeugung in die Gebäudehülle, die ja auf jeden Fall erforderlich ist – sei es Fassade oder Dach. Durch teiltransparente Module als Dachelemente lässt sich zu attraktiven Kosten eine energieerzeugende Dachhaut herstellen. Ein Beispiel ist in zu sehen.

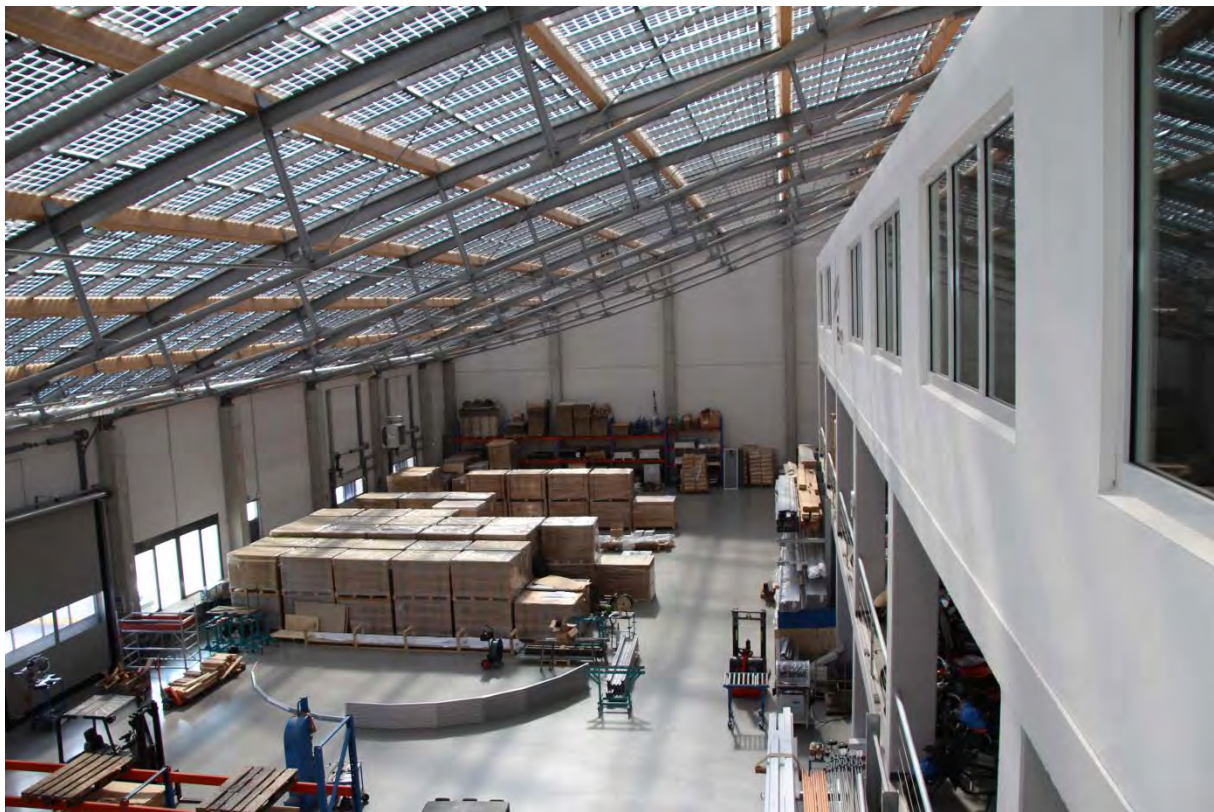


Abbildung 15: Gebäudeintegrierte PV. Wasserführende Dachschicht und PV-Modul sind identisch [9] (Foto: Wöhrbach / sbp)

Eisspeicher

Eisspeicher sind eine zunehmend Verbreitung findende Technik, um Wärme effizient über längere Zeiträume zu speichern. Dabei macht man sich den Umstand zunutze, dass die Schmelzwärme von Wasser sehr groß ist. In Verbindung mit einer Wärmepumpe lässt sich die auf niedrigem Niveau vorliegende Wärme im Winter zum Heizen verwenden. Im Sommer wird dann mit der Kälte gekühlt, und der Speicher regeneriert sich für den Winter.



Abbildung BB: Modellhafte Abbildung der Kita Tabaluga für Simulationsrechnungen mit EnergyPlus

Das Konzept besteht aus der Kombination eines BIPV-Dachs, unter dem die von den PV-Modulen erwärmte Luft gezielt durch natürliche oder ggf. erzwungene Konvektion abgezogen wird. Diese im Vergleich zur Umgebung warme Luft kann mittels Wärmetauscher und Wärmepumpe genutzt werden, um einen Eisspeicher zu laden (Abbildung 73). Zusätzlich kann ein elektrischer Speicher ins System integriert werden. Ein solches Konzept wurde erstmals vor etwa drei Jahren beim Firmengebäude der Galaxy Energy GmbH in Berghülen [II/8] realisiert und mit mehreren Preisen ausgezeichnet. Die Verfasser haben sich das Gebäude und seine Technik selbst angesehen, um sich einen Eindruck von der Atmosphäre im Inneren (Helligkeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit) zu verschaffen.

Mit leichten Anpassungen lässt sich dieses vorgeschlagene technische Konzept der Klimahülle auch auf den Fall übertragen, dass Kita und Klimahülle getrennte Gebäude sind (Abbildung 74), bzw. dass die Klimahülle an eine Seite der Kita andockt wird (Abbildung 75).

2 Simulation der Kita Tabaluga

Anfangs wurden Tests mit verschiedenen Programmen durchgeführt, um eine Aussage über die Tauglichkeit für die Simulation eines Gebäudes und später einer Klimahülle zu erhalten. Die Entscheidung fiel auf das Simulationsprogramm DesignBuilder, das wie die meisten der getesteten Simulationsprogramme für den Rechenkern EnergyPlus [6] des US Department of Energy eine grafische Benutzeroberfläche bietet.

2.1 Voraussetzungen

Im nächsten Schritt wurden Daten über die Kita gesammelt, um eine möglichst realitätsnahe Simulation gewährleisten zu können. Über die Sachbearbeiter der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow wurden Informationen über den Energiesparnachweis mit den genauen Schichtaufbauten und U-Werten sämtlicher Bauteile, Luftbilder oder über das aktuelle Heizsystem und die Anzahl der Personen im Gebäude eingeholt.

Die Wetterdaten für die Simulationen kommen von DesignBuilder von Berlin-Schönefeld aus dem Jahr 2002. Die durchschnittliche Temperatur der Jahre, aus denen der Jahresenergieverbrauch bekannt ist, liegt jedoch bis zu 1°C darunter bzw. darüber, was einen starken Einfluss auf den Energieverbrauch hat.

Abbildung 16 zeigt den Jahrestemperaturverlauf in Berlin, darunter die monatliche Durchschnittstemperatur.

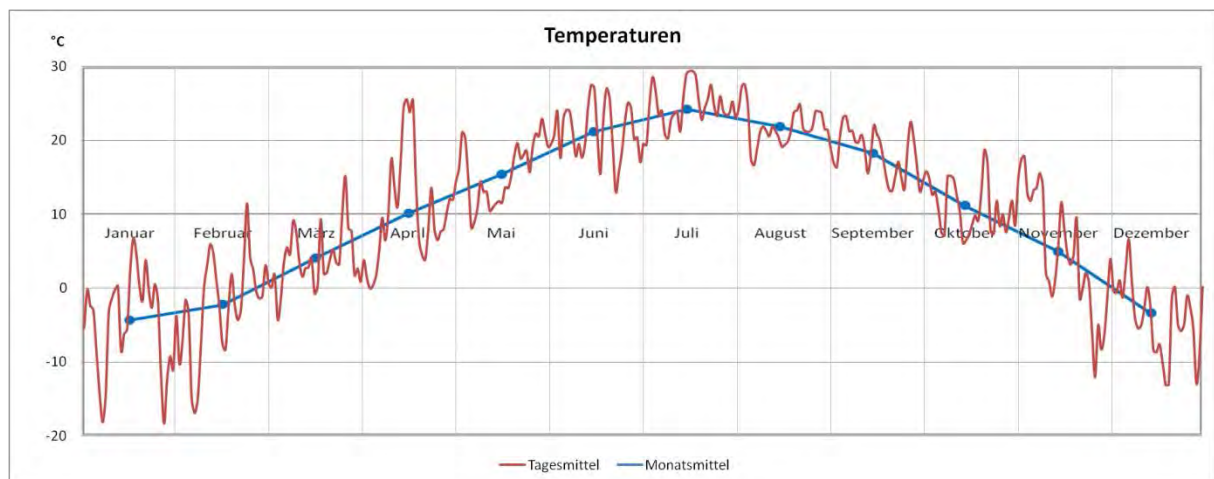


Abbildung 16: Tagesmitteltemperatur und Monatsmitteltemperatur

Ein Ziel der Simulationen war es, durch geeignete Maßnahmen möglichst wenige Stunden mit unbehaglichen Bedingungen zu erreichen. Das wichtigste Kriterium war hierfür die Temperatur.

In DesignBuilder kann man Temperaturverteilungsdiagramme ausgeben, die über die jährliche Überhitzung Auskunft geben. Für die reine Außentemperatur in Berlin-Schönefeld sieht dies etwa aus wie in Abbildung 17 dargestellt.

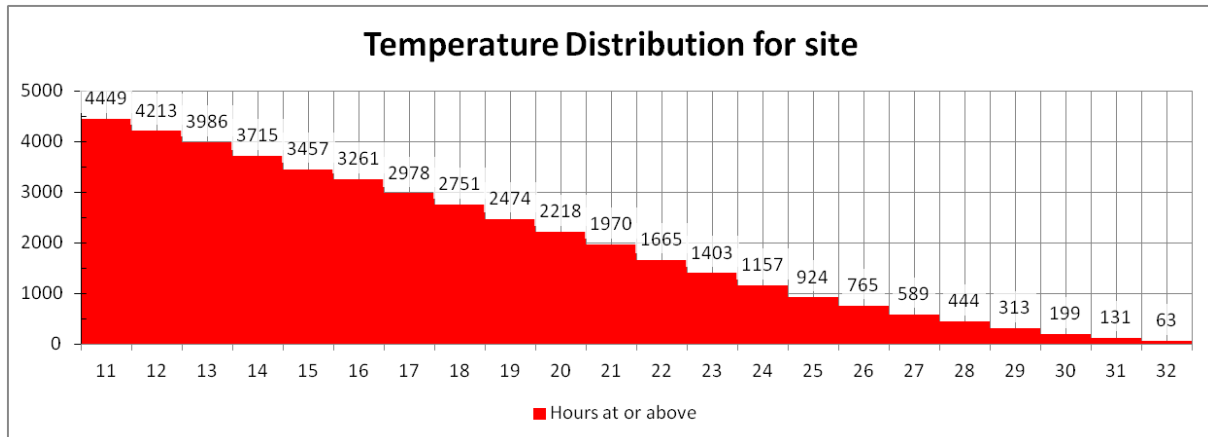


Abbildung 17: Temperaturverteilung für Berlin-Schönefeld. Abgebildet sind die Anzahl der Stunden bei oder über der entsprechenden Temperatur.

Vorgehensweise

DesignBuilder hat verschiedene Eingabemasken, um die simulationsrelevanten Daten einzugeben. Im Folgenden werden nur die wichtigsten Einstellungen genannt.

Als erstes wird das Layout des Gebäudes gezeichnet. Es werden zwar alle Bauteile angelegt, aber genaue Schichtaufbauten müssen noch nicht gezeichnet werden. Hier wurde die Kubatur der Kita angelegt, aber auch Bäume und Nachbargebäude, die die Kita verschatten oder vor Wind schützen.

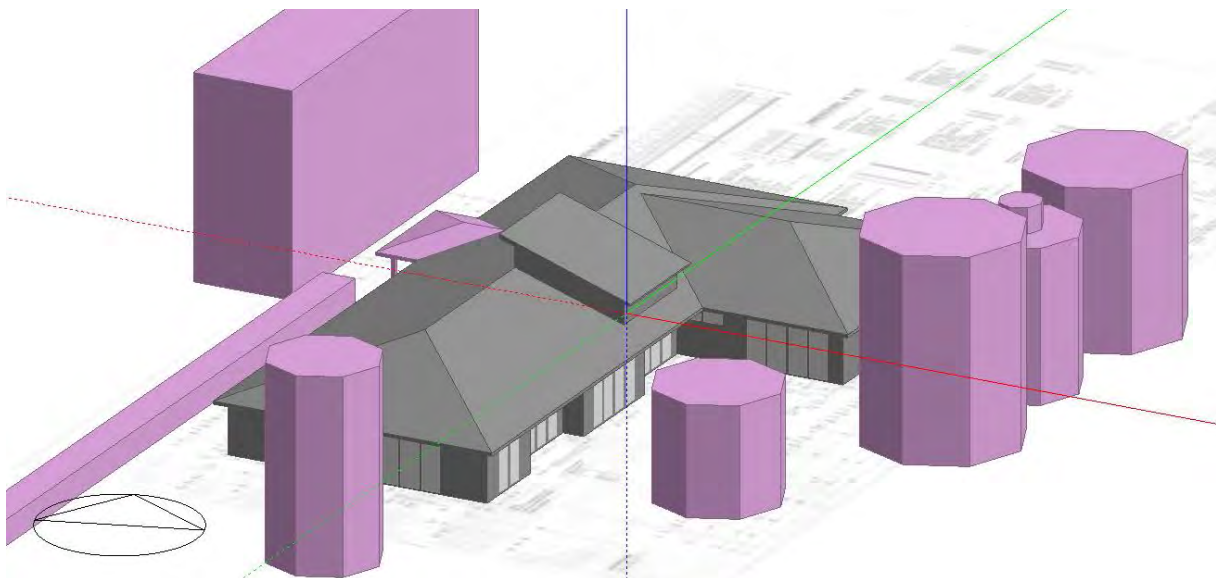


Abbildung 18: Modell der Kita „Tabaluga“

Anschließend werden die Daten zur Nutzung des Gebäudes eingegeben. Hierzu gehören die Anzahl der Personen je Quadratmeter und Zone und der Aktivitätsgrad sowie Alter und Bekleidungsgrad in clo. Diese Angaben sind sehr wichtig, da sie in der Kita große Wärmequellen darstellen, die den gesamten Energiebedarf des Gebäudes im Winter beeinflussen, da die entstehende Wärme von Personen etc. nicht mehr von dem Heizsystem bereitgestellt werden muss. Der Heißwasserbedarf

der Kita wurde abgeschätzt, als Ansatz wurde eine Studie des Energie- und Wasserverbrauchs von 12 Kindertagesstätten in Deutschland genommen. Für die Rauminnentemperaturen wurden Normwerte angenommen (nach DIN EN 12831). Für den Wärmegewinn durch elektrische Geräte wurde ein sehr geringer Wert genommen, da in einer Kita sehr viel weniger elektrische Geräte zu erwarten sind als beispielsweise in einem Büro.

Für jede Vorgabe muss ein „Schedule“ (Zeitplan) gewählt bzw. erstellt werden. Hier stehen zu allen Zeitpunkten im Jahr z.B. Prozentangaben, die mit der eigentlichen Vorgabe (z. B. Anzahl der Personen verrechnet wird. So sind sonntags beispielsweise 0 % von 100 Personen anwesend, an Werktagen steigt diese Zahl entsprechend.

In der dritten Eingabemaske „Construction“ wurden sämtliche Schichtaufbauten aus der EnEV eingepflegt, Wärmebrücken wurden pauschal für jedes Bauteil berücksichtigt. Für die Fenster wurden die U-Werte und g-Werte nach Herstellerangaben eingesetzt. Die Luftdichtheit n_{50} wurde nach DIN EN 12831 berechnet.

Da sämtliche Fenster von Hand eingegeben wurden, musste im „Openings-tab“ nur der Sonnenschutz angelegt werden, wobei dieser später variiert wurde, um die daraus entstehenden Effekte und Veränderungen näher zu bestimmen.

Da auch Wärmegewinne durch die Beleuchtung berücksichtigt werden können, wurden im „Lighting-tab“ die notwendigen Eingaben gemacht, die ebenfalls an Schedules gebunden sind.

HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning): Hier kann ausgewählt werden, welche Systeme vorhanden sind, mit welchen Medien sie arbeiten, deren Temperaturen, Wirkungsgrade usw. Das Heizsystem der Kita wurde mit einem Wirkungsgrad von 87,5% angegeben [5]. Es wurde eine Luftwechselrate von pauschal 1,1 Luftwechseln pro Stunde angenommen, da von einem hohen Frischluftbedarf in der Kita ausgegangen werden kann. Auch hier wurden Normen, Vorgaben und Vergleichsobjekte berücksichtigt.

In dem „Outputs“ Tab kann für die verschiedenen Ebenen ausgewählt werden, welche Simulationsergebnisse gespeichert und ausgegeben werden sollen. Die hier getroffenen Einstellungen sind maßgeblich für die Simulationsdauer, die bei aufwändigeren Modellen mehr als ein Tag betragen kann.

Außerdem können unter den Optionen eine Reihe von Voreinstellungen getroffen werden, die es beispielsweise ermöglichen, die Komponenten des Heizungs-, Lüftungs- und Klimasystems genau festzulegen (Art und Größe, Leistungszahlen, Kennlinien etc.).

Ergebnisse

Tabelle 2: Energiebilanz Kita Tabaluga

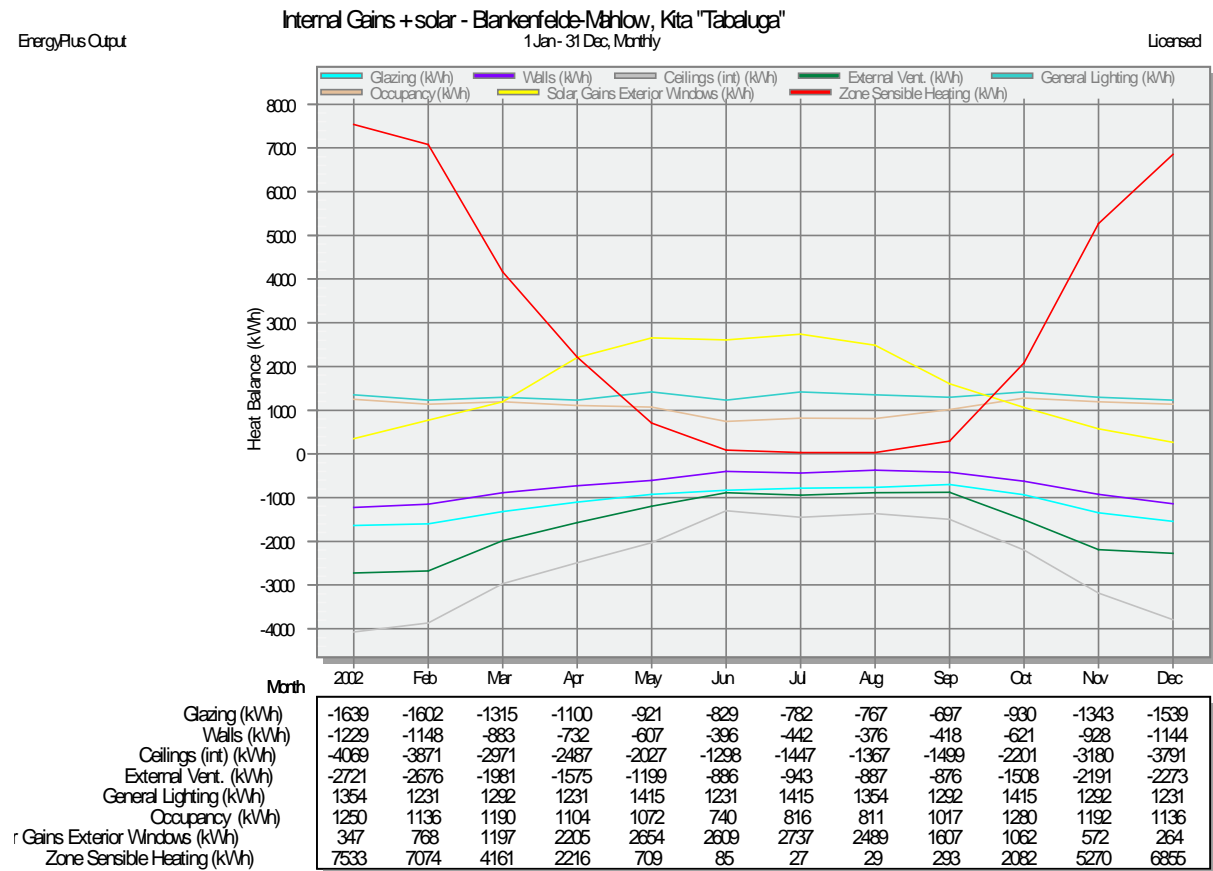


Tabelle 3: Jahressumme der wichtigsten Wärmequellen bzw. -senken

Wärmequellen und -senken, Blankenfelde-Mahlow, Kita "Tabaluga"
1 Jan - 31 Dec, Annual

EnergyPlus Output Licensed

	Year
Room Electricity (kWh)	4827
Lighting (kWh)	15753
Heating (Gas) (kWh)	37781
DHW (Gas) (kWh)	13805
Glazing (kWh)	-12744
Walls (kWh)	-8386
Ceilings (int) (kWh)	-28632
Ground Floors (kWh)	-1980
Roofs (kWh)	-1060
External Infiltration (kWh)	-11200
External Vent. (kWh)	-21023
General Lighting (kWh)	15753
Occupancy (kWh)	13344
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	18510
Zone Sensible Heating (kWh)	32874

Verglichen mit der EnEV ist dies ein viel geringeres Ergebnis für den Jahresenergieverbrauch, was daran liegt, dass die EnEV sozusagen vom ungünstigsten Fall ausgeht. Auch das monatliche Temperaturmittel liegt nach der EnEV 1°C unter dem von DB (DB verwendet den Wetterdatensatz von 2012).

Der direkte Vergleich mit dem tatsächlichen Verbrauch (s. Tabelle 4) zeigt aber, dass diese Simulation die tatsächlichen Verhältnisse wiedergibt.

Tabelle 4: Vergleich der Verbrauchserfassung und der Simulation

Jahr	2010	2011	2012	DesignBuilder Simulation
Strom (kWh)	18.711	19.733	20.306	20.562
Gas (m³)	5.446	4.543	5.606	5.108
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,91	10,78	10,21	9,76
Heizenergiebedarf (kWh)	55.005	45.884	56.621	51.586

Aus Tabelle 2 und Tabelle 3 geht hervor, dass der Jahresenergieverbrauch hauptsächlich durch die Transmissionsverluste (sie machen 60 % der Energieverluste aus) bestimmt wird. Der Rest kommt durch die Belüftung zustande (External Infiltration und External Vent., grüne Kurve).

Hier zeigt sich der Vorteil der Klimahülle: durch die künstliche zweite Zone werden nicht nur die Heizkosten gesenkt, sie würde auch bei jedem Wetter eine Fensterlüftung der Kita ermöglichen, wobei die frische Außenluft durch die Klimahülle schon vorgewärmt wäre.

Bekanntlich ist aus hygienischen Gründen eine gute Belüftung bei einer Kita besonders wichtig.

2.2 Simulation der verschiedenen Klimahüllenvarianten

Im Laufe der Planung wurden viele Informationen über Projekte wie oben beschrieben eingeholt, um eine angemessene Planung der Klimahülle zu gewährleisten. Es wurden verschiedene Varianten entworfen, entsprechend den Anforderungen wieder verändert oder ganz verworfen.

Im Folgenden werden nur drei der besten Varianten als finale Versionen dargestellt und beschrieben.

2.2.1 Thermische Behaglichkeit¹

Thermische Behaglichkeit ist die subjektive Empfindung der klimatischen Umgebung eines Menschen. Einflussfaktoren sind dabei Temperatur, Luft im Raum und die Aktivität und die Bekleidung des Menschen.

Der thermische Komfort ist unmittelbar mit der Nutzerzufriedenheit, der Gesundheit und dem Wohlbefinden verbunden. Ein Raumklima zum Wohlfühlen ist somit weder zu warm noch zu kalt. Temperaturabfälle, Zugluft und unterschiedliche Oberflächentemperaturen sowie eine zu hohe oder zu geringe Luftfeuchte sind zu vermeiden.

Die Thermische Behaglichkeit kann auf Grundlage des thermischen Gleichgewichts zwischen Mensch und Umgebung, dem Wärmebilanzmodell bewertet werden. Hierfür wird nach der DIN EN ISO 7730 der PPD (predicted percentage of dissatisfied) und der PMV (predicted mean vote) ausgehend von Lufttemperaturen, Oberflächen-

¹ Beitrag von Franziska Kohl

strahlungs-temperaturen, Luftströmungen, Luftgeschwindigkeiten sowie dem Aktivitätsgrad und der Bekleidung empirisch ermittelt.

Der PMV stellt mit den Werten +3 bis -3 eine Skalierung der empfundenen Raumtemperatur dar, wobei +3 als zu warm und -3 als zu kalt gilt. Für eine als behaglich empfundene Raumtemperatur muss der Wert im Bereich +0,5 bis -0,5 liegen. Der PPD Wert sollte kleiner als 10 % sein. Das heißt, dass weniger als 10 Personen in einem befragten Personenkreis von 100 Personen das Raumklima als unbehaglich bewertet haben dürfen, um insgesamt von einer thermischen Behaglichkeit ausgehen zu können.

Auf Grund des nahezu 100%igen Glasanteils der Klimahülle ist vor allem die thermische Behaglichkeit der Kindertagesstätte im Sommer zu analysieren. In den Wintermonaten wird die solare Einstrahlung die die Kita umgebende Luft in der Klimahülle vorheizen und somit Lüftungswärmeverluste reduzieren. Hinzu kommt, dass Wind und Niederschläge das Gebäude nicht erreichen und somit nicht abkühlen können. Daher ist im Winter im Vergleich zum aktuellen Zustand von einem geringeren Heizaufwand auszugehen, um die thermische Behaglichkeit gewährleisten zu können. Im Sommer hingegen wird sich die Klimahülle wie ein Glashaus aufheizen, womit eine Abschattung oder Kühlung (oder beides) der Kita erforderlich wird.

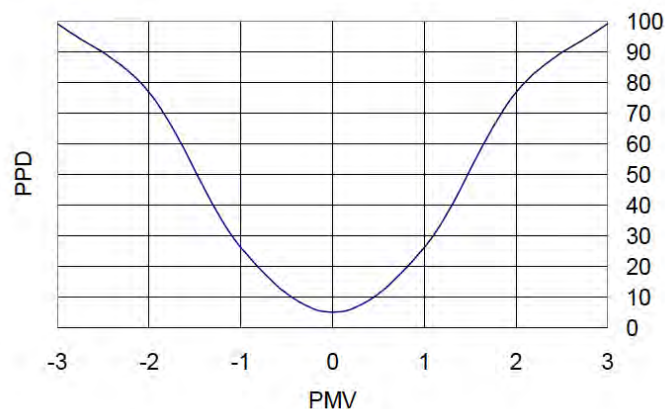


Abbildung 19: Transmittierte Sonnenstrahlung durch die Fenster mit und ohne Sonnenschutz. (Legende: Norden- Gelb (+18°); Osten- Grün (+108°); Süden- Braun (+198°); Westen- Rot (+288°); Dach- Blau

2.2.2 Vorweg getroffene Annahmen

Da sämtliche Parameter (siehe 0) für die Klimahülle unbekannt waren bzw. noch festgelegt werden mussten, musste eine Reihe von Annahmen getroffen werden.

Vorerst wurde angegeben, dass die Klimahülle weder beheizt noch gekühlt wird, um zu sehen, wie sich die Temperaturen ohne Maßnahmen entwickeln würden. Dann wurde ein Kühlsystem angelegt, dass die Temperatur immer unter 30°C hält, woraus sich die Kühllast für einen Eisspeicher oder Erdkanäle ergab.

Für die Verglasung (die die Gebäudehülle bildet) wurde eine nicht isolierte Einfachverglasung gewählt (g-Wert 0,81, U-Wert 6,12 W/(m² K). Diese ist kostengünstig und erlaubt die Transmission von ungewollter Wärme aus der Klimahülle

nach außen. Außerdem spiegelt sie nicht und ist nicht gefärbt, was vermieden werden sollte.

Da die Temperatur in der Klimahülle jedoch nicht unter die Außentemperatur herunter gekühlt werden soll und die Klimahülle im Winter nicht aktiv beheizt werden soll, gelten die Vorschriften hinsichtlich der EnEV nicht (EnEV 2014, Abschnitt 1, § 1 Zweck und Anwendungsbereich). Daher ist ein großer U-Wert erlaubt.

2.3 Vorgehen

Für jede Klimahüllenvariante wurde ein Modell mit der entsprechenden Kubatur angelegt. Die Nutzung wurde an die Nutzung der Kita entsprechend angepasst. Umliegende Bäume und Häuser wurden in allen Modellen gleichermaßen wie bei der Kita nach dem Bestandsplan eingetragen, um einen direkten Vergleich unter gleichen Voraussetzungen zu gewährleisten.

Heißwasserbedarf und sämtliche Komponenten von Heizung, Kühlung und Lüftung der Klimahüllen wurden vorerst auf 0 gesetzt bzw. entfernt. Es wurden alle Fassaden und das Dach als zu 100% verglast eingetragen. Die Simulationen zeigten, dass nur außenliegende opake Bauteile einen nennenswerten Einfluss auf das Klima innerhalb der Klimahülle haben. Nach den Vorgaben soll die Klimahülle einen größtmöglichen Transparenzgrad haben, es wurde also vom ungünstigsten Fall (aus Klimatechnischer Sicht) ausgegangen, also 100% Glas.

2.3.1 Sonnensegel in DesignBuilder

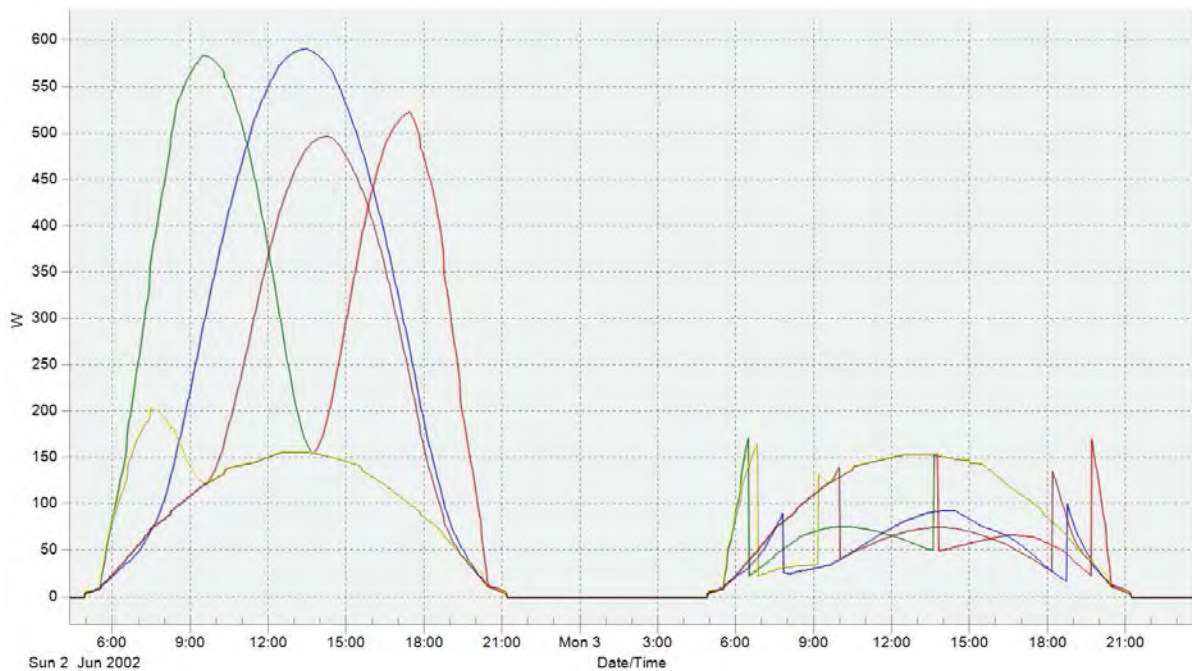


Abbildung 20: Transmittierte Sonnenstrahlung durch die Fenster mit und ohne Sonnenschutz. (Legende: Norden- Gelb (+18°); Osten- Grün (+108°); Süden- Braun (+198°); Westen- Rot (+288°); Dach- Blau)

Abbildung 20 zeigt die transmittierte Sonnenstrahlung durch die Verglasung in einer sommerlichen Auslegungswoche. Links im Diagramm ohne Verschattung, rechts mit Verschattung durch die angelegten Sonnensegel. Die Verschattung wird nur bei der Überschreitung einer bestimmten auf einen Quadratmeter einfallenden Strahlungsintensität (z.B. ab 210 W/m²) aktiviert, wenn es innen mehr als 10 °C hat. Dies verhindert eine Überhitzung während der Sommermonate, erlaubt aber die Nutzung der solaren Einstrahlung im Winter bzw. an kalten Tagen.

Wie man an der Nordfassade sehen kann, wird an einem Sommertag durch die diffuse Strahlung die maximale Strahlungsstärke (hier 210 W/m²) nicht überschritten. Da die Sonnensegel nur den Einfall von direktem Sonnenlicht verhindern sollen, wurde die maximale Strahlungsintensität durch diffuses Licht als Grenzwert für den Einsatz (bzw. nicht Einsatz) gewählt. Außerdem muss innen eine Temperatur über 10 °C herrschen, darunter (an kalten Tagen) ist die Erwärmung durch Sonnenlicht erwünscht und eine Überhitzung während des Tages ist nicht zu erwarten.

2.3.2 Parametervariation

Um herauszufinden, wie die bestmöglichen Temperaturbedingungen mit vertretbaren Maßnahmen erreicht werden können, wurden verschiedene Parameter verändert und der Effekt auf die Ergebnisse betrachtet. Ein besonderes Augenmerk galt der Temperatur, bzw. der Anzahl der Stunden über 30 °C und 32 °C in einem Jahr.

Es wurden verschiedene Arten der Verschattung, die Luftwechselrate oder die Öffnungsfläche variiert. Außerdem wurde untersucht, wie sich die Höhe der Klimahülle bzw. die Höhe der Öffnungsflächen auf das Klima in der Klimahülle auswirkt.

Untersuchte Verschattungsmöglichkeiten waren:

- Lichtbretter (wie bei dem Firmengebäude der Solar-Fabrik)
- Innenliegende Jalousien
- Außenliegende Jalousien
- Unbewegliche Sonnensegel

Auch der Einsatz von unterschiedlichen Verglasungen wurde untersucht.

2.4 Ergebnisse

Für die ersten Ergebnisbetrachtungen wurden Überhitzungsdiagramme betrachtet, die Auskunft darüber geben, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Temperatur (in einer bestimmten Zone) herrscht.

Bei den Ergebnissen kann man feststellen, dass die Anzahl der Stunden im Jahr über 32°C stark von der Verschattung der Klimahülle abhängt. Es wurde zum Ziel gesetzt, mit der natürlichen Lüftung durch Öffnungen unter 120 Stunden im Jahr zu kommen.

Außerdem kann man feststellen, dass eine innenliegende Verschattung kaum einen Effekt auf die Temperaturen im Inneren hat, da sich die Verschattungselemente aufheizen und ihre Wärme dann an den Raum abgeben.

An den Ergebnissen der Simulationen mit den Lichtbrettern an den Fassaden kann man sehen, dass hier ohne bewegliche Teile erreicht wird, dass bei hochstehender Sonne im Sommer die Transmission durch die Wände gering ist, im Winter hingegen, wenn die Sonne tief steht und ihre Wärme erwünscht ist, ist die Energie-Transmissionsrate durch die Fassaden höher. Bei außenliegender Verschattung ist darauf zu achten, dass diese einen ausreichenden Abstand zur Fassade hat, um Luftströmungen (die durch die erwärmte Fassade entstehen) nach oben hin entweichen zu lassen, damit sich die Fassade und die Verschattungselemente nicht unnötig aufheizen.

Die Simulationen ergaben, dass bei einer jährlichen Überhitzungszeit von 200h über 32 °C etwa die Hälfte der abgegebenen Energie durch die Fenster abgegeben wird, die andere Hälfte über die Abluft. Bei einer Wärmeschutzverglasung ist also eine längere Überhitzungsdauer zu erwarten. Auch der Einsatz einer Sonnenschutzverglasung würde sich bei gleichen Öffnungen negativ auf das Klima in der Klimahülle auswirken, da eine Sonnenschutzverglasung meistens auch gut isoliert (U-Werte bis zu 1 W/m²) und damit den Wärmeaustrag durch die Fassade verhindert.

2.4.1 Variante 1: Rahmen in Stahlbauweise

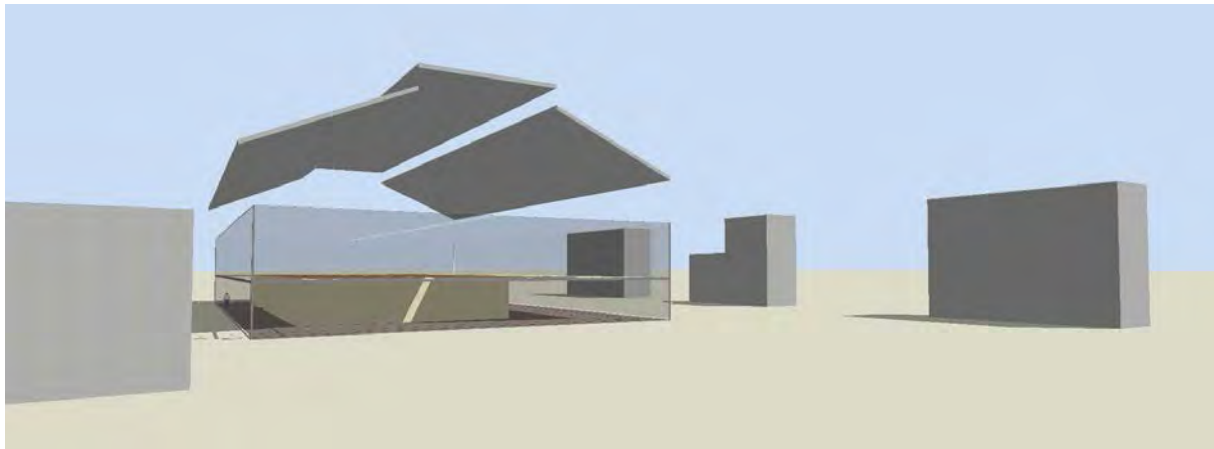


Abbildung 21: Modell der Variante 1 in DesignBuilder

Die Kubatur der Rahmenvariante und die Umgebung der Kita wurden in DesignBuilder eingegeben. Auch die Kita wurde in das Modell mit aufgenommen, allerdings ohne Dachstuhl, da dieser nach aktuellem Stand der Planung abgerissen werden soll. Um die Verschattung des Dachs der Klimahülle zu gewährleisten wurden feste Verschattungselemente eingebaut; sie repräsentieren die Sonnensegel. Damit der Luftstrom nicht behindert wird, sind diese schräg und weisen Lücken auf. Nicht sichtbar sind die Verschattungselemente die für die Süd-, West- und Ostfassade eingegeben wurden. Sie haben den Effekt wie im Kapitel 2.3.1 „Sonnensegel in DesignBuilder“ beschrieben.

Die umliegenden Häuser werfen Schatten, die bei tiefstehender Sonne (wie im Winter oder in den frühen Morgenstunden bzw. späten Abendstunden) eine Erwärmung der Klimahülle verhindern.

Diese Variante der Klimahülle ist mit ca. 7,70 m Höhe und einem flachen Dach höher als die Kita, was den Bau einer Terrasse auf der Kita ermöglicht.

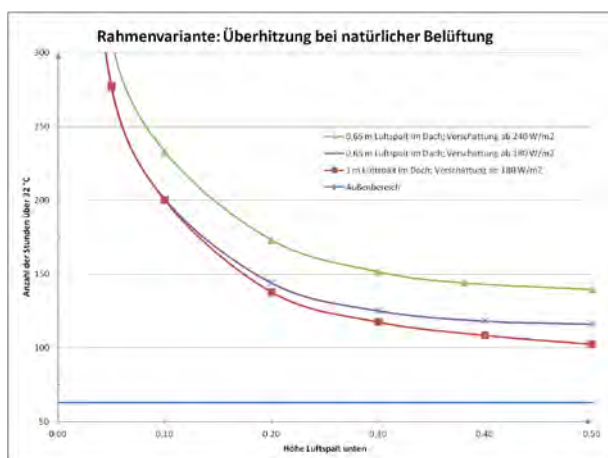


Abbildung 22: Überhitzung der Rahmenvariante in Abhängigkeit der Luftöffnungen.

Für die Simulationen wurde die Öffnungsfläche variiert; sie entscheidet, wie viel Luft entweichen kann. Eine sehr große Öffnungsfläche würde sich zwar positiv auf die Temperaturen im Innern der Klimahülle auswirken, aber hätte gleichzeitig einen negativen Einfluss auf den Schallschutz. Es wurde der Effekt untersucht, den die Sonnensegel hätten,

wenn sie bei starkem Sonnenschein auch die Fassaden verschatteten, die nicht direkt von der Sonne angestrahlt werden. Hierzu wurde der Schwellenwert der ankommenden Strahlungsstärke etwas nach unten gesetzt. Die Tatsache, dass 63 h im

Jahr wetterbedingt in Berlin mehr als 32 °C herrschen, wurde mit der blauen Linie „Außenbereich“ mit in das Diagramm aufgenommen. Aus dem Diagramm geht hervor, dass die Überhitzung mit abnehmenden Luftöffnungsflächen etwa exponentiell zunimmt.

Durch Maßnahmen wie ab 2.6 beschrieben wird die Stundenanzahl der gewünschten Konstruktion bis auf den Wert des Außenbereichs (63 h, blaue Linie) gesenkt.

Für die Klimasimulation wurde wie schon für die ersten Vorentwürfe der Klimahülle die Software DesignBuilder verwendet. Nachdem sowohl die Kita als Bestandsgebäude als auch die Klimahülle als Modell eingegeben wurden, erfolgte die Spezifizierung der Zonierung, der Bauteilaufbauten und der Konditionierung. Die Kita wurde als Ein-Zonen-Modell, vereinfacht nach DIN 15899 als Nutzungszone Gruppenraum und die Klimahülle selbst als unkonditionierter Außenbereich modelliert.

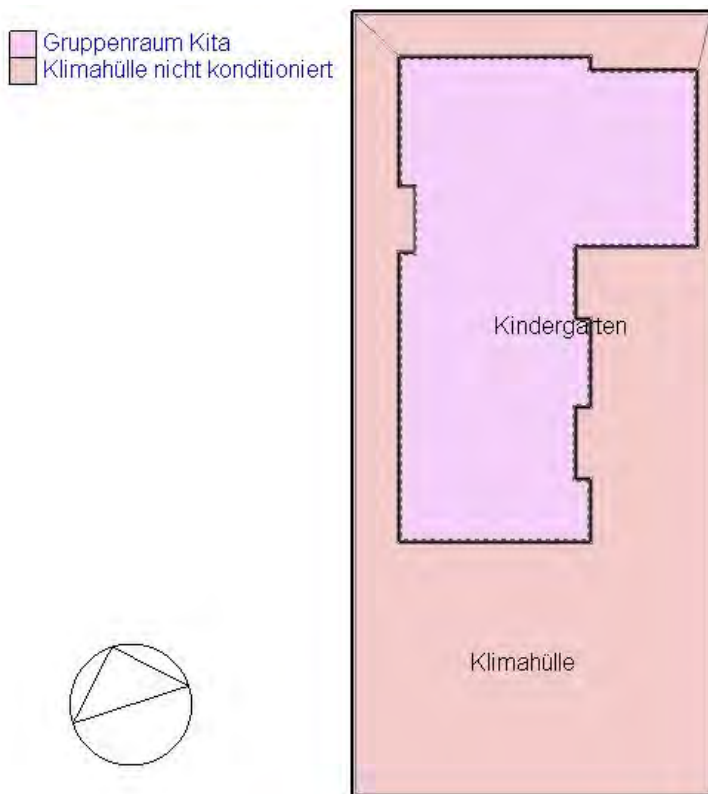


Abbildung 23: Zonen des Modells in DesignBuilder

Die Klimasimulation erfolgt bei DesignBuilder als CFD-Analyse (Computational Fluid Dynamics). Mit der CFD Analyse lassen sich die Temperaturen, Luftströmungen und Luftgeschwindigkeiten in einem abgeschlossenen Raum darstellen. Dabei sind die Geometrie, die Ausrichtung und die verschattenden umgebenden Objekte wie benachbarter Bebauungen und Bäume des Gebäudes ausschlaggebend für die Temperaturverteilung auf Grund solarer Einstrahlung. Die Richtung der solaren Einstrahlung lässt sich durch den tageszeitlichen Sonnenstand, Sonnenbahn, bezogen auf das Modell abbilden. Hier wurde auch der Schattenwurf am 15. Juli um 15 Uhr eingezeichnet. Vereinfacht wurden ganzflächig Fenster ins Dach eingezeichnet, wodurch der geringe Schattenwurf des leichten Tragwerks des Daches der Klimahülle vernachlässigt wird.

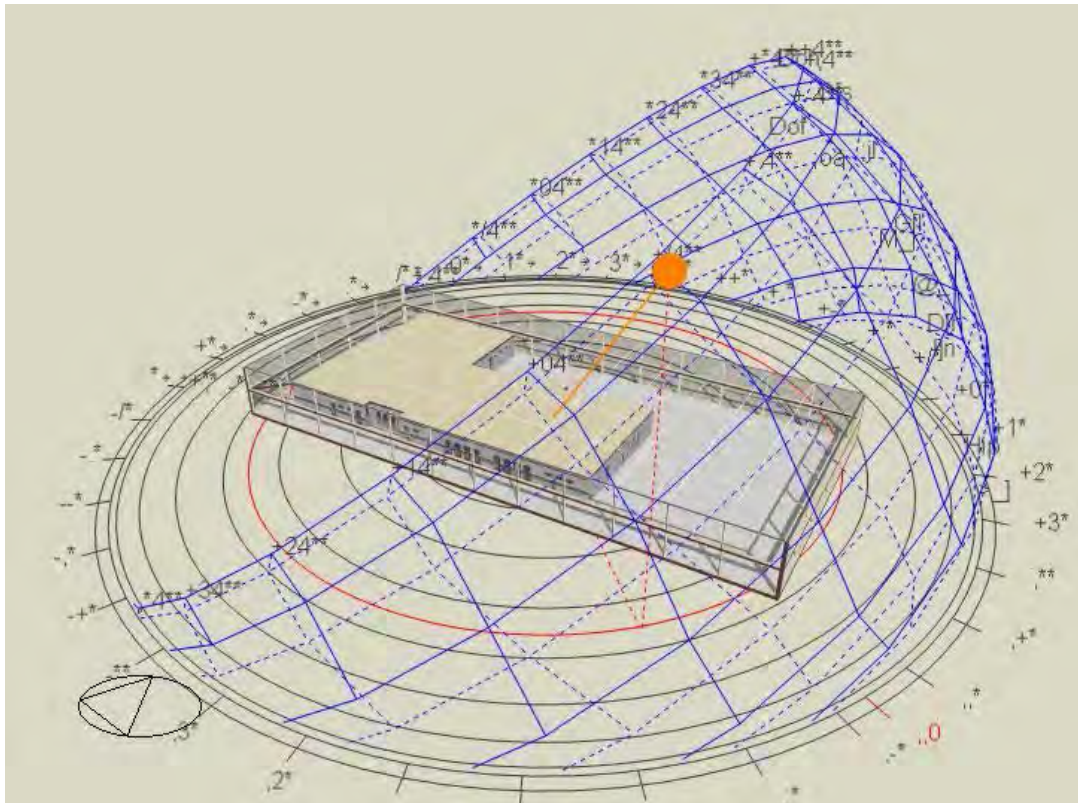
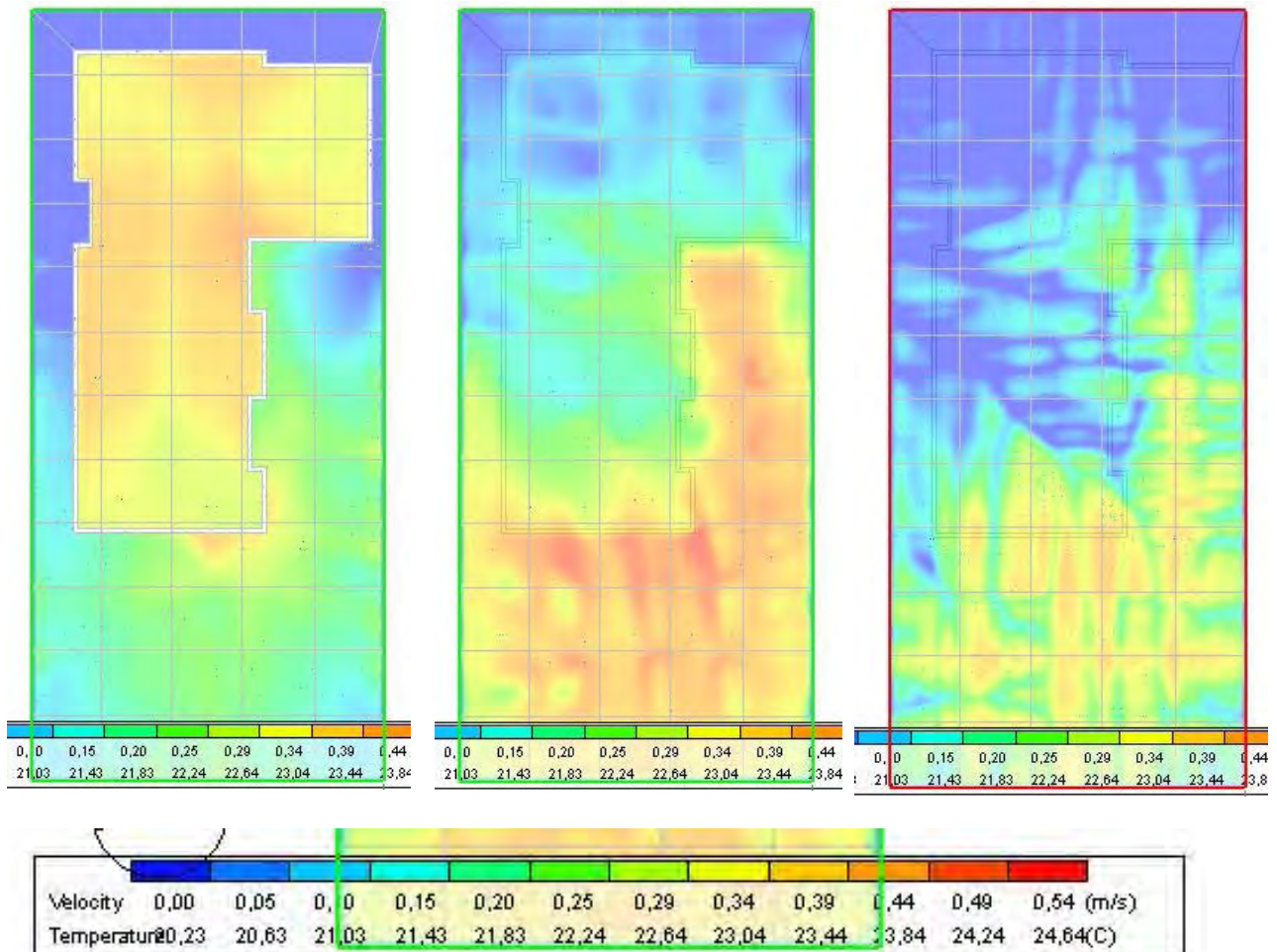


Abbildung 24: Gebäude mit tageszeitlich abhängigem Sonnenstand, wobei der eingezeichnete Sonnenstand (orange) dem 15. Juli um 15 Uhr entspricht.

Nachdem durch die Klimasimulation kritische Bereiche in der Klimahülle identifiziert worden sind, kann durch das Modellieren verschiedener technischer Gebäudeausstattungen zur Lüftung und speziell Kühlung eine Empfehlung zur baulichen Umsetzung gemacht werden. Konkret sollen Sonnensegel, semipermeable Fenster, Betonkernaktivierung, Kühlsegel oder auch Erdkanäle modelliert, analysiert und bewertet werden. Ziel ist es durch eine gezielte leicht steuerbare und flexible Kühlung thermischen Komfort in der Klimahülle und der Kita zu generieren.

Die Ergebnisse in Abbildung 33 (horizontaler Schnitt auf 0,9 m Höhe) zeigen, dass sich auf der Südseite die Wärme vor allem an dem Gebäudesprung der Süd und Ostseite staut. Zusätzlich ist die Nordseite der Klimahülle kälter, da dort die Kita selbst den Bereich verschattet. Im oberen Bereich findet dann eine Durchmischung der im Norden befindlichen kalten Luft mit der warmen Luft in der Südseite der Klimahülle statt.



Temperaturverteilung der Klimahülle und Kita - Horizontaler Schnitt bei 0,9 m

Blaue Bereiche sind kühler (ca. 20°C), gelbe Bereiche wärmer (ca. 23 °C)

Temperaturverteilung der Klimahülle und Kita - Horizontaler Schnitt bei 3,78 m, knapp über dem geplanten Kita Flachdach

Blaue Bereiche sind kühler (ca. 20°C), gelbe Bereiche wärmer (ca. 23 °C)

Temperaturverteilung der Klimahülle und Kita - Horizontaler Schnitt bei 6,34 m, knapp unter dem Dach der Klimahülle

Blaue Bereiche sind kühler (ca. 20°C), gelbe Bereiche wärmer (ca. 23 °C)

Abbildung 25: Ergebnisse von CFD-Rechnungen für die Klimahülle Kita Tabaluga, Mahlow

2.4.2 Variante 2: Tonnendach Stahlbauweise



Abbildung 26: Abbildung der Rahmenvariante in DesignBuilder.

Die Variante Tonnendach ist für die energetischen Betrachtungen insofern von Vorteil, da sie sehr hoch ist und so durch den Kamineffekt ein Luftzug entsteht. Die warme Luft entweicht oben am höchsten Punkt durch die Luftklappen und unten an den Lufteinlässen strömt kühle Frischluft nach. Außerdem wirkt sich das gekrümmte Dach günstig auf die Luftstömungen aus, es kann selten zu einem Luftstau von alter, erwärmter Luft kommen.

Dieses schräge Dach würde den Einsatz einer dachintegrierten PV-Anlage wie z.B. das Indachsystem von Galaxy Energy begünstigen, da durch eine Luftöffnung am höchsten Punkt des Daches immer ein kühlender Luftstrom gewährleistet wäre, der den Wirkungsgrad der PV-Anlage steigert.

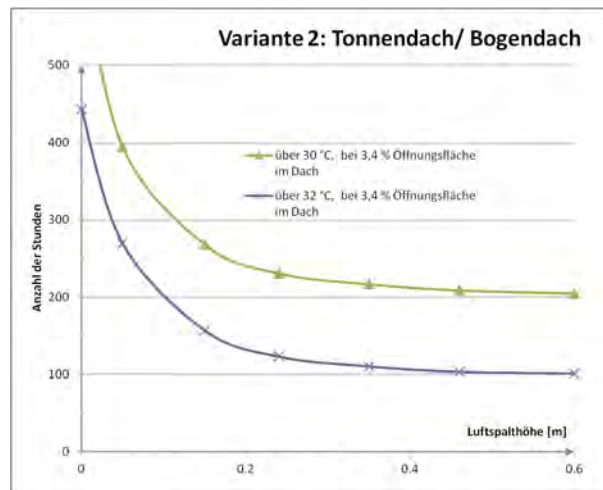


Abbildung 27: Auswirkungen der Luftöffnungen auf die Überhitzung der Bogendachvariante

Die Simulationen zeigten, dass bei der Bogendachvariante ein Luftspalt mit 0,35 m an der West- und Ostfassade ausreichen würde, um eine starke Überhitzung zu vermeiden.

Bei dieser Konfiguration würde es in der Kita nur 11 Stunden im Jahr über 32°C geben (im Außenbereich schon 63 h!). Außerdem könnte man damit rechnen, dass der Energieverbrauch der Kita sinkt.

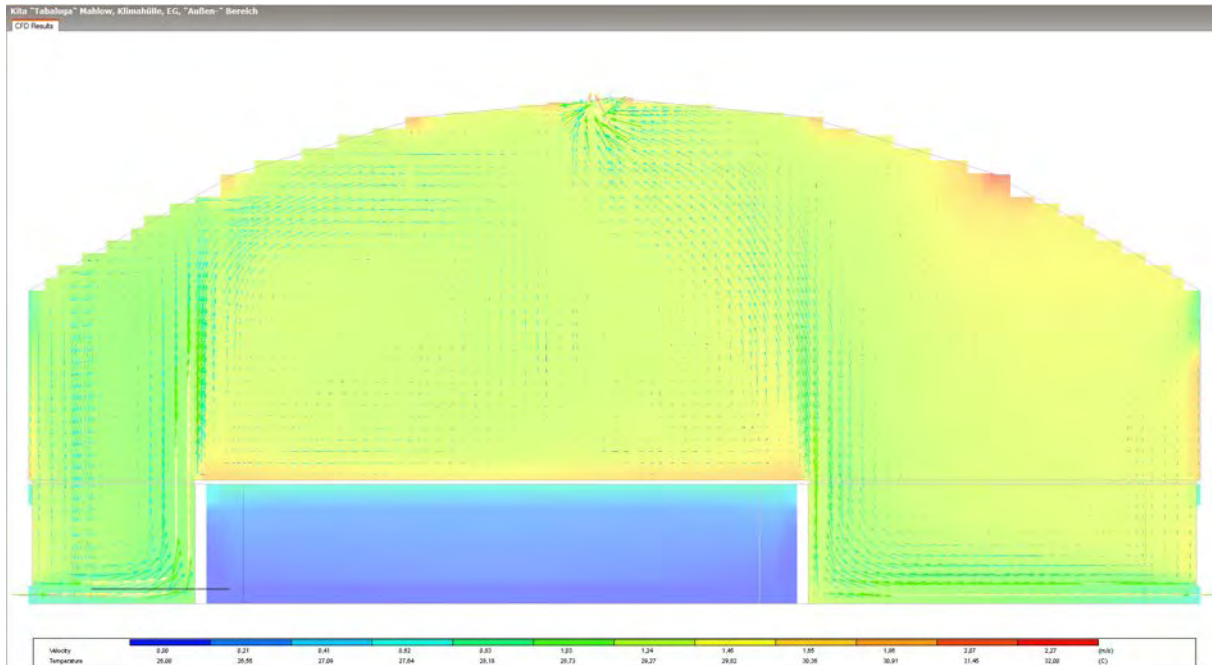


Abbildung 28: CFD Analyse der Variante Bogendach, am 6. Juni um 14 Uhr, Blick aus Süden

An der Strömungssimulation (Abbildung 28) sieht man, wie die kühle Luft unten an den Luftöffnungen einströmt und dann an den Wänden der Kita aufsteigt, sich erwärmt und schließlich wie die warme Luft oben ausströmt. An den Pfeilen kann man auch erkennen, dass die warme Luft wie gewollt unter dem Bogen immer höher Richtung Mitte strömt. Während die Temperaturen in der Klimahülle zwischen 29 °C und 31 °C liegen, bleibt die Temperatur in der Kita im kühleren Bereich. Dies liegt an der thermischen Trägheit der Kita. Lediglich der Boden der Terrasse, bzw. die Decke der Kita, hat sich am Vormittag durch die Sonne aufgeheizt (auf 36,5 °C!), so dass sie nun die Luft aufwärmt. Hier wäre eine Betonkernaktivierung ideal.

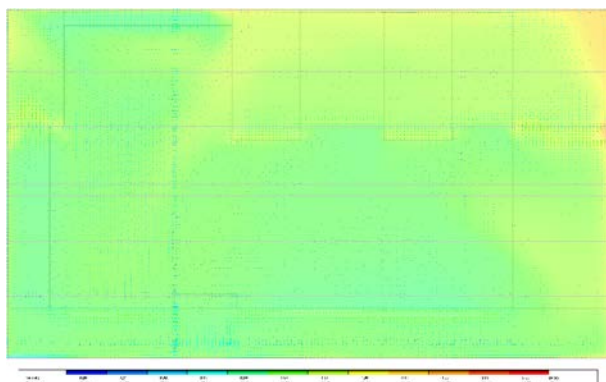


Abbildung 29: waagerechter Schnitt durch die Bogendachvariante, etwa 1 m über der Terrasse. (Südfassade nach rechts gedreht)

Im Gegensatz zu der Rahmenvariante ist die Temperatur hier viel gleichmäßiger verteilt. Außerdem ist hier die Luft insgesamt kühler, was daran liegt, dass die Frischluft sich gut durchmischt und warme Luft oben ausströmt

und es nicht einen Luftstrom durch die Klimahülle gibt, der fast unverändert bleibt. (Anmerkung: Die Temperaturskala aller CFD Bilder wurde einheitlich auf 26 °C bis 32 °C festgelegt)

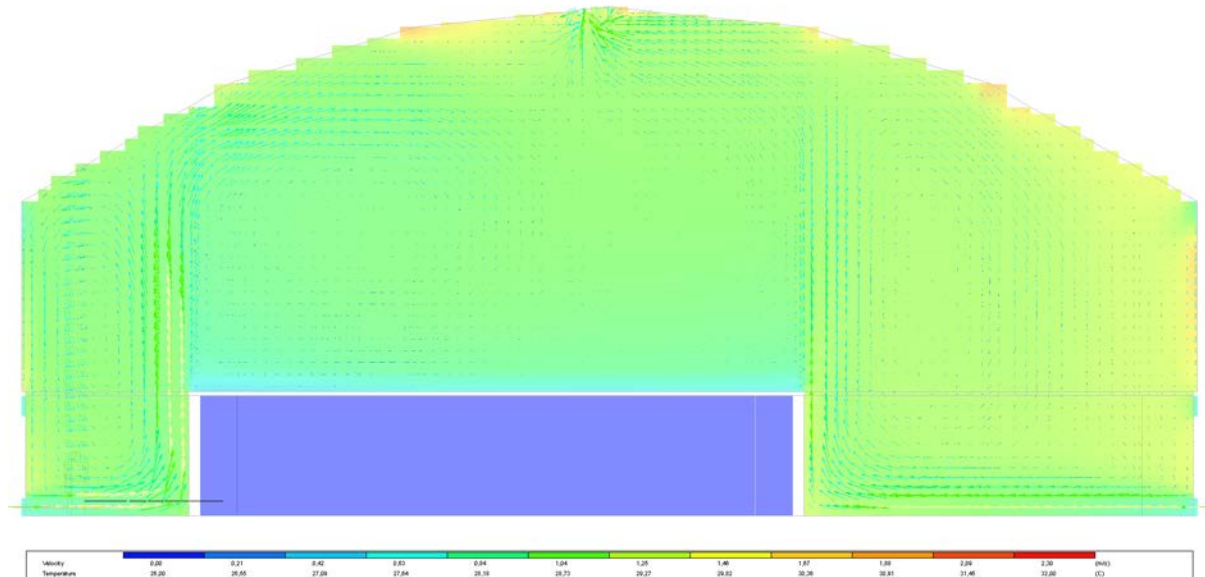


Abbildung 30: CFD Simulation der Bogendachvariante mit einer Betonkernaktivierung der Decke der Kita.

Abbildung 30 zeigt, dass eine Betonkernaktivierung, also an diesem Tag eine Kühlung der Terrasse, den gewünschten kühlenden Effekt auch an heißen Tagen hat. Es wurde eine Temperatur des Terrassenbodens von 22 °C gewählt, diese reicht vollkommen aus, um einen deutlichen Kühleffekt in der Klimahülle und besonders auf der Terrasse zu bekommen.

2.4.3 Variante 3: Schirme Stahlbauweise

Die Schirmvariante ist die niedrigste Klimahülle von den drei hier vorgestellten Varianten. Daher fällt auch der Luftzug, der durch den Kamineffekt entsteht, entsprechend kleiner aus. Allerdings erlauben die Schirme ein großflächiges Öffnen der Dachfläche, so dass ein Luftaustausch mit der Umgebung nur durch die Fassaden behindert wird.

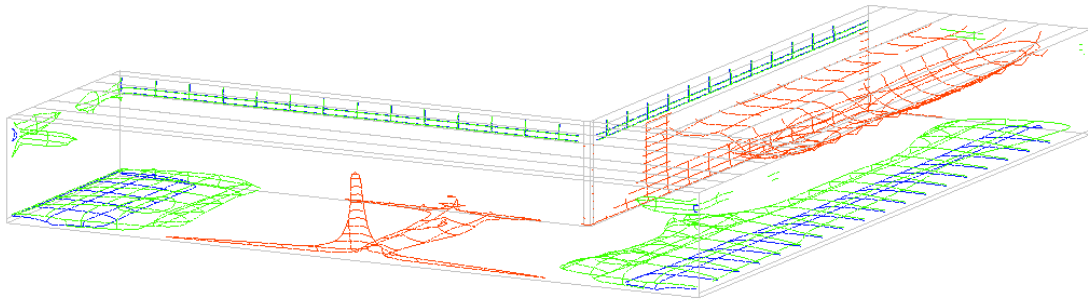


Abbildung 31: CFD Simulation an einem Auslegungstag

Die Strömungssimulation (Abbildung 31) zeigt, dass die kühlen Luftschichten (Blau und Grün) sich weit in die Klimahülle hinein erstrecken und die warme Luft oben aus den Öffnungen heraus strömt. Bei dieser Simulation wurde angegeben, dass die West-Fassade, die nur wenige Meter von der Klimahülle entfernt ist, nicht verschattet wird. Dadurch hat sie sich stark aufgeheizt und erwärmt daher die angrenzende Luftschicht, was das rote Raster an der Wand aufzeigt. Man kann auch erkennen, dass an den zur Kita gewandten Seiten kühle Luft von oben in die Klimahülle einströmt.

Bei dieser Simulation strömt sowohl warme Luft oben zwischen den Schirmen aus der Klimahülle aus, als auch kühle Luft ein.

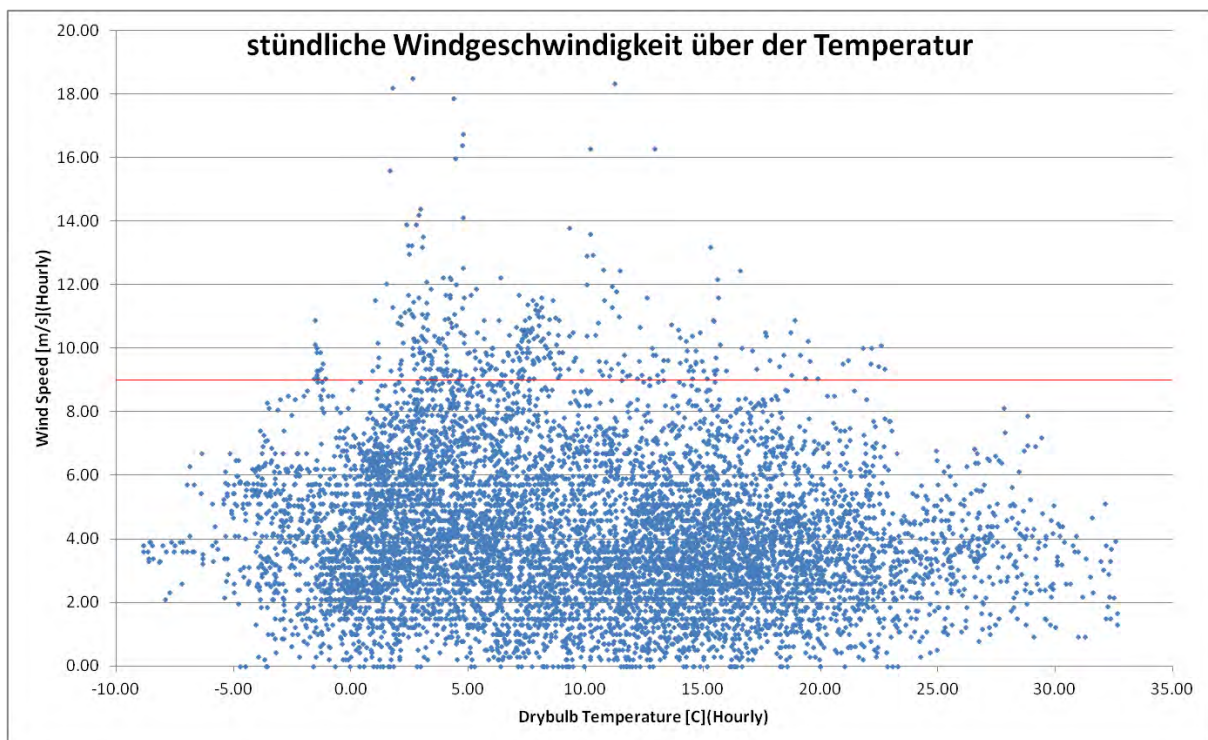


Abbildung 32: Punktwolke der stündlichen Mittelwerte der Windgeschwindigkeiten über der Außentemperatur aus den Wetterdaten von Berlin-Schönefeld (2002).

Da die Schirme statisch bedingt ab einer gewissen Windgeschwindigkeit einklappen müssen, besteht theoretisch die Gefahr, dass die Klimahülle dann überhitzt. Allerdings sieht man in Abbildung 32, dass eine kritische Geschwindigkeit von 9 m/s (rote Linie) nur sehr selten erreicht wird. Außerdem ist zu erwarten, dass in diesen Fällen dann eine niedrige Temperatur (unter 25 °C) herrscht.

2.5 Definition der Anforderungen

Von der klimatischen Behaglichkeit in der Klimahülle wurde vorerst gefordert, dass die Temperaturen so selten wie möglich 32 °C übersteigen sollen und nicht den Gefrierpunkt unterschreiten dürfen. Außerdem sollen Zuglufterscheinungen vermieden werden.

Nach der EnEV 2014, Abschnitt 1, § 1 Zweck und Anwendungsbereich, müssen keine besonderen Anforderungen eingehalten werden, solange die Klimahülle „nach ihrem Verwendungszweck großflächig und lang anhaltend offen gehalten werden (muss)“. Wäre dies nicht der Fall und sollte die Klimahülle „unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden“, müsste man eine wärmeisolierende Verglasung wählen, was mit einem erheblichen Kühlaufwand im Sommer verbunden wäre.

2.6 Mögliche Maßnahmen, um die Anforderungen einzuhalten

Um Überhitzungen zu vermeiden sollten die Lüftungsöffnungen so groß wie möglich sein. Allerdings gilt: je größer die Luftöffnungen sind, desto geringer ist das Schalldämmmaß. Die Öffnungen werden demnach begrenzt, da die Schallschutzanforderungen eingehalten werden müssen. Bei einer Öffnungsfläche von 5 % der gesamten Dachfläche kann noch ein wirksamer Schallschutz realisiert werden. Die Schalldämmelemente bewirken aber einen Druckverlust, der wiederum den Volumenstrom verringert. Durch „Hindernisse“ im Luftweg kann davon ausgegangen werden dass die effektiv wirksame Öffnungsfläche etwa 3-4 % der Dachfläche beträgt (bei der maximal möglichen tatsächlichen Öffnungsfläche von 5 % der Dachfläche).

Auch ohne technischen Aufwand kann einer sommerlichen Überhitzung vorgebeugt werden, indem die thermische Masse in der Klimahülle erhöht wird. Durch eine Nachtlüftung können die Gegenstände und Bauteile in der Klimahülle nachts abkühlen und dadurch tagsüber die Temperaturen senken.

2.6.1 Eisspeicher

Ein Eisspeicher ist ein mit Trinkwasser gefüllter Tank, dem man über eine Wärmepumpe bei Bedarf die Wärme entziehen kann, sogar bis unter den Gefrierpunkt. Die Nutzung der Kristallisationsenergie (93 Wh/(kg-K) bei Wasser) erlaubt einen zusätzlichen Energieentzug. Im Sommer kann der Eisspeicher regeneriert werden, wobei die „Kälte“ als „Abfallprodukt“ genutzt werden kann [6]. Ein Vorteil eines Eisspeichers ist, dass er ohne eine Behördengenehmigung gebaut werden kann. Es müssen keine tiefen Bohrungen für Erdwärmesonden gesetzt werden. Umweltfreundliche Energiequellen wie Außenluft, solare Einstrahlung und das Erdreich können vergleichsweise einfach erschlossen und gespeichert werden. Würde man

2.6.4 Trombe Wand

Eine Trombe Wand ist ein Bauteil, das durch seine Eigenschaften solare Energie passiv speichert. Es besteht aus einer dicken Wand (150 mm bis 300 mm), die mit einer selektiven Schicht beschichtet ist (meist schwarz), die solare Energie absorbiert. In einigen cm Abstand davor ist eine hochtransparente Glaswand angebracht, die dafür sorgt, dass die erwärmte Luft nicht nach außen strömt. Die Wand hat oben und unten einen Luftspalt, der es erlaubt, dass Luft durch das Bauteil zirkuliert und sich dabei aufwärmt. Üblicherweise ist eine Trombe-Wand nach Süden (bzw. nach Norden auf der Südhemisphäre) ausgerichtet, um möglichst viel Sonnenlicht aufzunehmen. Ein Lichtbrett über der Trombe-Wand verhindert übermäßigen solaren Ertrag im Sommer bei hoch stehender Sonne, erlaubt ihn aber im Winter wenn Wärme erwünscht ist [8].

Für die Klimahülle bedeutet dies, dass Lichtbretter unabdingbar wären, die Südwand nicht wandelbar wäre und dass es im Sommer (ohne Verschattung) noch wärmer darin wäre, also mehr Öffnungen zur Belüftung benötigt werden.

Auf der anderen Seite wäre die Heizlast für die Kita im Winter geringer. Wenn man die Trombe-Wand im Westen anbringt, könnte man gezielt den Wärmegewinn in die Abendstunden legen, so dass es abends länger warm bleibt. Allerdings wird die Klimahülle nachts nicht genutzt und eine dunkle opake Fassade ist unerwünscht. Außerdem sollte die hohe Wärmelast im Sommer nicht noch weiter erhöht werden, daher ist eine Trombe-Wand wenig geeignet für die aktuelle Variante der Klimahülle.

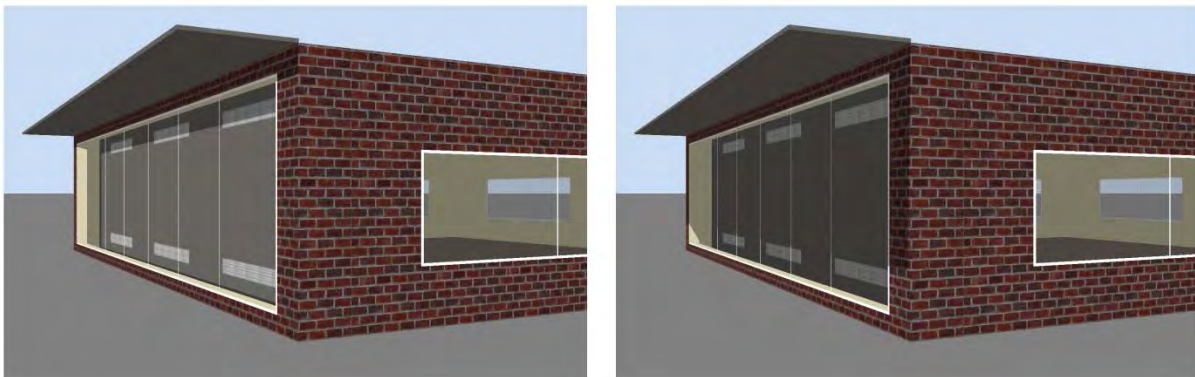


Abbildung 33: Eine in DesignBuilder modulierte Trombe Wand. Links am 21.Dezember, rechts am 21.Juni, jeweils um kurz vor 12 Uhr.

2.6.5 Kühlsegel

Kühlsegel sind abgehängte Teilbereiche der Decken, die mit Luft oder Wasser kühlen. Praktisch sind Kühldecken auch als Strahlungsheizflächen nutzbar.

Um „Kältestrahlung“ durch die Fenster zu kompensieren wird eine statische Heizung benötigt.

Die Behaglichkeitskriterien nach der DIN EN 12831 können nicht eingehalten werden, da die Klimahülle nicht beheizt wird. Außerdem sind die Wände der Klimahülle zum Großteil verglast, woraus sich im Winter durch die resultierende „Kältestrahlung“ ein Behaglichkeitsdefizit ergibt. Es kann keine befriedigende Abschirmung der Fassade gegen „Kältestrahlung“ erreicht werden.

Mit Kühlsegeln lässt sich auch mit geringer Vorlauftemperatur eine hohe Wärmeleistung erzielen. Durch die konvektive Wärmeübertragung des wasserdurchströmten Kühlsegels bildet sich unter der Decke ein Warmluftpolster. Für die Klimahülle bedeutet dies, dass ein Teil der Wärme (30% Konvektionsanteil) nach oben hin quasi verloren geht und die Kühlheizdecke nur als Strahlungsheizdecke fungiert.

Die Energie-ökonomische Seite der Wasser betriebenen Kühlsegel im Vergleich zu einer Luftkühlung sagt, dass Luft einen ca. 20-mal höheren Energieaufwand zur Förderung braucht als Wasser [9]. Ein Argument mehr, die Kühlsegel mit Wasser zu betreiben. Dieses könnte über einen Wärmetauscher von einem Eisspeicher (oder Erdsonden) im Sommer gekühlt und im Winter erwärmt werden.

Da ein Kühlsegel ein weitgehend vormontiertes Fertigbauteil ist, ist die Installation und Wartung relativ einfach. Es ist mit einer geringen Verschmutzung zu rechnen, allerdings müssen die Kondensatauffangbehälter regelmäßig geleert werden.

In ein Kühl- bzw. Heizsegel können schallabsorbierende Elemente integriert werden [10]. Der Nachteil besteht in der eingeschränkten Sicht nach oben. Denkbar wäre beispielsweise der Einsatz von Kühl- (bzw. Heiz-)segeln in einem bestimmten Bereich, wie z.B. einer Sitzecke. In dieser Zone wäre sowohl die thermische Behaglichkeit als auch das akustische Verhalten verbessert.

2.6.6 Betonkernaktivierung

Mit einer Betonkernaktivierung kann ein Gebäude teilweise oder komplett beheizt und gekühlt werden. Dabei wird die Massivdecke bzw. der Boden durch wasserführende Leitungen thermisch aktiviert. Wobei die Wassertemperaturen nicht mehr als 28°C und nicht weniger als 18°C betragen sollten [11].

Das massive Bauteil nimmt die Wärme vom Medium oder vom Raum auf, speichert sie und gibt sie zeitversetzt an den Raum oder das Medium weiter. Es kommt also zu einer Phasenverschiebung in der Heizkurve zwischen Energieerzeugung und -abgabe. Die Tagesleistungsspitzen werden dadurch „geglättet“.

Im Sommer wird die Nachtabkühlung oder bzw. und der Eisspeicher zur Kühlung des Mediums genutzt und dem Bauteil Wärmeenergie entnommen. Tagsüber werden die Räume durch Wärmefluss in die nun abgekühlten Böden gekühlt. Die Kühlung erfolgt somit bedarfsgerecht am Tag, die maximale Tagestemperatur wird gesenkt und sie tritt zu einem späteren Zeitpunkt auf als ohne Kühlung. Aufgrund der sehr geringen Vorlauftemperaturen können z.B. Wärmepumpen sehr effizient eingesetzt werden.

Diese Komponente eignet sich also besonders gut für die Klimahülle. Die hohen Spitzentemperaturen die in den Sommermonaten tagsüber durch den solaren Ertrag entstehen, können effektiv gesenkt werden.

2.6.7 Aufwindtürme

Um die erwärmte Luft besser aus der Klimahülle austragen zu können, besteht die Idee, auf das Dach mehrere Türme zu setzen, die die warme Luft aus der Klimahülle austragen. Hierzu müsste der Differenzdruck, der aus dem Kamineffekt durch den Turm resultiert, etwas größer sein, als der Druckverlust der Klimahülle.

Da in der Klimahülle auch schon ein Kamineffekt entsteht, der Druckverlust also sowieso schon überwunden wird, wird die Luftströmung noch verstärkt.

Dies bedeutet, dass bei gleicher Auslassfläche die Luftwechselrate in der Klimahülle entsprechend höher ist. Mit anderen Worten: der Volumenstrom durch die Öffnungen und damit die Geschwindigkeit der strömenden Luft werden höher.

3 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Die Strömungssimulationen zeigen, dass die Lufteinlässe gleichmäßig im unteren Bereich der Klimahülle verteilt sein sollten, um eine effiziente Kühlung der Klimahülle durch natürliche Belüftung zu gewährleisten. Der Kamineffekt – und damit eine gute Belüftung – funktioniert bei einer höheren Klimahülle und einer „Luftführung“ entlang eines schrägen Dachs am besten. Die Tonnendachvariante wäre aus dieser Sicht der Rahmenkonstruktion zu bevorzugen.

Dennoch wurde das Rahmentragwerk aus folgenden Gründen als Vorzugsvariante für die Ausführung der Klimahülle gewählt:

Das klare Design und die geradlinige Architektur entsprechen dem politischen Wunsch der städtebaulichen Anpassung der Klimahülle an das umliegende Wohngebiet. Hierbei ist die Umgebung geprägt von Einfamilienhäusern und sowohl das Tonnendach als auch der Schirmentwurf wären hier ein zu großer architektonischer Einschnitt gewesen.

Baukonstruktiv bietet das Rahmentragwerk auf Grund seiner ebenen Flächen die beste Basis für den Einsatz von thermisch notwendigen Bauteilen wie den Sonnensegeln zum Schutz vor sommerlicher Überhitzung oder auch der PV-Anlage zur Eigen-Energieversorgung der Klimahülle. Hier ist sowohl die Montage der mechanisch bedienbaren Sonnensegel und der Photovoltaik-Paneele leichter als beim Tonnendach umzusetzen als auch die Wartung und Reinigung der zusätzlichen Fassadenaufbauten.

Wie in der folgenden Auswertung der Lüftungsquerschnitte zu sehen ist sind die Unterschiede in der Thermik in Hinblick auf die Überhitzung in den Sommermonaten nur minimal, weshalb aus Behaglichkeitsgründen beide Varianten gleich gut zu bewerten sind. Beide Entwürfe schaffen also durch ausreichend große Lüftungsquerschnitte in der Fassade in Form von semipermeablen Fenstern ein behagliches Mikroklima innerhalb der Hülle.

Zusätzlich schafft das Rahmentragwerk durch Rückbau des Daches und den Dachgarten einen Mehrwert für die Kita, da etwa 730 m² Fläche mehr für die Kinder zur Verfügung stehen.

Folgend wird daher das Rahmentragwerk hinsichtlich den geforderten klimatischen Randbedingungen weiter untersucht und in der Ausführung optimiert.

Die Schirm-Variante umschließt zwar nicht die Kita und hat damit eine geringere thermisch wirksame Masse, aber der Vorteil dieser Variante wäre die Möglichkeit, das Dach großflächig öffnen zu können, was neben einer Nachtlüftung tagsüber eine sehr gute Belüftung erlaubt.

Die Variante 1 und 2 (Tonnendach und Rahmenkonstruktion) erlauben eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs der Kita „Tabaluga“: Durch die Klimahülle und eine geeignete Auslegung der technischen Gebäudeausstattung (Solarkollektoren, PV, Eisspeicher, Betonkernaktivierung) sowie wandelbaren Tragwerkselementen zur Verschattung und Lüftung wird die Kita Tabaluga zum Nullenergiehaus, d.h. in der Jahresbilanz ist der Energiebezug von außen Null.

Hierbei funktioniert die Klimahülle – nicht nur bei besonderen Wettersituationen – wie extremer Hitze und Kälte – als Klimapuffer, sondern sie reguliert durch eine genau aufeinander abgestimmte Steuerung der einzelnen Komponenten energieautark auch den Luftaustausch und die Wärmekopplung zwischen dem Kita-Bestandsgebäude und dem neu geschaffenen Luftraum unter der Hülle. Beide erlauben das Entfernen des Dachstuhls; durch die Terrasse kann eine zusätzlich nutzbare Fläche von ca. 740 m² entstehen.

Die Strömungssimulationen zeigten die hohe Wirksamkeit einer Betonkernaktivierung.

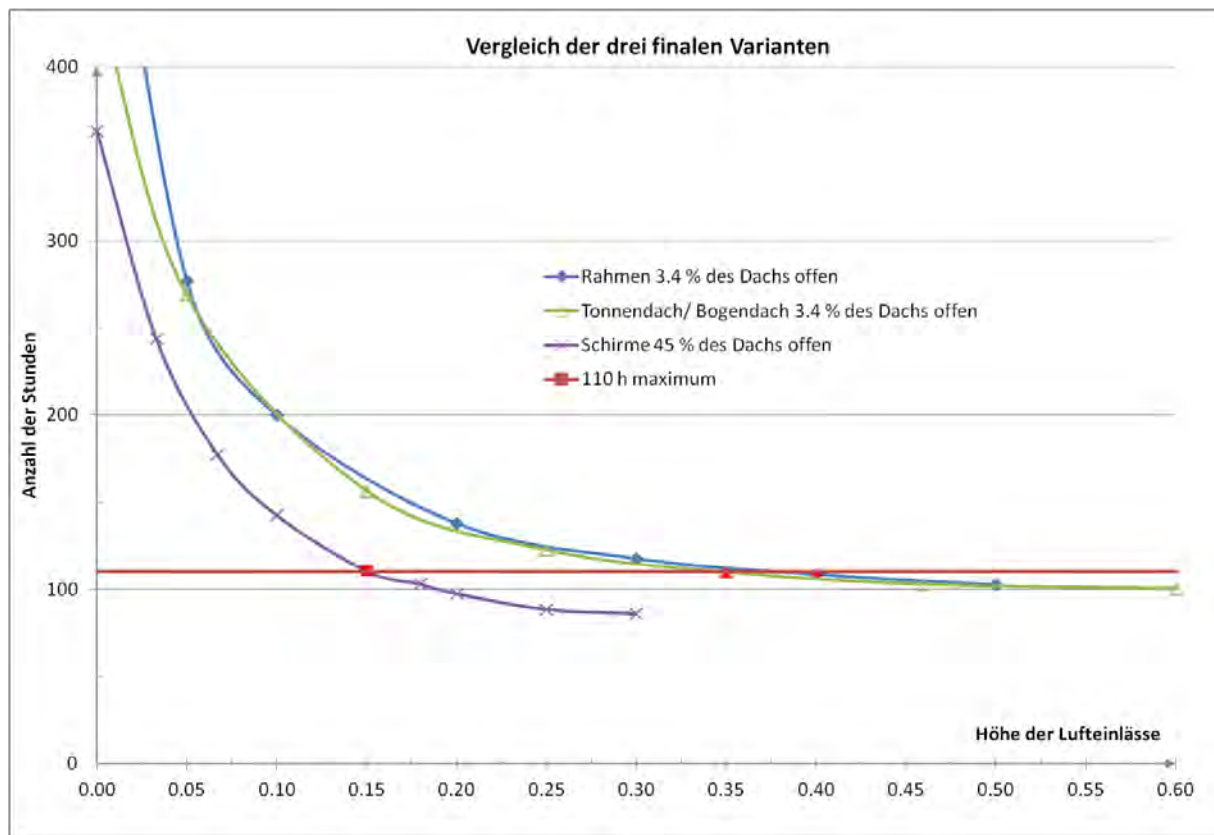


Abbildung 34: Vergleich der drei finalen Varianten.

Der Abbildung 34 kann man entnehmen, wie groß die Öffnungsklappen an der Ost- und Westfassade der jeweiligen Klimahüllenvariante sein müssen, damit die Klimahülle in den Sommermonaten nicht überhitzt. Man sieht im direkten Vergleich, dass man bei der Schirmvariante das kühlste Klima erreichen könnte, da hier das Dach großflächig offen gehalten werden kann.

3.1 Vorentwurfsvariante Rahmen: Energie- Klima- und Schallschutzkonzept

Die Klimahülle funktioniert als ein sensibel auf die jeweiligen Gebäudeteile abgestimmter Organismus, welcher aus einem integrativen Tragwerks-, Energie und Schallschutzkonzept besteht.

Die multiplen Anforderungen an das Innenklima- insbesondere die thermische Behaglichkeit und den Schallschutz in der Klimahülle- bedingen eine präzise Abstimmung und Steuerung der einzelnen Komponenten und Gewerke untereinander. Aktuell beträgt der spezifische Bedarf der Kita an Heizenergie etwa 93 kWh/m²a, entsprechend knapp 9 l Heizöl/m²a bzw. etwa 9 m³Erdgas/m²a. Der jährliche Stromverbrauch beträgt insgesamt knapp 20.000 kWh/a (siehe 0.3).

Durch die Klimahülle und eine geeignete Auslegung der technischen Gebäudeausstattung (Solarkollektoren, PV, Eisspeicher, Betonkernaktivierung) sowie wandelbaren Tragwerkselementen zur Verschattung und Lüftung wird die Kita Tabaluga zum Nullenergiehaus, d.h. in der Jahresbilanz ist der Energiebezug von außen Null. Hierbei funktioniert die Klimahülle - nicht nur bei besonderen Wetter-situationen - wie extremer Hitze und Kälte - als Klimapuffer, sondern sie reguliert durch eine genau aufeinander abgestimmte Steuerung der einzelnen Komponenten energieautark auch den Luftaustausch und die Wärmekopplung zwischen dem Kita-Bestandsgebäude und dem neu geschaffenen Luftraum unter der Hülle. Zudem sorgt die Klimahülle für eine deutliche Reduktion des Fluglärms im Innenraum,

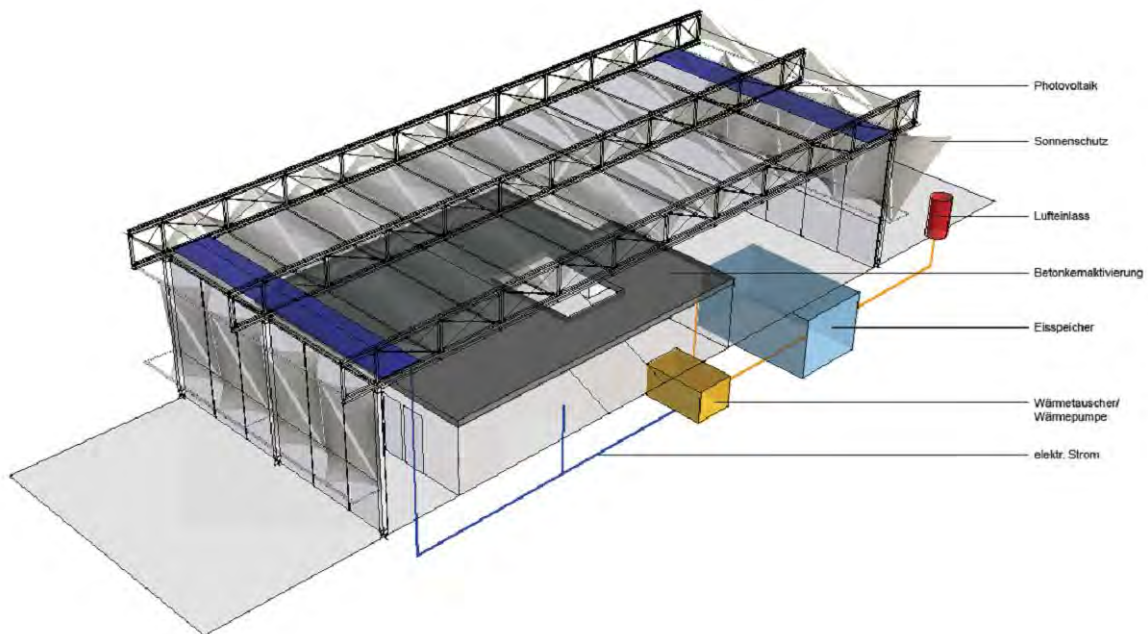


Abbildung 35: Technische Ausstattung der Klimahülle (schematisch).

Das entwickelte System besteht aus einer Glashülle mit außenliegender wandelbarer Verschattung, die im ausgefahrenen Zustand eine sommerliche Überhitzung verhindert und im zusammengefahrenen Zustand im Winter den maximalen solaren Eintrag ermöglicht. Weiter wird ein saisonal differenziert genutzter Eisspeicher zur Kühlung mittels eines Erdkanales zur Frischluftzufuhr im Sommer bzw. zur Heizung und Wärmepumpe im Winter eingesetzt.

Die im Dach integrierte Photovoltaik versorgt nicht nur sämtliche technische Einbauten mit der benötigten Energie, sondern deckt künftig auch den gesamten Bedarf der Kita an elektrischem Strom. Darüber hinaus wird durch den Einsatz von Betonkernaktivierung im Bereich des neuen Dachgartens ebenfalls saisonal gekühlt bzw. geheizt, ohne hierfür zusätzliche Energie aus dem Netz der öffentlichen Versorgung zu benötigen.

Im Folgenden soll die Funktionsweise des Klimasystems kurz erläutert werden:

3.1.1 Sommer

Im Sommer wird mittels der PV-Anlage auf dem Dach der Klimahülle elektrische Energie bereitgestellt. Zu einem Teil deckt diese den Eigenbedarf, insbesondere für Beleuchtung. Weiter wird ein elektrischer Speicher geladen, der so dimensioniert ist, dass die Kita auch vom frühen Abend bis zum Morgen normalerweise keine elektrische Energie aus dem Netz der öffentlichen Versorgung beziehen muss. Darüber hinaus erzeugter Strom wird ins Netz eingespeist.

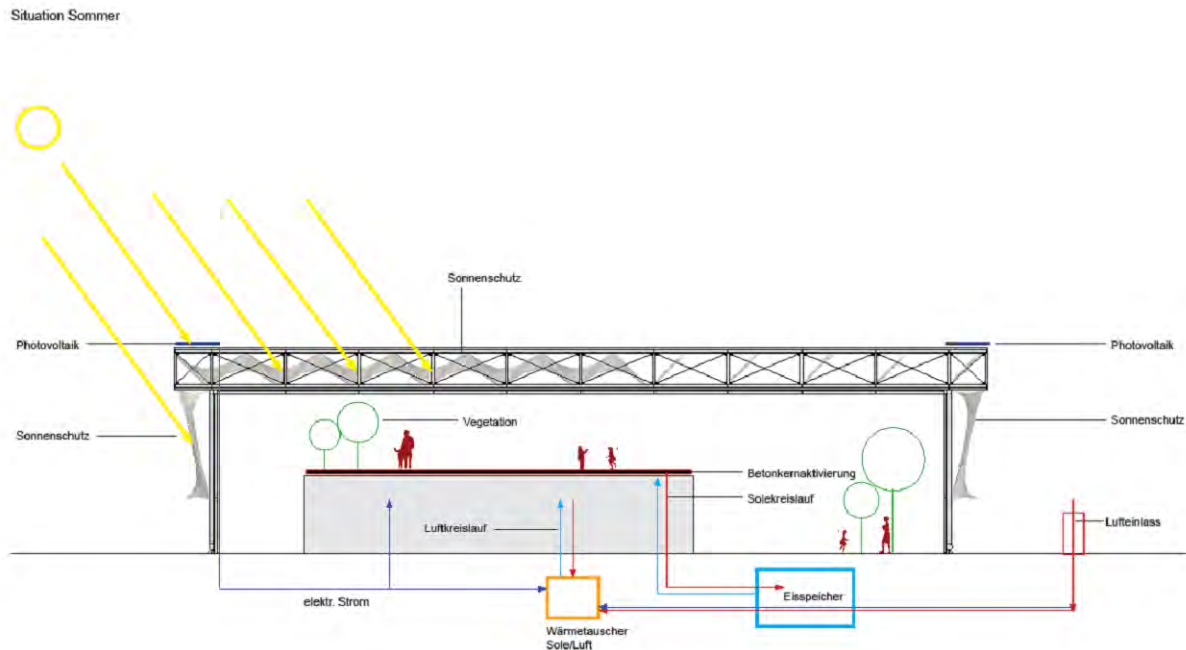


Abbildung 36: Betriebsweise der Klimahülle im Sommer (schematisch).

Der Wirkungsgrad der PV-Anlage kann durch Hinterlüften der Module gesteigert werden, denn niedrigere Betriebstemperaturen wirken sich günstig auf den Wirkungsgrad der Module aus.

Kälte aus dem Eisspeicher wird genutzt, die Kita zu kühlen. Dazu dient insbesondere die aktive Decke, welche durch dünne von Kaltwasser durchströmte Rohre für angenehme Temperaturen sorgt, weiter werden (Heiz-)Kühlsegel aus dem Eisspeicher gespeist. Auf diese Weise wird der Eisspeicher im Sommer regeneriert, d.h. aus dem Eisklotz wird wieder flüssiges Wasser. Um auch in Sommern mit niedrigem Kühlbedarf eine möglichst vollständige Regeneration sicherzustellen, sind zusätzliche solarthermische Kollektoren vorgesehen. Ob diese tatsächlich installiert werden müssen, wird die Systemsimulation der Ausführungsplanung ergeben.

Zusätzlich kann die Zuluft mittels Wärmetauscher vorgekühlt werden. Eine einfache Art der Frischluftvorkühlung erfolgt zusätzlich über einen Erdwärmetauscher.

Verschattungselemente reduzieren den solaren Wärmeeintrag. Die aktive Klimahülle öffnet sich nachts zur freien Kühlung („Free Cooling“).

3.1.2 Winter

Im Winter, d.h. allgemein in der Heizperiode, wird dem Wasser im Eisspeicher Wärme auf niedrigem Temperaturniveau entzogen, mittels PV-betriebener Wärmepumpe auf $\sim 23^{\circ}\text{C}$ angehoben und zur Heizung verwendet. Dazu werden die aktive Betondecke und die Heiz-(Kühl)Segel von Warmwasser durchströmt und geben Wärme ab. Im Lauf des Winters kühlt das Wasser zunächst auf 0°C ab, ihm wird die sensible Wärme entzogen, und dann beginnt es zu gefrieren, dem Wasser wird die latente Wärme entzogen. Am Ende des Winters ist der Eisspeicher durchgefroren.

Situation Winter

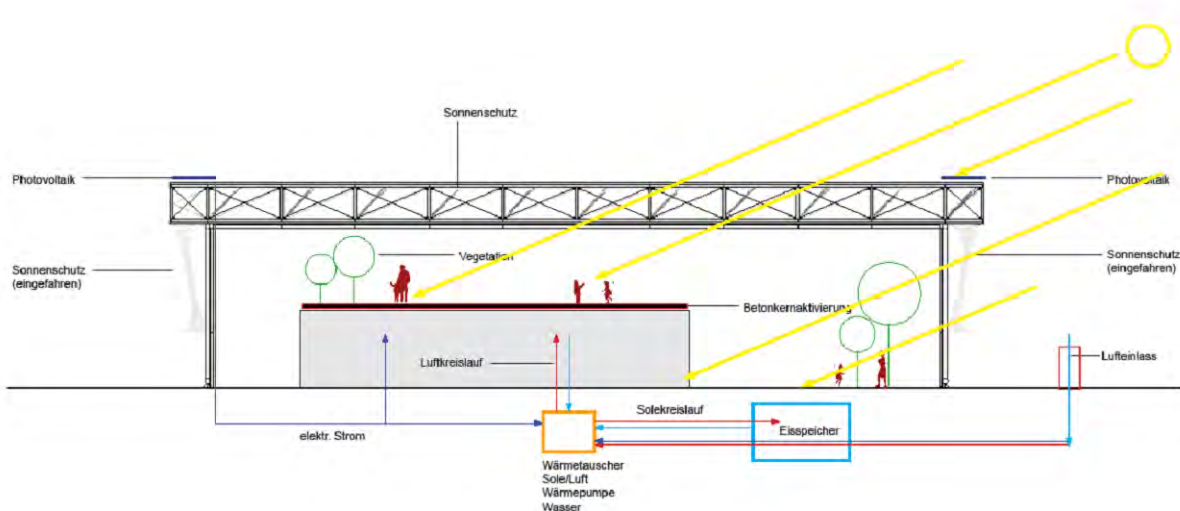


Abbildung 37: Betriebsweise der Klimahülle im Winter (schematisch).

Die gespeicherte Kälte steht bereit, um im Sommer zur Kühlung der (Kita in der) Klimahülle verwendet zu werden. Der Eisspeicher wird regeneriert, der Kreislauf kann von vorne beginnen.

3.2 Betriebswirtschaftliche Analyse - Kosten der Umweltentlastung

Die ermittelten Kosten für die Klimahülle über der Kita Blankenfelde-Mahlow belaufen sich auf etwa 530'000 € (siehe Anhang 2: Technische Informationen und Richtpreise für ausgewählte technische Komponenten)



GALAXY ENERGY

GS250M-96 | GS255M-96
GS260M-96 | GS265M-96 | GS270M-96



Deutsche Qualität

Die präzise und hochwertige Verarbeitung aller einzelnen Komponenten zeichnet ein Galaxy Energy Modul aus.

Deshalb bietet Galaxy Energy eine Produktgarantie von 5 Jahre.¹⁾

Im Zusammenspiel mit der Leistungsgarantie²⁾ von 25 Jahre, liefert das PV-Modul eine sichere Investition über Jahrzehnte und somit auch für die Zukunft.

Natürlich entsprechen unsere Photovoltaikmodule den notwendigen Zertifikaten und bieten beste Sicherheit.³⁾

Alle Module werden vor und nach der Lamination geflasht und auf Mikrorisse in den Zellen mit dem Elektrolumineszenzverfahren kontrolliert.



Kerndaten



Leistung von 250 - 270 Watt



Wirkungsgrad bis 16,17%



5 Jahre Produktgarantie¹⁾
25 Jahre Leistungsgarantie²⁾



Länge 1575 mm

Breite 1060 mm

Höhe 50 mm

Gewicht 20 kg



Energy Systems for the future



¹⁾ Gegen einen geringen Aufpreis kann die standardmäßige Produktgarantie von 5 auf 10 Jahre verlängert werden.
²⁾ Die Leistungsgarantie unserer Photovoltaikmodule entspricht 90% auf 10 Jahre und 80% auf 25 Jahre.
³⁾ Unsere Module entsprechen den Zertifikaten CE, IEC 61215, ISO, CSA, UL und der TÜV Sicherheitsklasse II.



GALAXY ENERGY

GS250M-96 | GS255M-96 GS260M-96 | GS265M-96 | GS270M-96



ELEKTRISCHE MODULDATEN (STC)

			GS250m-96	GS255m-96	GS260m-96	GS265m-96	GS270m-96
Nennleistung	P_{MPP}	Wp	250Wp	255 Wp	260Wp	265Wp	270Wp
Nennspannung	U_{MPP}	V	49,50V	50,00V	50,50V	51,00V	51,50V
Nennstrom	I_{MPP}	A	5,05A	5,10A	5,15A	5,20A	5,24A
Leerlaufspannung	U_{OC}	V	59,90V	60,50V	61,10V	61,70V	62,3V
Kurzschlussstrom	I_{SC}	A	5,61A	5,66A	5,72A	5,77A	5,82A
Modulwirkungsgrad		%	14,97%	15,27%	15,57%	15,87%	16,17%
Modulleistungstoleranz		%	-0/+2%	-0/+2%	-0/+2%	-0/+2%	-0/+2%
Rückstromsicherheit	IR	A	14A	14A	14A	14A	14A

Die elektrischen Daten gelten bei Standard-Test-Bedingungen (STC): 1000 W/m²; 25°C; AM 1,5

TEMPERATURKOEFFIZIENTEN

Temperatur Limit	°C	-40°C~+85°C
Nominale Zelltemperatur	NOCT °C	48±2°C
Leistung	P_{MPP} %/K	-0.43%/K
Spannung	U_{MPP} %/K	-0.33%/K
Strom	I_{SC} %/K	+0.04%/K
Leerlaufspannung	U_{OC} %/K	-0.33%/K
Kurzschlussstrom	I_{SC} %/K	+0.04%/K

ABMESSUNGEN UND GEWICHT

Länge x Breite	1575x1060 mm
Rahmenhöhe	50 mm
Gewicht	20 kg

GRUNDATEN

Solarzellen pro Modul	96 Stück
Zellgröße	125x125 mm; 5 Inch
Solarzellentyp	Monokristallines-Si
Bypassdioden im Modul	4 Stück
Anschlussbox	Galaxy Box - IP65
Ammoniakbeständig	bis 1000F/Liter
Anschlusskabel	4 mm ² /900 mm
Anschlussstecker	GE4 Modell 601 mit Goldkontakt
Eisenarmesglas	3,2 mm getempert
Hohlkammerahmenprofil	Eloxiertes Aluminium

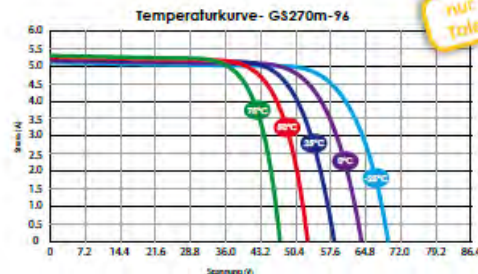
GRENZWERTE

Max. zulässige Spannung	1000 V (IEC) DC
Max. Belastung	550 kg/m ²
Brandklasse	C

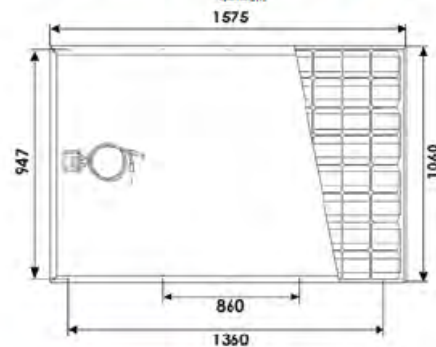
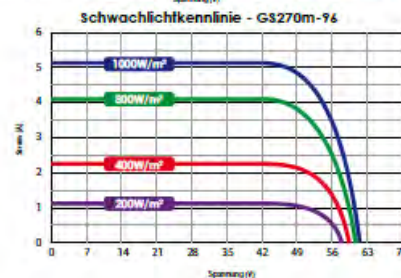
Energy Systems for the Future

Galaxy Energy GmbH behält sich Spezifikationsänderungen ohne vorherige Ankündigung vor.

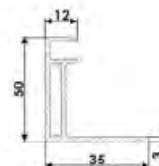
www.galaxy-energy.com



nur Plus Toleranz



Unser Fachhändler von Galaxy Energy berät Sie gerne



05/2014 | Galaxy Energy GmbH



Dezember 2015 ▾

Modultyp, Herkunft	€ / Wp	Trend seit November 2015	Trend seit Januar 2015
Kristalline Module			
Deutschland	0.59	0,00 % =	-1,67 % ↘
Japan, Korea	0.64	-1,54 % ↘	4,92 % ↗
China	0.55	0,00 % =	1,85 % ↗
Südostasien, Taiwan	0.47	-2,08 % ↘	2,17 % ↗

PV-Preistrend [11]



WPF 40

SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPEN

PRODUKT-NR.: 233006

Die Vorteile moderner Wärmepumpentechnologie wachsen. Die Wärmepumpenbaureihe WPF wurde speziell entwickelt, um größere Wohnanlagen sowie Gewerbe- und Industriebauten mit Wärme zu versorgen. Auf Wunsch inklusive Warmwasserversorgung. Über eine Kaskadenschaltung decken ein oder mehrere Geräte die Grundversorgung mit Wärme ab, bei Verbrauchsspitzen werden weitere Geräte zugeschaltet. Das senkt nachweislich die Betriebskosten. Beim Einsatz mehrerer Geräte können je zwei Wärmepumpen platzsparend aufeinandergestellt werden. So reduziert die Wärmepumpenanlage nicht nur den Energie-, sondern auch den Platzverbrauch.



Die wichtigsten Merkmale

43,1 kW Wärmeleistung bei B0/W35

Zwei Geräte stapelbar für beengte Platzverhältnisse

Geeignet für Kaskadenschaltung für große Leistungsanforderungen

Hohe Zuverlässigkeit durch robuste Ein-Verdichter-Konstruktion

Mit integrierter Wärmemengen- und Stromzählung

Sehr leise im Betrieb

Beispiel für mögliche Wärmepumpen, Marktpreis ~ 10'000 €



Beispiel für Betonkernaktivierung (Rohre auf Bewehrung vor dem Betonieren (Quelle Foto: [13]), spez. Kosten etwa 40 bis 50 €/m² [14])

Anhang 3: Kostenschätzung 400 Technische Anlagen).

Zusätzlich sind Betriebs- und Wartungskosten zu berücksichtigen. Bei PV-Anlagen wird z.B. von etwa 3 % der Investitionskosten ausgegangen [10], bei (Erd-) Wärmepumpenanlagen von unter einem Prozent. Hier wird vereinfacht von 2 % ausgegangen, dies entspricht 10'600 € pro Jahr.

Als Summe aus Annuität und Betriebs- und Wartungskosten ergibt sich damit ein Gesamtbetrag von 53'400 € (42'800 € + 10'600 €).

Dem stehen jährliche Einsparungen beim Strombezug und den Heizkosten von 8'700 € gegenüber (siehe Abbildung 11)².

Allerdings darf nicht vergessen werden, dass sich die Nutzfläche nach dem Umbau verdoppelt; entsprechend stiegen auch die Energiekosten für eine konventionell erweiterte Kita auf den etwa doppelten Wert.

Dennoch ist damit klar, dass sich die technischen Anlagen der Klimahülle allein über eine Reduktion der Energiebezugskosten nicht rechnet. Die Klimahülle ist hier immer im Gesamtkontext zu sehen, der auch wesentlich die Punkte „Lärmschutz und erweiterte Nutzfläche“ beinhaltet.

Betrachtet man die Treibhausgasminderungskosten, so ergibt sich folgendes Bild: Die erwartete Reduktion des Gasverbrauchs beträgt 54'000 kWh. Bei einem Emissionsfaktor von rund 80 t/TJ [10] (entsprechend ~ 0,3 kg/kWh) für eine Erdgasheizung ergibt sich somit eine Emissionsminderung von gut 16 t, bei rechnerischen spezifischen Kosten von etwa 3'300 €/t. Dieser Wert ist weit höher als die Minderungskosten anderer Optionen. Als Indikator mag der Kurs der Emissionszertifikate dienen: Dieser lag 2011 kurzfristig bei 11 €/t, sank dann aber auf deut-

² Dabei wird davon ausgegangen, dass durch die geplante technische Gebäudeausrüstung kein Fremdbezug an elektrischer Energie und Erdgas mehr erforderlich sein wird. Dies erscheint realistisch, denn sowohl PV-Anlage als auch Eisspeicher, Wärmepumpen etc. sind so ausgelegt, dass der Gebäudebedarf vollständig gedeckt wird.

lich niedrigere Werte von zuletzt (Frühjahr 2015) im Bereich von 7 €/t ab. Auch hier wird klar, dass sich eine Klimahülle über einer Kita nach aktueller EnEV keine kosteneffiziente Maßnahme allein unter dem Aspekt des Klimaschutzes sein kann. Dies ist aber auch wenig überraschend. Auch hier gilt, Emissionsminderung alleine ist keine ausreichende Begründung für die Klimahülle

Ergänzende Hinweise:

- Die Kita Tabaluga wurde entsprechend einer aktuellen EnEV gebaut, deshalb sind die möglichen Energie-Einsparungen vergleichsweise niedrig. Bei älteren Gebäuden aber ist eine wesentlich höhere Einsparung möglich, grob abgeschätzt z.B. bei Gebäuden vor 1977 etwa um den Faktor drei.
- Die erforderlichen Klimasimulationen waren deutlich aufwändiger als zunächst geplant, insbesondere weil die Konzepte „Haus in der Hülle“ und „Eisspeicher“ standardmäßig bei den zur Verfügung stehenden Simulationsprogrammen zunächst gar nicht und dann lediglich annähernd und mit großem Aufwand abgebildet werden konnten. Auf eine detaillierte Lebenszyklusanalyse, wie sie ursprünglich vorgesehen war, musste daher im zeitlich und finanziell begrenzten Rahmen des Projekts verzichtet werden.



Anhang 1: Angebot Eisspeicher Firma Viessmann

Viessmann Eis-Energiespeicher GmbH
Rheinlandstr. 10
D-71636 Ludwigsburg

Zusammenfassung der
Simulationsauswertung



BV Kita Mahlow			
Kundendaten*			
sbp sonne GmbH Dr. Gerhard Weinrebe Schwabstraße 43 70197 Stuttgart			
Baustellenanschrift*		Wärmeerzeuger [WEZ]*	
Ansprechpartner:	Dr. Gerhard Weinrebe	Wärmepumpentyp [WP]:	Vitocal 300-G BW 301.A29
Telefonnummer:	-	Wärmepumpenleistung bei B-5/W35:	24.5 kW
PLZ/Ort:	15827 Blaukenitz/Ale-Mahlow	Wärmepumpenleistung bei B0/W35:	29.0 kW
Strasse, Hausnummer:	Karl-Liebknecht-Str. 22g	2. WEZ Typ:	-
Land:	Deutschland	2. WEZ Leistung:	-
Höhe über Meeresspiegel:	42.0 Meter	Betriebsweise:	monovalent
Gebäudedaten*		Regelung & Umschaltpunkte [UP]	
Heizlast oder Gebäudeenergiebedarf:	20.0 kW	Umschaltemperatur WP-SLK ↔ WP-EES:	(Soleaustrittstemperatur Kollektorfeld)
Trinkwarmwasserbedarf [TWW]:	-		-4.0 °C
Warmwassertemperatur über WP:	-	Freigabe Direktbetrieb (WP-SLK):	Okt-März
Heizungssystem:	Fußbodenheizung	Freigabe Regenerationsbetrieb (SLK-EES):	Okt-Jan
Vor- & Rücklauftemperatur:	35 / 28 °C	Freigabe Kühlbetrieb:	Mai-Sept
maximale Kühllast:	20 kW	Bivalenzpunkt WP ↔ 2 WEZ:	-
Vor- & Rücklauftemperatur:	16 / 19 °C	Freigabe Bivalenzbetrieb:	-
Eis-Energiespeicher		SolarLuft-Kollektoren [SLK]	
Behälterform:	zylinderförmig	Typ:	vormontierte SLK-600
Wasservolumen:	68'630 Liter	Anzahl:	5
Höhe (Innenmaße):	3.0 Meter	Anstellwinkel*:	5°
Durchmesser (Innenmaße):	6.0 Meter	Ausrichtung*:	-
Pufferzeit:	270 h	Aufstellfläche (exkl. Abstandsflächen)	43 qm
Enthaltene Solemengen		Dokumente für den Abgleich	
Wärmetauscher:	995 Liter	Hydraulikschemas:	muss nachgereicht werden
Kollektoren:	600 Liter	Bodengutachten:	muss nachgereicht werden
Schnittstellenverlegung:	82 Liter	Lageplan:	muss nachgereicht werden
Anbindeleitung:	-		

*externe Angaben

Angebotsnummer

Anmerkungen

Die Simulation wurde mit Kollektoren gerechnet, damit der benötigte Energiebedarf für den Kollektordirektbetrieb sowie für die Regeneration ermittelt werden kann. Dieser Energieanteil muss beim Einsatz der Klimahülle gleichwertig zur Verfügung gestellt werden.

Richtpreis

Position	exkl. MwSt.	inkl. MwSt.
Betonbehälter	18'869.99 €	22'455.29 €
Wärmetauscher inkl. Schnittstelle	26'844.93 €	31'945.47 €
Sauberkeitsschicht	317.05 €	377.29 €
Sole (Tyfocor)	1'545.15 €	1'838.73 €
Visualisierung	3'618.71 €	4'306.27 €
Füllstandssensor	1'345.80 €	1'601.50 €
Gesamtkosten	52'641.62 €	62'624.53 €

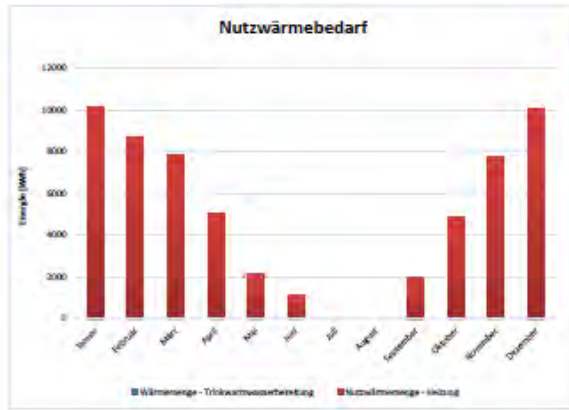


Viessmann Eis-Energiespeicher GmbH
Rheinlandstr. 10
D-71636 Ludwigsburg

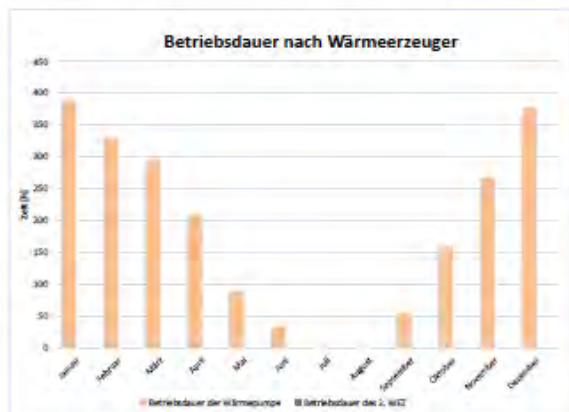
Zusammenfassung der
Simulationsauswertung



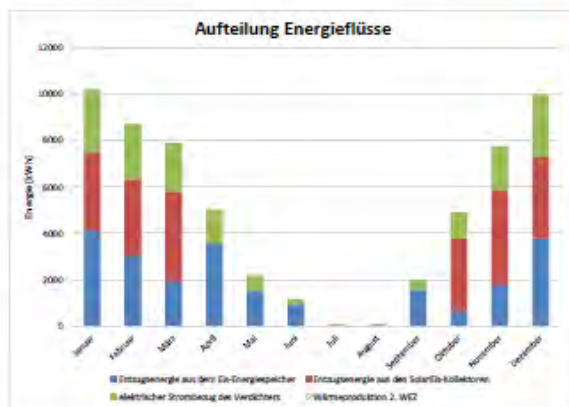
Betriebsdauer und Energiemengen



Zusammenfassung Nutzwärmebedarf	
Nutzwärmemenge - Heizung	59'479 kWh/a
Sollvorlauftemperatur - Raumheizung	35 °C
Wärmemenge - Trinkwasserbereitung	0 kWh/a
Solltemperatur und -menge Trinkwasser	-



Zusammenfassung Betriebsdauer nach WEZ	
Betriebsdauer der Wärmepumpe	2'207 h/a
Durchschnittliche Wärmepumpenleistung	27.1 kW
Betriebsdauer des 2. WEZ	0 h/a
Bivalenzpunkt WP <=> 2. WEZ	-



Zusammenfassung Energieflüsse	
Entzugsenergie aus dem Eisenergiespeicher	22'866 kWh/a
Entzugsenergie aus den SLK	21'308 kWh/a
Antriebsenergie der WP	15'726 kWh/a
Wärmemenge durch Wärmepumpe	59'900 kWh/a
Wärmemenge durch 2. WEZ	0 kWh/a

Viessmann Eis-Energiespeicher GmbH
Telefon: 07141 99 17 0000
Telefax: 07141 99 17 0011
Email: info@ivocal.de

16.07.2015
Seite 2 von 5

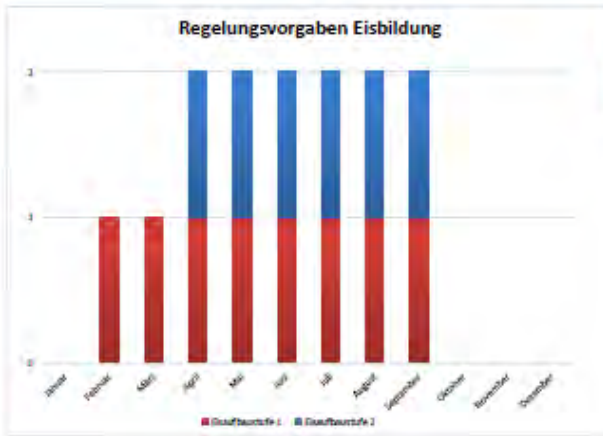


Project-No. | S3153 | Part | Energie

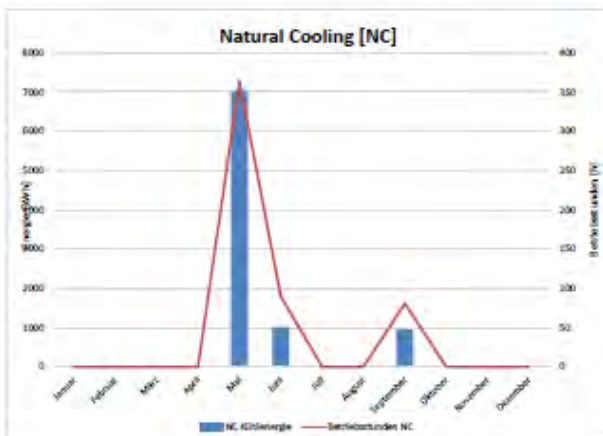
Date | 21.04.2016 | Page | 53



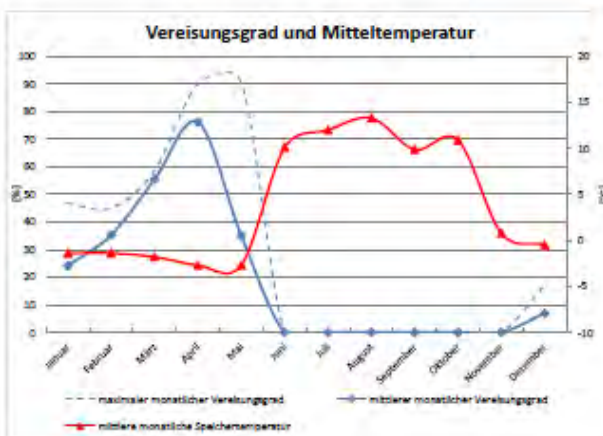
Regelungs- & Steuerungsvorgaben



Zusammenfassung Eisbildung	
Eisbaustufe 1: Regenerationspumpe gesperrt	
Eisbaustufe 2: Entzug erfolgt nur aus dem Speicher	



Zusammenfassung Natural Cooling	
NC Kühlenergiemenge	8'971 kWh/a
mittlere Kühlleistung	16,8 kW
Kühleintrittstemperatur (Soll)	16,0 °C
Kühlaustrittstemperatur (Soll)	19,0 °C
mögliche Betriebsstunden im Jahr	334 h/a



Zusammenfassung Vereisungsgrad	
maximaler Vereisungsgrad	90,60%
minimale Speichertemperatur	-3 °C
maximale Speichertemperatur	15,3 °C

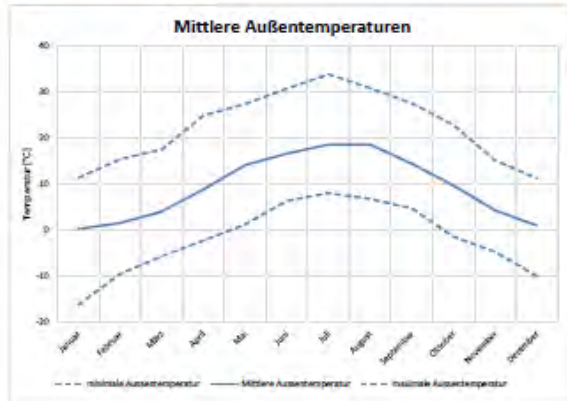


Viessmann Eis-Energiespeicher GmbH
Rheinlandstr. 10
D-71636 Ludwigsburg

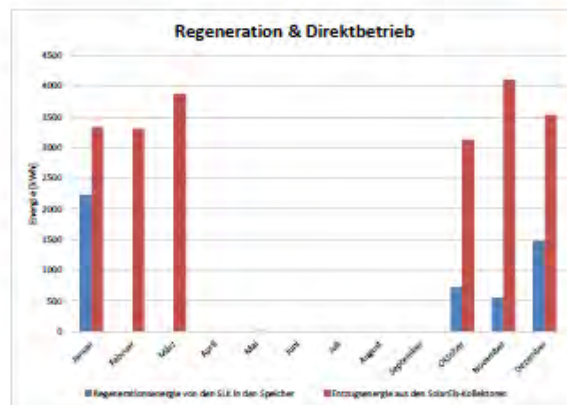
Zusammenfassung der
Simulationsauswertung



Außentemperaturen & Kollektorerträge



Zusammenfassung Außentemperaturen	
minimale Außentemperatur	-16.3 °C
maximale Außentemperatur	34 °C
mittlere Außentemperatur	9.3 °C



Zusammenfassung Regeneration & Direktbetrieb	
Kollektorfeldertrag Gesamt	24926 kWh/a
Regeneration in den Eis-Energiespeicher	4990 kWh/a
Direktbetrieb zur WP	19936 kWh/a





Anhang 2: Technische Informationen und Richtpreise für ausgewählte technische Komponenten



GALAXY ENERGY

GS250M-96 | GS255M-96
GS260M-96 | GS265M-96 | GS270M-96



Deutsche Qualität

Die präzise und hochwertige Verarbeitung aller einzelnen Komponenten zeichnet ein Galaxy Energy Modul aus.

Deshalb bietet Galaxy Energy eine Produktgarantie von 5 Jahre.¹⁾

Im Zusammenspiel mit der Leistungsgarantie²⁾ von 25 Jahre, liefert das PV-Modul eine sichere Investition über Jahrzehnte und somit auch für die Zukunft.

Natürlich entsprechen unsere Photovoltaikmodule den notwendigen Zertifikaten und bieten beste Sicherheit.³⁾

Alle Module werden vor und nach der Lamination geflasht und auf Mikrorisse in den Zellen mit dem Elektrolumineszenzverfahren kontrolliert.



Kerndaten



Leistung von 250 - 270 Watt



Wirkungsgrad bis 16,17%



5 Jahre Produktgarantie¹⁾
25 Jahre Leistungsgarantie²⁾



Länge 1575 mm
Breite 1060 mm
Höhe 50 mm
Gewicht 20 kg



Energy Systems for the future



¹⁾ Gegen einen geringen Aufpreis kann die standardmäßige Produktgarantie von 5 auf 10 Jahre verlängert werden.
²⁾ Die Leistungsgarantie unserer Photovoltaikmodule entspricht 90% auf 10 Jahre und 80% auf 25 Jahre.
³⁾ Unsere Module entsprechen den Zertifikaten CE, IEC 61215, ISO, CSA, UL und der TÜV Sicherheitsklasse II.



GALAXY ENERGY

GS250M-96 | GS255M-96 GS260M-96 | GS265M-96 | GS270M-96



ELEKTRISCHE MODULDATEN (STC)



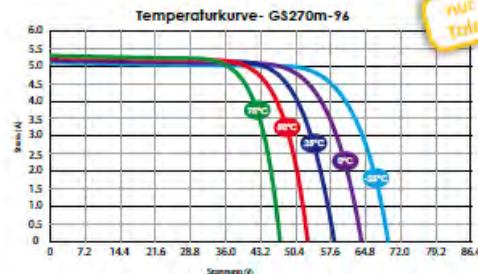
			GS250m-96	GS255m-96	GS260m-96	GS265m-96	GS270m-96
Nennleistung	P_{MPP}	Wp	250Wp	255 Wp	260Wp	265Wp	270Wp
Nennspannung	U_{MPP}	V	49,50V	50,00V	50,50V	51,00V	51,50V
Nennstrom	I_{MPP}	A	5,05A	5,10A	5,15A	5,20A	5,24A
Leerlaufspannung	U_{OC}	V	59,90V	60,50V	61,10V	61,70V	62,3V
Kurzschlussstrom	I_{SC}	A	5,61A	5,66A	5,72A	5,77A	5,82A
Modulwirkungsgrad		%	14,97%	15,27%	15,57%	15,87%	16,17%
Modulleistungstoleranz		%	-0/+2%	-0/+2%	-0/+2%	-0/+2%	-0/+2%
Rückstromsicherheit	IR	A	14A	14A	14A	14A	14A

Die elektrischen Daten gelten bei Standard-Test-Bedingungen (STC): 1000 W/m²; 25°C; AM 1,5

TEMPERATURKOEFFIZIENTEN



Temperatur Limit	°C	-40°C~+85°C
Nominale Zelltemperatur	NOCT °C	48±2°C
Leistung	P_{MPP} %/K	-0.43%/K
Spannung	U_{MPP} %/K	-0.33%/K
Strom	I_{SC} %/K	+0.04%/K
Leerlaufspannung	U_{OC} %/K	-0.33%/K
Kurzschlussstrom	I_{SC} %/K	+0.04%/K



nur Plus Toleranz

ABMESSUNGEN UND GEWICHT

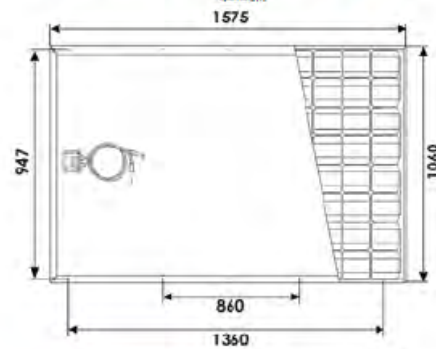
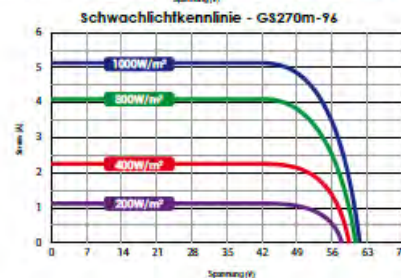


Länge x Breite	1575x1060 mm
Rahmenhöhe	50 mm
Gewicht	20 kg

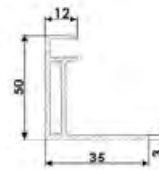
GRUNDATEN



Solarzellen pro Modul	96 Stück
Zellgröße	125x125 mm; 5 Inch
Solarzellentyp	Monokristallines-Si
Bypassdioden im Modul	4 Stück
Anschlussbox	Galaxy Box - IP65
Ammoniakbeständig	bis 1000F/Liter
Anschlusskabel	4 mm ² /900 mm
Anschlussstecker	GE4 Modell 601 mit Goldkontakt
Eisenarmesglas	3,2 mm getempert
Hohlkammerahmenprofil	Eloxiertes Aluminium



Unser Fachhändler von Galaxy Energy berät Sie gerne



GRENZWERTE



Max. zulässige Spannung	1000 V (IEC) DC
Max. Belastung	550 kg/m ²
Brandklasse	C

Energy Systems for the Future

Galaxy Energy GmbH behält sich Spezifikationsänderungen ohne vorherige Ankündigung vor.

www.galaxy-energy.com

05/2014 | Galaxy Energy GmbH



Dezember 2015 ▾

Modultyp, Herkunft	€ / Wp	Trend seit November 2015	Trend seit Januar 2015
Kristalline Module			
Deutschland	0.59	0,00 % =	-1,67 % ↘
Japan, Korea	0.64	-1,54 % ↘	4,92 % ↗
China	0.55	0,00 % =	1,85 % ↗
Südostasien, Taiwan	0.47	-2,08 % ↘	2,17 % ↗

PV-Preistrend [11]



Vitocal 300-G Pro
Typ BW 302.B150



Vitocal 300-G Pro
Typ BW 302.B120

Profitieren Sie von diesen Vorteilen:

- Sole/Wasser-Wärmepumpe, ein- und zweistufig
Heizleistung: 89 bis 240 kW, maximal 1200 kW (als Kaskade)
- Wasser/Wasser-Wärmepumpe, ein- und zweistufig
Heizleistung: 112 bis 290 kW, maximal 1450 kW (als Kaskade)
- Niedrige Betriebskosten durch hohe Leistungszahlen: COP-Wert (COP = Coefficient of Performance) nach EN 14511 bis 4,8 (Sole 0 °C/Wasser 35 °C) und bis 6 (Wasser 10 °C/Wasser 35 °C)
- Maximale Vortauftemperatur: 60 °C (Sole 5 °C) für alle Baugrößen
- Geräusch- und schwingungsarm durch schalloptimierte Gerätekonstruktion
- Geringe Betriebskosten bei höchster Effizienz in jedem Betriebspunkt durch innovatives RCD-System (Refrigerant Cycle Diagnostic System) mit elektronischem Expansionsventil (EEV)
- Einfach zu bedienende Vitotronic Regelung mit Klartext- und Grafikanzeige
- Betriebsfertiger Anschluss für eigensichere Primär- und Sekundärpumpen
- Elektronische Softstarter für reduzierten Anlaufstrom und weniger Stromnetzbelastung
- Wasser/Wasser-Ausführung mit Edelstahl-Rohrbündel-Verdampfer für den Betrieb ohne Zwischenkreis
- Für die notwendige Einbringöffnung nur 855 mm Breite notwendig
- Besonders geräuscharmer Betrieb in diesem Leistungsbereich
- Baureihe mit SPS basierter Vitotronic zur besseren Integration in GLT-Systeme

Beispiel für verwendbare Wärmepumpe (Vitocal 300-GH/W Pro, Marktpreis ~6000 € [12])



WPF 40

SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPEN

PRODUKT-NR.: 233006

Die Vorteile moderner Wärmepumpentechnologie wachsen. Die Wärmepumpenbaureihe WPF wurde speziell entwickelt, um größere Wohnanlagen sowie Gewerbe- und Industriebauten mit Wärme zu versorgen. Auf Wunsch inklusive Warmwasserversorgung. Über eine Kaskadenschaltung decken ein oder mehrere Geräte die Grundversorgung mit Wärme ab, bei Verbrauchsspitzen werden weitere Geräte zugeschaltet. Das senkt nachweislich die Betriebskosten. Beim Einsatz mehrerer Geräte können je zwei Wärmepumpen platzsparend aufeinandergestellt werden. So reduziert die Wärmepumpenanlage nicht nur den Energie-, sondern auch den Platzverbrauch.



Die wichtigsten Merkmale

43,1 kW Wärmeleistung bei B0/W35

Zwei Geräte stapelbar für beengte Platzverhältnisse

Geeignet für Kaskadenschaltung für große Leistungsanforderungen

Hohe Zuverlässigkeit durch robuste Ein-Verdichter-Konstruktion

Mit integrierter Wärmemengen- und Stromzählung

Sehr leise im Betrieb

Beispiel für mögliche Wärmepumpen, Marktpreis ~ 10'000 €



Beispiel für Betonkernaktivierung (Rohre auf Bewehrung vor dem Betonieren
(Quelle Foto: [13]), spez. Kosten etwa 40 bis 50 €/m² [14])



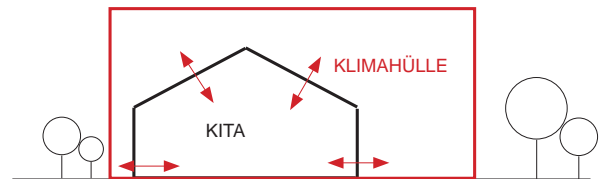
Anhang 3: Kostenschätzung 400 Technische Anlagen

Klimahülle ab 2016_Kostenschätzung nach DIN 276*

400 Technische Anlagen	Größe/ Anzahl	Einzelkosten (EUR)	Beschreibung	Kosten (EUR)
1. baukonstruktive Maßnahmen				
1.1 Aushub Erdkanal + Eisspeicher	Je 1	~ 65.000	Erdkanal versorgt die KITA, die über einen Luftkreislauf mit dem Eisspeicher gekoppelt ist, bei extremen Temperaturen mit vorgekühlter bzw. vorgewärmter Frischluft	~ 95.000
1.2 Luftkreislauf (Einlässe/ Auslässe)	1	~ 30.000		
2. Photovoltaik				
2.1 Photovoltaik	130m ²	~ 40.000	Installation am östlichen und westlichen Rand des Daches. Ausreichend für elektr. Bedarf der KITA. 130 m ² = 20 kW	~ 60.000
2.2 elektr. Speicher	1	~ 20.000	-> 60 % Einsparung ~ 3.000 €/ Jahr	
3. Eisspeicher				
3.1 Betonbehälter	200 m ³	~ 90.000	Der Eisspeicher ist ein mit Trinkwasser gefüllter Tank, dem man über eine Wärmetauscher bei Bedarf die Wärme entziehen kann.	~ 180.000
3.2 Wärmetauscher	1	~ 45.000	Im Sommer kann der Eisspeicher regeneriert werden, wobei die „Kälte“ als „Abfallprodukt“ genutzt werden kann.	
3.3 Sole (Tyfocor) Füllstandssensor	4800 l	~ 30.000		
3.4 Regelungstechnik	1	~ 15.000		
4. Betonkernaktivierung				
4.1 Betonkern mit Leitungen	1000 m ²	45.000	Die neue Massivdecke der KITA wird durch was-serführende Leitungen thermisch aktiviert und mittels einer Wärmepumpe mit dem Eisspeicher gekoppelt.	~ 65.000
4.2 Wärmepumpe	1	20.000		
5. Kühlsegel				
	120 m ²	500	Kühlsegel sind abgehängte Teilbereiche der Decken, die mit Luft oder Wasser kühlen. Praktisch sind Kühldecken auch als Strahlungsheizflächen nutzbar.	~ 40.000
6. Schall- und Brandschutz				
	1	60.000	Steuer- und Regelungsanlage,	~ 90.000
(7. Sonderbauteile)				
5.1 weitere Erdkanäle	40 (DN32)	60.000	Erdkanäle: Luft wird aus der Umwelt durch unter die Erde gelegte Kanäle in das Innere der Klimahülle gesaugt dabei kühlt sich die Außenluft ab	(+ ~ 75.000)
5.2 Solarthermie	80 m ²	20.000	Solarthermie: im Dach zur Warmwassererzeugung	
Gesamtkosten				~ 530.000
(mit Sonderbauteilen)				(+ ~ 80.000)
* gerundete Werte, Brutto				

Quellen

- [1] „EnergyPlus Energy Simulation Software: Weather Data“, 24-Nov-2011. [Online]. Verfügbar unter: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm. [Zugegriffen: 24-Nov-2011].
- [2] „DesignBuilder - building simulation made easy - DesignBuilder - Simulation Made Easy“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.designbuilder.co.uk/>. [Zugegriffen: 12-Feb-2015].
- [3] „Galaxy Energy GmbH“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.galaxy-energy.com/>. [Zugegriffen: 04-März-2016].
- [4] „Climate Data Center | ashrae.org“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/climate-data-center>. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].
- [5] „World Meteorological Organization Homepage | WMO“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.wmo.int/pages/index_en.html. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].
- [6] „EnergyPlus Energy Simulation Software: Weather Data Format Definition“. [Online]. Verfügbar unter: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_format.cfm. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].
- [7] „METEOTEST - METEONORM“, 07-Okt-2011. [Online]. Verfügbar unter: http://www.meteotest.ch/en/footer/navi/solar_energy/meteororm/. [Zugegriffen: 07-Okt-2011].
- [8] „Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 und 2004 - Gesetze, Studien, Verordnungen: Zukunft Haus“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-historie/enev-2002-und-2004.html>. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].
- [9] „Das Richtige für Sie“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.galaxy-energy.com/index.php/de/>. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].
- [10] M. Kaltschmitt, W. Streicher, und A. Wiese, *Erneuerbare Energien Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Berlin: Springer Vieweg, 2013.
- [11] „Preisindex“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.pvxchange.com/priceindex/Default.aspx?langTag=de-DE>. [Zugegriffen: 21-Apr-2016].
- [12] „Sole/Wasser-Wärmepumpe Vitocal 300-G Pro | Großwärmepumpe“. [Online]. Verfügbar unter: http://www.viessmann.de/de/wohngebaueude/waermepumpe/grosswaermepumpen/vitocal-300-g_pro.html. [Zugegriffen: 21-Apr-2016].
- [13] „Beton als Energiespeicher | Effizienzhaus Plus“. [Online]. Verfügbar unter: <http://effizienzhausplus.net/de/effizienzhausplus/fundament>. [Zugegriffen: 21-Apr-2016].
- [14] „Forschung für Energieoptimiertes Bauen: Analyse: Betonkerntemperierung“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.enob.info/de/analysen/analyse/details/betonkerntemperierung/>. [Zugegriffen: 21-Apr-2016].



A3 Anhang zum Themenbereich: Lärmschutz/ Akustik

Verfasser: **advacoustics GbR**

Inhalt (S1. - S 42):

- **Fragestellungen zur Akustik der Klimahülle**

- **Bestand der Kindertagesstätte Tabaluga bezüglich des Schallschutzes:**

- An- und Abflugrouten des zukünftigen Flughafens BER
- Pegelhäufigkeitsverteilung durch An- und Abflüge am Tage
- Anforderungen an den Schallschutz innerhalb der Kindertagesstätte

- **die drei Varianten der Klimahülle:**

- Betrachtung der Schalldämmung von Außen nach Innen
- Raumakustik im Innern der Klimahülle
- Zusammenfassung zur Akustik der Klimahülle

- **der transparente Schalldämpfer - „Schallmembran“:**

- Versuchsaufbau
- Messungen
- Messergebnisse

Berlin, 24. März 2016

Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen - Abschlussbericht zum Bereich Akustik

Bearbeiter: Dr.-Ing. André Jakob
Dr.-Ing. Rudi Volz

Berichtsumfang: 42 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1 Fragestellungen zur Akustik der Klimahülle	3
2 Zum Bestand der Kindertagesstätte Tabaluga bezüglich des Schallschutzes	4
2.1 An- und Abflugrouten des zukünftigen Flughafens BER	4
2.2 Pegelhäufigkeitsverteilung durch An- und Abflüge am Tage	5
2.3 Frequenzverlauf des Maximalpegels eines einzelnen Vorbeifluges	6
2.4 Anforderungen an den Schallschutz innerhalb der Kindertagesstätte	6
3 Die drei Varianten der Klimahülle	9
3.1 Betrachtung der Schalldämmung von Außen nach Innen	12
3.2 Raumakustik im Innern der Klimahülle	13
3.2.1 Absorptionsgrade der Fassadenelemente	14
3.2.2 Ermittlung der Nachhallzeiten	18
3.3 Zusammenfassung zur Akustik der Klimahülle	25
4 Der transparente Schalldämpfer - „Schallmembran“	26
4.1 Versuchsaufbau	29
4.1.1 Maße	30
4.1.2 Varianten	30
4.2 Messungen	31
4.2.1 Messgeräte	31
4.2.2 Fremdgeräusch	31
4.3 Messergebnisse	32
4.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	32
4.3.2 Darstellung der Einzelergebnisse	33
4.4 Abschließende Bemerkungen und Ausblick	41
5 Verwendete Unterlagen	42

1 Fragestellungen zur Akustik der Klimahülle

In Bezug auf das Fachgebiet Akustik gibt es für die Klimahülle im wesentlichen zwei zu bearbeitende Aufgabenbereiche. Der eine Aufgabenbereich betrifft den Schalleintrag von Außen nach Innen in die Klimahülle bzw. in das Gebäude der Kindertagesstätte Tabaluga. Der andere Aufgabenbereich betrifft die Raumakustik innerhalb der Klimahülle.

In Bezug auf den Schalleintrag von Außen nach Innen stellt sich die Frage, welche Lärmquellen im Außenraum der Klimahülle vorhanden sind. Da die Kindertagesstätte an einer Nebenstraße liegt und die nächste Bahnstrecke weit entfernt ist, kommt als wesentlicher Lärmeintrag insbesondere Fluglärm durch den geplanten Flughafen Berlin-Brandenburg BER in Frage. Daher werden im folgenden Kapitel die Lage der Kindertagesstätte zu den geplanten Flugrouten des BER und der voraussichtliche Fluglärmäußenpegel am Tag behandelt. Davon ausgehend wird der Innenpegel innerhalb der Räume der Kindertagesstätte ohne die Klimahülle aufgrund des Schalldurchgangs durch die Außenfassade der Kindertagesstätte prognostiziert.

Im nächsten Schritt geht es um den Schalleintrag von Außen nach Innen beim Vorhandensein einer Klimahülle. Dabei wurden drei der vom Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau der Technischen Universität Berlin in die engere Wahl gezogene Varianten untersucht. Hier spielt nicht nur die Schalldämmung der Außenfassade eine Rolle. Der Innenpegel wird auch durch die Raumakustik im Innern der Klimahülle beeinflusst. Außerdem hat die Raumakustik im Innern der Klimahülle einen wesentlichen Einfluss auf die Verständlichkeit z.B. zwischen den Kindern und den Erziehern. Dies spielt bei der Nutzung des Raums innerhalb der Klimahülle eine wichtige Rolle. Die Raumakustik wird daher in einem weiteren Kapitel behandelt.

Da aus klimatischen Gründen für das Innere der Klimahülle ein hoher Luftdurchsatz erforderlich ist, stellt sich die Frage, ob es als Alternative zu einem herkömmlichen Ansatz mit Schalldämpfern nicht möglich sein könnte, eine sogenannte „Schallmembran“ zu entwickeln, die in die Fassade der Klimahülle integriert werden kann. Dazu wäre es notwendig, dass diese „Schallmembran“ transparent oder zumindest transluzent wäre und gleichzeitig zwar die Luft weitgehend ungehindert ein- und austreten ließe, das Eindringen von Schall aber deutlich behindert.

Zu diesem Zweck wurde ein erster Entwurf einer transparenten „Schallmembran“ entwickelt. Auf dieser Grundlage wurde ein Testexemplar einer „Schallmembran“ gebaut und durch Messungen in einem Prüfstand wurde die Schalldämmung ermittelt. Diese „Schallmembran“ wird im letzten Kapitel behandelt.

2 Zum Bestand der Kindertagesstätte Tabaluga bezüglich des Schallschutzes

2.1 An- und Abflugrouten des zukünftigen Flughafens BER

Die Kindertagesstätte Tabaluga befindet sich im An- und Abflugbereich des zukünftigen Verkehrsflughafens Berlin-Brandenburg BER. Sie ist sowohl von den An- als auch von den Abflügen betroffen. Die Lage der Kindertagesstätte zu den Flugrouten am Tage ist in Abbildung 1 dargestellt.

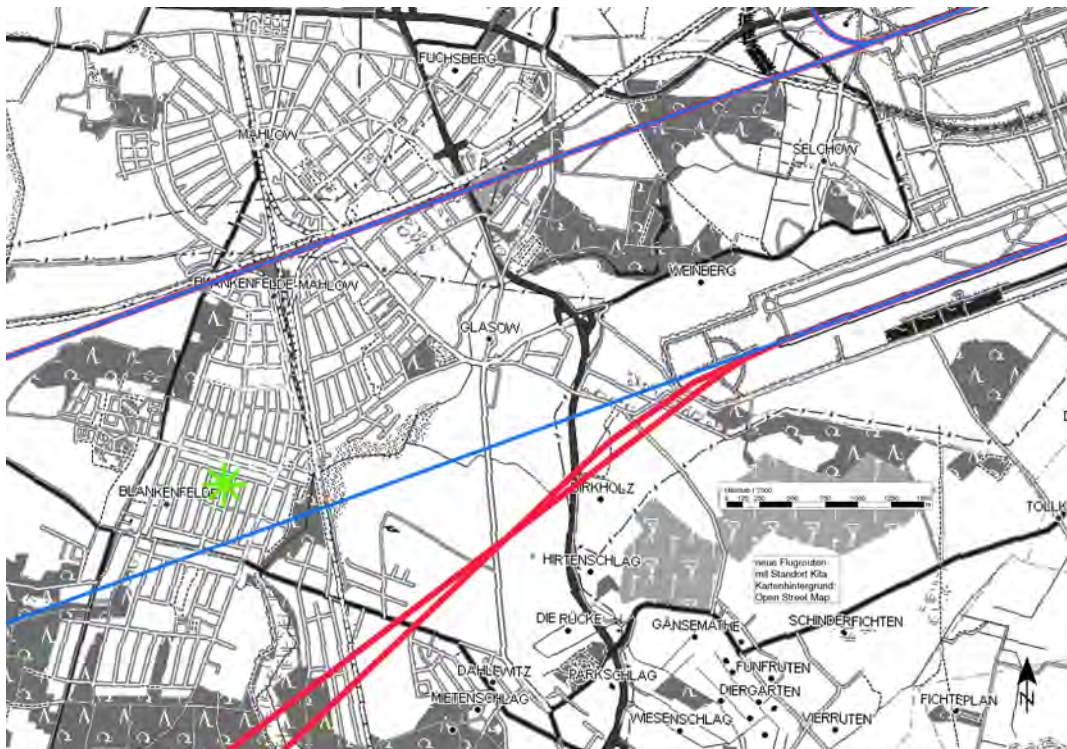


Abbildung 1: Lage der Kindertagesstätte zu den zukünftigen Flugrouten

Dabei sind die Anflugrouten in blauer und die Abflugrouten in roter Farbe dargestellt. Die An- und Abflüge der Nordbahn finden auf einer geraden Linie statt. Bei der Südbahn sind die Anflüge gerade, während die Abflüge nach Süden abknicken.

Betrachtet man die Anflüge (blaue Linien), so stellt man fest, dass die Anflüge auf die Südbahn deutlich näher an der Kindertagesstätte vorbeiführen als die Anflüge auf die Nordbahn. Der kürzeste horizontale Abstand der auf den Boden projizierten Flugroute zur Südbahn während des Vorbeifluges beträgt etwa 430 m.

Der kürzeste horizontale Abstand der beiden Abflugrouten ist deutlich größer. Er liegt bei der Nordbahn bei etwa 1400 m und bei der Südbahn bei etwa 1800 m.

Zwar ist der Abstand und die Flughöhe beim Anflug auf die Nordbahn deutlich geringer als bei den Abflügen von der Nord- und Südbahn, jedoch ist der Quellpegel eines Luftfahrzeugs beim Abflug grundsätzlich größer als bei der Landung. Außerdem kommen Abflüge nach Westen an diesem Standort wesentlich häufiger vor als Anflüge nach Osten, da in der Regel gegen den Wind gestartet und gelandet wird und die Windverteilung über das Jahr für den Standort dieses Flughafens etwa zu zwei Dritteln Wind aus westlichen Richtungen und zu einem Drittel Wind aus östlichen Richtungen zeigt. Folglich ist über das Jahr verteilt mit zwei

Drittel Starts und einem Drittel Landungen zu rechnen. Die Belastung durch Starts und Landungen ist dadurch für den Standort der Kindertagesstätte als weitgehend gleichwertig zu erachten. Da außerdem die Abflüge von der Nord- und Südbahn ähnlich nah an der Kindertagesstätte vorbeiführen, ist der Schalleintrag durch Fluglärm auf der Nord- und Südseite der Fassade der Kindertagesstätte ähnlich groß. Der Schalleintrag durch die Anflüge auf der Nordbahn ist dagegen eher gering. Da der Flugverkehr von West nach Ost bzw. von Ost nach West an der Kindertagesstätte vorbeiführt, gibt es folglich keine vom Flugverkehr abgewandte Seite. Damit existieren keine bevorzugten Fassadenflächen, die weniger mit Schall beaufschlagt werden.

2.2 Pegelhäufigkeitsverteilung durch An- und Abflüge am Tage

Um einen Eindruck über die Pegelhäufigkeitsverteilung durch die An- und Abflüge am Tage durch den zukünftigen Flughafen BER zu erhalten dient Abbildung 2. Aufgetragen sind alle Fluglärmereignisse (d.h. An- und Abflüge aller Flugzeugklassen) am Tage im Berechnungszeitraum. Dies sind die 6 verkehrsreichsten Monate eines Jahres. Das Maximum der Häufigkeit liegt dabei bei einem Maximalpegel zwischen 65 und 70 dB(A).

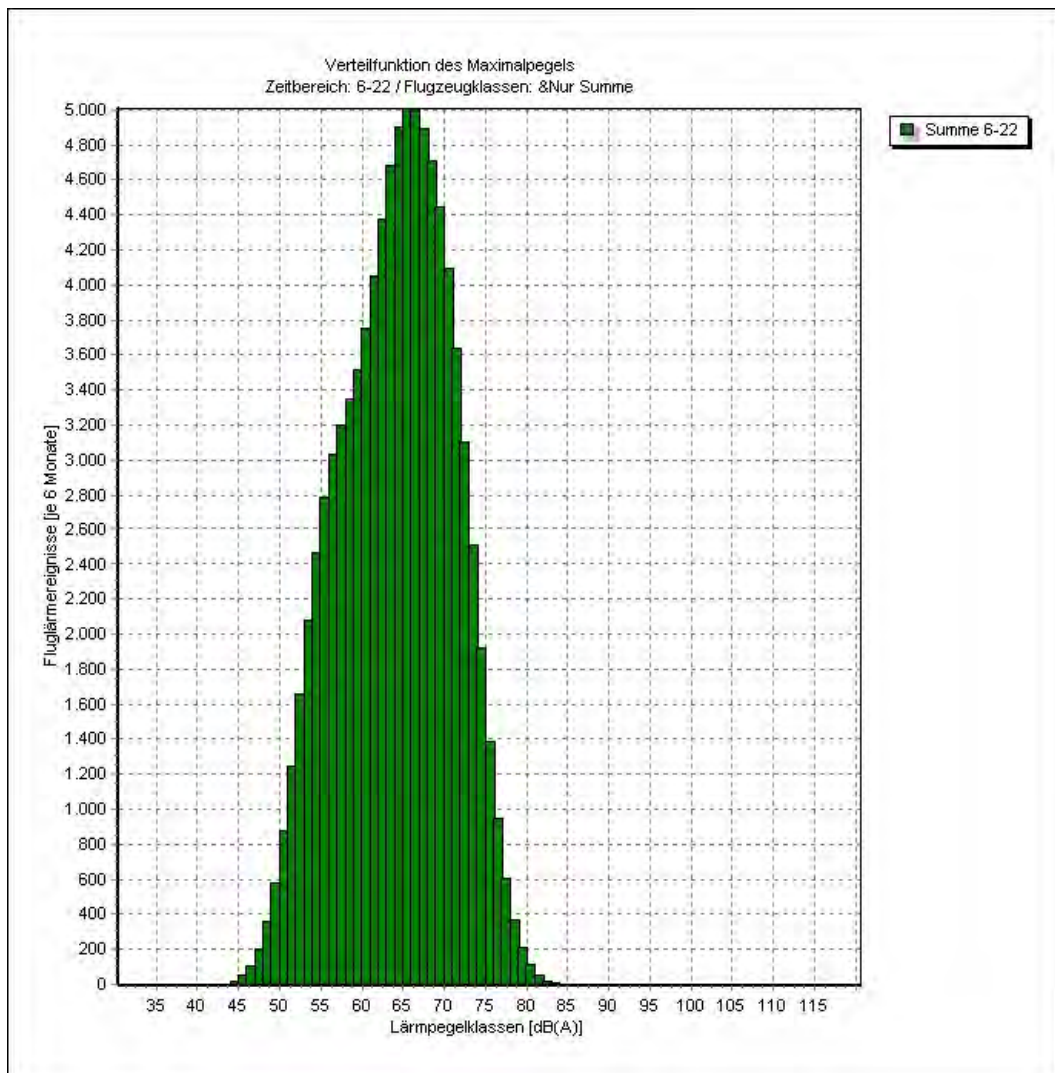


Abbildung 2: Verteilungsfunktion des Maximalpegels tagsüber durch den Flughafen BER

2.3 Frequenzverlauf des Maximalpegels eines einzelnen Vorbeifluges

Der Frequenzverlauf eines einzelnen Vorbeifluges wurde für die pegelbestimmenden Anflüge auf der Südbahn und die Abflüge von der Nord- und Südbahn für einen einzelnen Vorbeiflug für die am häufigsten vorkommende Flugzeugklasse S 5.2 (z.B. Airbus 319, 320, 321, Boeing 737-700, 737-800) durch eine Fluglärmrechnung nach VBUF-AzB [1] ermittelt. Der Pegel wurde dabei für die kürzeste Entfernung vom Luftfahrzeug zur Kindertagesstätte unter der Annahme berechnet, dass sich das Luftfahrzeug in der Mitte des Flugkorridors, also direkt auf der Flugroute befindet. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt.

Der hier lautere Anflug zeichnet sich dadurch aus, dass im Vergleich zu den Abflügen stärkere Anteile auch im höherfrequenten Bereich zu hören sind.

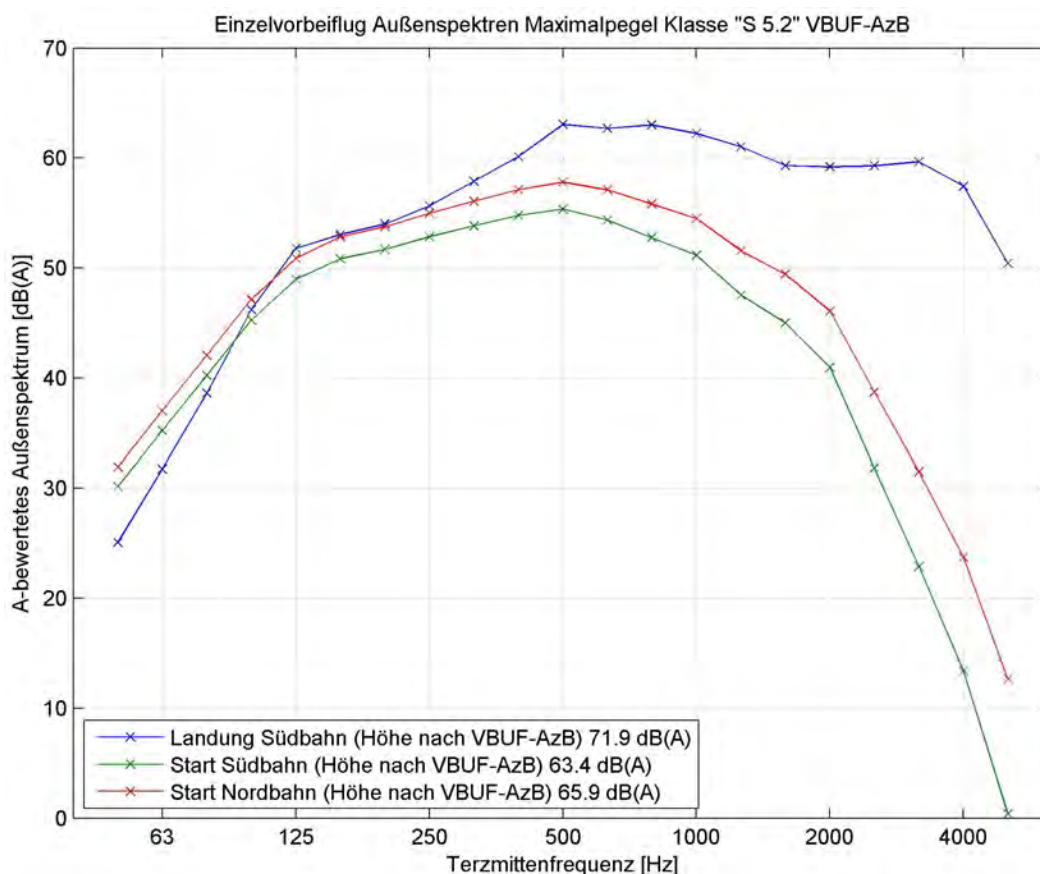


Abbildung 3: Außenspektren des Maximalpegels eines Einzelvorbeiflugs

2.4 Anforderungen an den Schallschutz innerhalb der Kindertagesstätte

Die Kindertagesstätte Tabaluga wurde nach dem 15. Mai 2000 gebaut. Damit liegt nach Planfeststellungsbeschluss (PFB) 2004 kein Schallschutzanspruch für den zukünftigen Verkehrsflughafen Berlin-Brandenburg BER vor.

Betrachtet man den notwendigen Schallschutz nach PFB, der gelten würde, wenn die Kindertagesstätte vor dem 15. Mai 2000 gebaut worden wäre, so müssten für Aufenthaltsräume zwei Kriterien für einen ausreichenden Schallschutz erfüllt sein:

- keine höheren Maximalpegel (tags) als 55 dB(A) (eine Überschreitung pro Schulstunde ist dabei zulässig),
- kein höherer Dauerschallpegel (tags) als 40 dB(A).

In Ruheräumen ist die Anforderung an den Dauerschallpegel tags durch Fluglärm noch etwas höher. Der Dauerschallpegel tags darf hier maximal 38 dB(A) betragen.

Da der Tageszeitraum eine Dauer von 16 Stunden umfasst (6 bis 22 Uhr), folgen für den Maximalpegel 16 Überschreitungen pro Durchschnittstag. So ergibt sich als einzuhaltendes Kriterium ein NAT(16)tags (NAT: number above threshold).

Das Maximalpegelhäufigkeitskriterium NAT(16)tags liegt für den Standort der Kindertagesstätte bei 76 dB(A). Der Dauerschallpegel tags liegt bei 60 dB(A).

Als Grundlage für diese Werte wurden die neuen Flugrouten mit dem ursprünglichen Flugzeugmix und der Berechnung nach der „AzB-DLR“ gewählt, wie es im PFB vorgesehen wurde. Die eigenen Berechnungen decken sich dabei mit den Angaben der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB GmbH).

Damit ergibt sich für die Aufenthaltsräume der Kindertagesstätte eine Anforderung an die Außen-Innen-Pegeldifferenz von 21 dB in Bezug auf das Maximalhäufigkeitskriterium NAT(16)tags. Bezüglich des Dauerschallpegels tags ergibt sich eine Anforderung an die Außen-Innen-Pegeldifferenz von 20 dB.

Für die Ruheräume in der Kindertagesstätte ergibt sich in Bezug auf den Dauerschallpegel eine Anforderung an die Außen-Innenpegeldifferenz von 22 dB.

Wir haben drei aus unserer Sicht kritische Räume der Kindertagesstätte untersucht:

- Funktionsraum 3 (Eckraum mit zwei Außenwänden, Süd-Ost)
- Ruheraum Krippe (Eckraum mit zwei Außenwänden, Nord-Ost)
- Leiterin (Westseite)

Diese Räume sind bezüglich ihres Schallschutzes von Außen nach Innen als kritisch anzusehen, weil sie einen hohen Anteil an Außenflächen zu Grundfläche und einen hohen Fensterflächenanteil haben. Für den Ruheraum Krippe gilt außerdem eine höhere Anforderung an die Außen-Innen-Pegeldifferenz.

Mit den aus den vorhandenen Plänen ermittelten Flächen- und Längenmaßen sowie den Angaben zum Bauteilaufbau von Wand und Decken ließ sich eine Berechnung des vorhandenen resultierenden Bau-Schalldämmmaßes und damit der vorhandenen Außen-Innenpegeldifferenz durchführen.

Der Wandaufbau der Außenwand beim Funktionsraum 3 und Leiterin sieht laut Ausführungsplanung der ALHO System GmbH vom 16.04.2003 folgendermaßen aus:

- Wärmeverbundsystem, 60 mm PS mit Kunstharzreibputz (ca. 2,7 kg/m²)
- Zementgebundene HW-Platte, 12 mm
- Holzständerwerk / Mineralwolle Wlg 040, 140 mm
- Fermacellplatte 12,5 mm
- Dampfbremse PE-Folie 0,2 mm
- Fermacellplatte 12,5 mm

Als Angabe für das Bau-Schalldämmmaß R_w findet sich für diesen Wandaufbau in der Ausführungsplanung ein Wert von 42 dB. Der Aufbau dieser Außenwand ähnelt der Wand in der DIN 4109 Beiblatt 1 [2] in Tabelle 37, Zeile 3. Allerdings ist der Schalenabstand des Holzständerwerks mit der Mineralwolle mit 140 mm etwas größer als der Mindestabstand von 100 mm in Tabelle 37. Auch die Dicke der Mineralwollschicht ist mit 140 mm doppelt so dick als die angegebenen 70 mm in der Tabelle. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das Bau-Schalldämmmaß für die Außenwand der Kindertagesstätte über 42 dB liegt. In den durchgeführten Berechnungen wurde für eine Abschätzung der Wert von 42 dB angenommen.

Ähnliches gilt für den Wandaufbau der Außenwand vom Ruheraum Krippe. Diese Außenwand besitzt einen anderen Aufbau auf der Außenseite. Der Aufbau sieht folgendermaßen aus:

- Boden- Deckelschalung 21 mm
- Lattung / Luftschicht 30 mm
- Dampfdiffusionsoffene Dichtungsbahn
- Lattung / Mineralwolle Wlg 040 60 mm
- Zementgebundene HW-Platte, 12 mm
- Holzständerwerk / Mineralwolle Wlg 040, 140 mm
- Fermacellplatte 12,5 mm
- Dampfbremse PE-Folie 0,2 mm
- Fermacellplatte 12,5 mm

Als Angabe für das Bau-Schalldämmmaß R_w findet sich für diesen Wandaufbau ebenfalls ein Wert von 42 dB. Der Aufbau dieser Außenwand ähnelt der Wand in der DIN 4109 Beiblatt 1 [2] in Tabelle 37, Zeile 4. Allerdings ist der Schalenabstand des Holzständerwerks mit der Mineralwolle mit 140 mm etwas größer als der Mindestabstand von 100 mm in Tabelle 37. Auch die Dicke der Mineralwollschicht ist mit 140 mm doppelt so dick als die angegebenen 70 mm in der Tabelle. Außerdem ist der Abstand der beiden äußeren Schalen mit insgesamt 90 mm deutlich größer als der Mindestabstand von 10 mm in der Tabelle der DIN 4109 Beiblatt 1. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das Bau-Schalldämmmaß für die Außenwand der Kindertagesstätte über 42 dB liegt. In den durchgeführten Berechnungen wurde, wie bei der Außenwand von Funktionsraum 3 und Leiterin, von 42 dB ausgegangen.

Der Dach- / Deckenaufbau für alle drei Räume sieht wie folgt aus:

- Dacheindeckung mit Betondachsteinen
- Lattung 40 / 60 mm / Konterlattung 40 / 60 mm
- Unterspannbahn
- Bindersystem / Unter- Obergurt / Luftraum
- Mineralwolle als Dämmlage (Dicke wurde auf 140 mm geschätzt)
- PE-Folie
- Lattenrost 24 / 80 mm
- Gipskartonplatte 12,5 mm
- teilweise (OWA-Coustic-Platten, Gesamtabhängöhe 165 mm)

Für diesen Dach- bzw. Deckenaufbau findet sich kein direkter Vergleich zu den Aufbauten im Beiblatt 1 der DIN 4109. Aufgrund des Bauteilaufbaus wird das Bau-Schalldämmmaß mit 42 dB abgeschätzt.

Da für die eingebauten Fenster keine Angaben zum Aufbau der Verglasung vorlagen, haben wir den Verglasungsaufbau geschätzt. Wir gingen dabei von dem aus unserer Sicht ungünstigsten Fall aus. Dies ist eine Mehrscheibenisolierverglasung mit dem Scheibenaufbau 4/16/4 (zwei Scheiben mit 4 mm dickem Glas und 16 mm Scheibenzwischenraum). Diese Fenster sind nach unserer Erfahrung ein Mindeststandard ab etwa Mitte/Ende der 90-er Jahre. Für ein solches Fenster ergibt sich nach DIN 4109 Beiblatt 1 / A1 [3] ein Bau-Schalldämmmaß R_w von 32 dB.

Damit wurden alle Bau-Schalldämmmaße, die für die Berechnung verwendet wurden, "vorsichtig" abgeschätzt, d.h. es wurden eher niedrigere Werte verwendet. Wenn der Schallschutz mit diesen Werten für die Bau-Schalldämmmaße eingehalten wird, ist davon auszugehen, dass er dann auf jeden Fall ausreichend ist, um die Anforderungen nach PFB erfüllen zu können.

Setzt man die obigen Werte für die Bau-Schalldämmmaße an (mit der Berechnung der äquivalenten Absorptionsfläche mit $0,8 \times$ der Grundfläche des Raumes nach VDI 2719 [4]), so stellt man fest, dass in allen Fällen (für den Dauerschallpegel tags wie auch für das NAT(16)tags) der Schallschutz nach PFB ausreichen würde. Dies gilt auch für den Ruheraum. Die Außen-Innen-Pegeldifferenz liegt dabei um etwa 3 bis 5 dB über der Anforderung, so dass der Schallschutz auch noch ausreichen würde, wenn die Nachhallzeit höher als angenommen wäre. Da jedoch nach den Ausführungsplänen teilweise eine Akustikdecke (OWA-Coustic-Platten) in den Räumen der Kindertagesstätte vorhanden ist, sollte die äquivalente Absorptionsfläche und damit die Nachhallzeit in den Räumen in der angenommen Größenordnung liegen, die in der Berechnung verwendet wurde.

3 Die drei Varianten der Klimahülle

Im Rahmen der Entwurfsphase wurden von Seiten des Fachgebietes Entwerfen und Konstruieren – Massivbau der Technischen Universität Berlin drei verschiedene Varianten der Klimahülle entworfen, die bezüglich ihrer Unterschiede in Hinblick auf den Schalleintrag von Außen nach Innen und auf ihre Raumakustik im Innern näher betrachtet werden sollten.

Für die Untersuchungen zur Raumakustik wurde aus dem vom Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau im DXF-Format gelieferten Geometriedaten für die drei Varianten ein Modell für die Raumakustik-Simulationssoftware EASE erstellt. Die Abbildungen 4 bis 9 zeigen die Außen- und Innenansichten dieser drei Varianten.

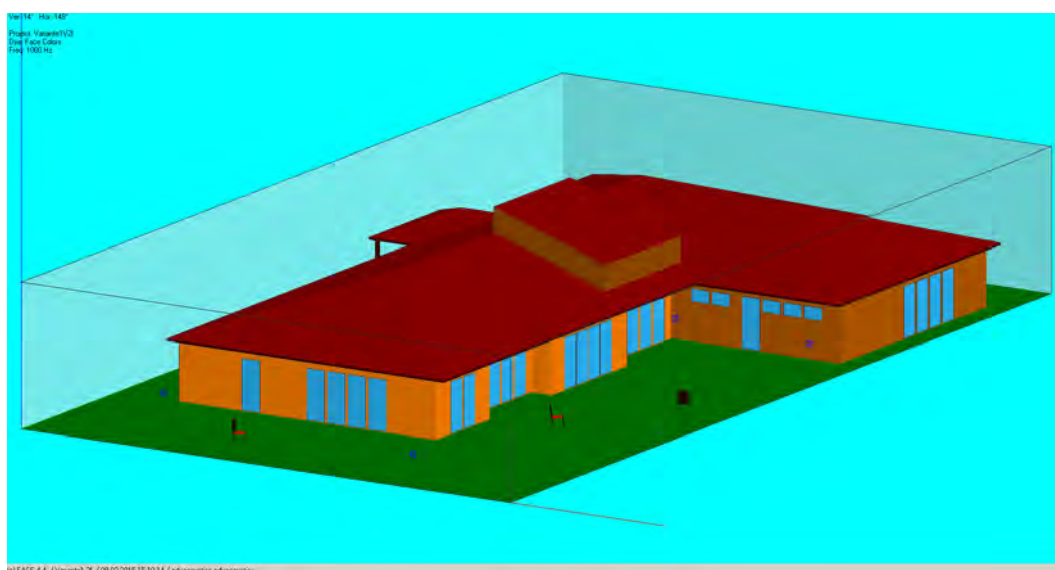


Abbildung 4: Außenansicht zum Modell der Variante 1

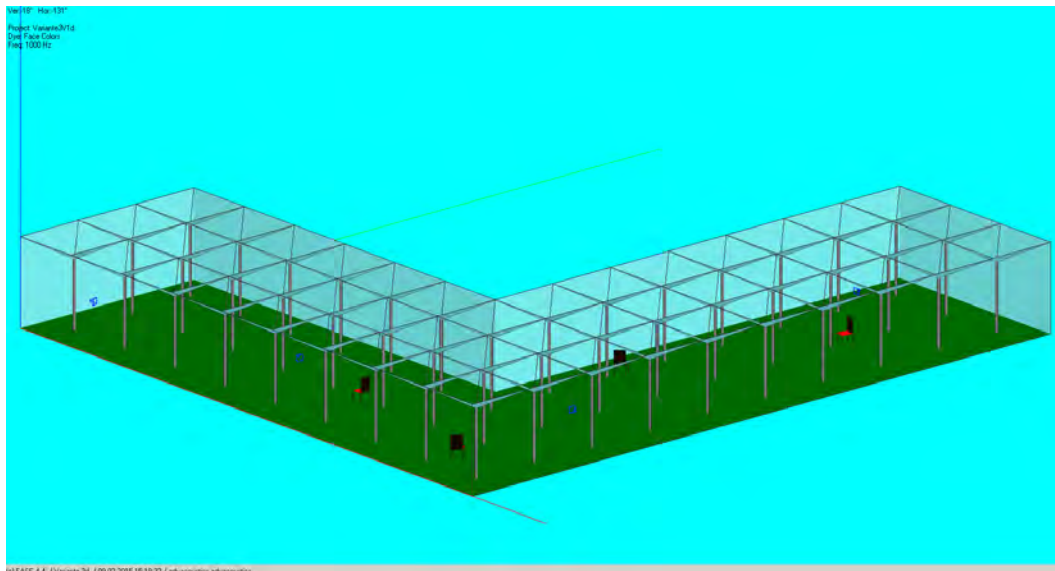


Abbildung 8: Außenansicht zum Modell der Variante 3

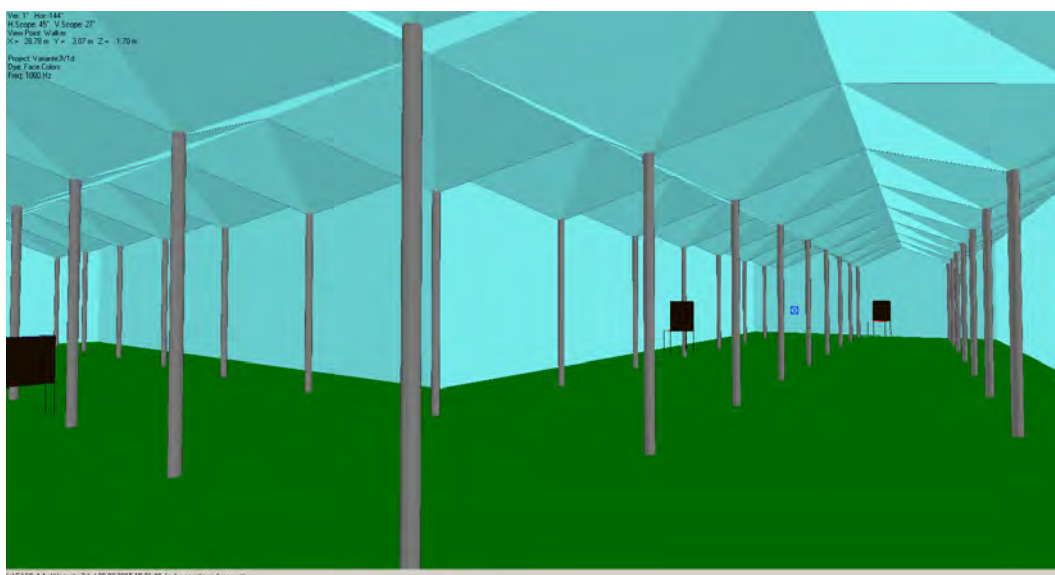


Abbildung 9: Innenansicht zum Modell der Variante 3

Bei der Variante 1 und 2 ist die vorhandene Kindertagesstätte von der Hülle komplett umschlossen. Bei der Variante 3 befindet sich die Hülle außerhalb der Kindertagesstätte. Allen gemeinsam ist ein prinzipiell ähnlicher Aufbau der Hülle, der einen wesentlichen Einfluss auf die Schalldämmung von Außen nach Innen hat. Zum Vergleich wird daher für alle drei Varianten ein identischer Aufbau der Hülle vorausgesetzt. Variante 2 unterscheidet sich im wesentlichen von Variante 1 durch eine größere Höhe und eine andere Geometrie des Hüllendachs. Dadurch steigt von Variante 1 zu Variante 2 einerseits die Oberfläche der Hülle sowie das eingeschlossene freie Volumen. Außerdem führt das gewölbte Hüllendach bei Variante 2 zu einem anderen Reflexionsverhalten im Innern. Die Variante 3 unterscheidet sich aufgrund der Lage neben der Kindertagesstätte vor allem in der Größe. Der Innenraum ist wesentlich niedriger und die Oberfläche der Hülle und das Innenraumvolumen ist somit deutlich kleiner. Die Dachfläche der Hülle ist zudem stark zerklüftet. Dies hat Auswirkungen auf die Reflexionen im Innern. Diese Einflüsse sollen in den folgenden zwei Kapiteln untersucht werden.

3.1 Betrachtung der Schalldämmung von Außen nach Innen

Leitet man die Pegeldifferenz von Außen nach Innen nach der VDI 2719 [4] her (siehe auch [5]), so ergibt sich

$$R'_{w,res} = L_0 - L_i + 9 \text{ dB} + 10 \log(S_{ges}/A) \text{ und } A = 0,163 V/T_H,$$

mit

$R'_{w,res}$: resultierendes Bauschalldämmmaß aller relevanten Außenbauteile

L_0 : Freifeldpegel Außen,

L_i : Innenpegel (im Diffusfeld),

S_{ges} : Gesamte Fläche aller relevanten Außenbauteile,

A : äquivalente Absorptionsfläche,

V : freies Innenvolumen,

T_H : Nachhallzeit.

Dies führt zu folgender Gleichung für die Pegeldifferenz von Außen nach Innen:

$$L_0 - L_i = R'_{w,res} - 17 \text{ dB} + 10 \log(V) - 10 \log(T_H) - 10 \log(S_{ges})$$

Die Größen V , T_H und S_{ges} können nicht isoliert betrachtet werden, da sie sich gegenseitig beeinflussen. Die hier verwendeten Nachhallzeiten werden im nachfolgenden Kapitel über die Raumakustik im Innern erläutert. Ihre Verwendung ist hier zur Unterscheidung der drei Varianten in Bezug auf die Schalldämmung von Außen nach Innen notwendig.

Die bestimmenden Größen für die Außen-Innen-Pegeldifferenz, das Innenvolumen V , die Außenfläche S_{ges} und die Nachhallzeit T_H , die aus drei verschiedenen Berechnungsverfahren ermittelt wurde, sind in der im Anhang befindlichen Tabelle 1 aufgeführt. Als Wert für das resultierende Bauschalldämmmaß aller relevanten Außenbauteile $R'_{w,res}$ wurde 32 dB angenommen. Dies entspricht der Schalldämmung eines typischen einfachen Mehrscheibenglasfensters mit einer Verglasung von 4/16/4 (4 mm dicke Glasscheibe / 16 mm Scheibenzwischenraum / 4 mm dicke Glasscheibe), wie es z.B. in Wohngebäuden Verwendung findet.

Betrachtet man die Ergebnisse der Außen-Innen-Pegeldifferenz $L_0 - L_i$ unter Berücksichtigung der Nachhallzeiten der beiden Methoden Sabine und Eyring, so fällt auf, dass sich diese Pegeldifferenzen für die drei Varianten kaum unterscheiden. Die Werte liegen zwischen 17,9 und 18,9 dB.

Das liegt daran, dass sich die Auswirkungen von V , S_{ges} und der Nachhallzeit fast gegenseitig aufheben. So wird zwar das Volumen V von Variante 3 über Variante 1 bis zu Variante 2 immer größer, was die Pegeldifferenz erhöht, gleichzeitig erhöht sich aber von Variante 3 über Variante 1 bis Variante 2 auch die Fläche der äußeren Hülle S_{ges} und die Nachhallzeit T_H , die beide den Wert der Pegeldifferenz verringern.

Etwas anders sieht es unter Berücksichtigung der Nachhallzeit nach Schröder aus. Da die Nachhallzeiten nach Schröder für die drei Varianten recht ähnlich sind, wirken sich im wesentlichen die unterschiedlichen Größen des Volumens V und die Fläche der äußeren Hülle S_{ges} auf die Pegeldifferenz aus. Da das Volumen im Vergleich zur Fläche der Außenhülle bei den drei Varianten stärker variiert und das Volumen die Pegeldifferenz erhöht, hat die Variante 2 mit dem größten Volumen nach der Berechnung der Nachhallzeit nach Schröder auch die höchste Pegeldifferenz mit 19,4 dB, während die Variante 3 mit dem kleinsten Volumen lediglich eine Pegeldifferenz von 15,0 dB erreicht.

Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass die Unterschiede in Bezug auf die Außen-Innen-Pegeldifferenz unter Berücksichtigung aller verschiedenen Methoden zur Berechnung der Nachhallzeit eher gering sind.

3.2 Raumakustik im Innern der Klimahülle

Ein wesentliches Kriterium für eine gute Raumakustik ist die Nachhallzeit. Um eine gute Sprachverständlichkeit zu ermöglichen und eine „Bahnhofshallenakustik“ zu vermeiden, ist es erforderlich, dass die Nachhallzeit nicht zu große Werte annimmt. In der DIN 18041 [6] sind Formeln zu den Sollwerten für Nachhallzeiten in Abhängigkeit vom Innenvolumen für verschiedene Nutzungsarten angegeben. Drei Nutzungsarten sind dabei auf den Anwendungsfall der Klimahülle anwendbar: „Unterricht“, „Sport 1“ und „Sport 2“.

Für die Nutzungsart „Unterricht“ sind in dieser Norm Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten genannt. Diese Anforderung ist höher, als die Anforderungen von „Sport 1“ und „Sport 2“. Daher ist hier die niedrigste Nachhallzeit gefordert. Unter „Sport 1“ werden Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für normale Nutzung und/oder einzügigen Unterrichtsbetrieb (eine Klasse oder Sportgruppe, einheitlicher Kommunikationsinhalt) genannt. „Sport 2“ nennt Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für mehrzügigen Unterrichtsbetrieb (mehrere Klassen oder Sportgruppen parallel mit unterschiedlichem Kommunikationsinhalt). Hier sind die Anforderungen an die Kommunikation höher als bei „Sport 1“. Daher ist hier eine niedrigere Nachhallzeit als bei „Sport 1“ gefordert. „Sport 1“ und „Sport 2“ sollen normalerweise nur für Volumina von 2.000 bis 8.500 m³ Anwendung finden. Damit wäre die Anwendung der Formel für Variante 2 eigentlich nicht mehr gegeben, da dort das Volumen 14.826 m³ beträgt. Es sollten bezüglich „Sport 1“ und „Sport 2“ daher die Werte der Nachhallzeit für Variante 1 herangezogen werden, da dort das Volumen mit 8.460 m³ die obere Grenze der DIN 18041 erreicht. Berechnet man für die Volumina der drei Varianten die Nachhallzeiten nach den drei bereits erwähnten Methoden, so ergeben sich die Werte in Tabelle 2.

Die Nachhallzeiten der drei Varianten wurden über drei unterschiedliche Methoden ermittelt. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel erwähnt, wurde für die Räume aus den vom Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau im DXF-Format gelieferten Daten für die drei Varianten jeweils ein Modell für die Raumakustik-Simulationssoftware EASE erstellt. Ansichten der Modelle finden sich in den Abbildungen 4 bis 9.

Die Nachhallzeiten nach Sabine und Eyring beziehen sich auf einfache statistische Annahmen in Bezug auf die Raumakustik, die unter anderem von annähernd gleichen Raumdimensionen (Länge, Breite, Höhe) und einer annähernd gleichen Verteilung der Absorption im Raum an den Wänden ausgehen. Dies ist bei allen drei Varianten allerdings nicht der Fall.

Die Varianten 1 und 2 besitzen keine annähernd gleichen Raumdimensionen. Das Innenvolumen ähnelt insbesondere wegen der im Innern befindlichen Kindertagesstätte eher einem verwinkelten Flachraum. Variante 3 unterscheidet sich durch seine L-Form und die wesentlich geringere Höhe im Vergleich zu Breite und Länge ebenfalls von einem Raum mit annähernd gleichen Dimensionen.

Außerdem ist bei allen drei Varianten die Absorption sehr ungleich verteilt. Gerade im mittleren und hohen Frequenzbereich ist der Einfluss des grasbewachsenen Erdbodens auf die Absorption entscheidend, während die verglaste Außenhülle in diesem Frequenzbereich kaum absorbiert. Auch die Außenbauteile der Kindertagesstätte, die im Innern der Hülle ebenfalls absorbierend wirken, spielen bei mittleren und hohen Frequenzen eine untergeordnete Rolle. Damit ist die Absorption räumlich sehr ungleichmäßig verteilt. Die ermittelten Nachhallzeiten nach den statistischen Methoden nach Sabine und Eyring besitzen daher nur eine eingeschränkte Aussagekraft.

Es handelt sich bei den hier zu untersuchenden Räumen (Klimahülle mit Gebäude im Innern bzw. langgestreckter L-förmiger Raum) also um recht ungewöhnliche und in dieser Form normalerweise nicht vorkommende Räume. Deswegen wurde zusätzlich ein weiteres Verfahren zur Berechnung der Nachhallzeit herangezogen. Die Raumakustik-Simulationssoftware EASE bietet dazu die Berechnung der Nachhallzeit nach Schröder (Rückwärtsintegration der Impulsantwort) an. Im Gegensatz zu den vorher erwähnten statistischen Methoden, deren Nachhallzeit per Definition an allen Orten gleich ist, führt diese Methode zu Ergebnissen für den jeweiligen betrachteten Empfangsort bei einem angenommenen Quellort. Die Berechnung der Nachhallzeiten nach dieser Methode erfordert allerdings einen deutlich höheren Rechenaufwand. Daher wurden nur für wenige exemplarische Quell- und Anregeorte Berechnungen durchgeführt, um die Unterschiede der drei Varianten in Bezug auf die Raumakustik zu untersuchen.

Die Berechnung der Schröder-Methode wird nach einem ray-tracing Verfahren durchgeführt. Dabei werden von der Quelle eine Vielzahl von Schallstrahlen zufällig verteilt in alle Richtungen ausgesendet und unter der Berücksichtigung der Reflexionsgesetze (Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel) und der Absorption (d.h. Abschwächung bei der Reflexion) findet eine Strahlverfolgung statt. Am Empfangsort wird eine Kugel mit einem Radius von einem Meter angenommen und alle eintreffenden Schallstrahlen, die durch diese Kugel hindurch gehen, werden registriert. Auf diese Weise lässt sich ein Reflektogramm für den Empfangsort ermitteln. Da der Weg der Schallstrahlen ebenfalls aufgezeichnet wird, kann auch das räumliche Reflexionsverhalten für einen bestimmten Quell- und Empfangsort ermittelt werden. Auf diese Weise lassen sich typische Reflexionsmuster erkennen. Hierauf wird im späteren noch eingegangen.

3.2.1 Absorptionsgrade der Fassadenelemente

Für alle drei Berechnungsmethoden müssen Annahmen über das Absorptionsvermögen der im Rauminnern vorhandenen Flächen vorliegen. Bei den drei Varianten wurden insgesamt sechs verschiedene Arten von Flächen angenommen. Die Absorptionsgrade über der Frequenz wurden dabei für die meisten Flächen aus der Datenbank der Raumakustik-Simulationssoftware EASE entnommen. Die Absorptionsgrade der Materialien sind über der Frequenz in den Abbildungen 10 bis 16 dargestellt.

Für die Außenhülle und die Fenster der Kindertagesstätte wurde eine zweischalige Verglasung angenommen. Abbildung 10 zeigt den naturgemäß niedrigen und im wesentlichen nur tieffrequent wirksamen Absorptionsgrad über der Frequenz für eine zweischalige Verglasung.

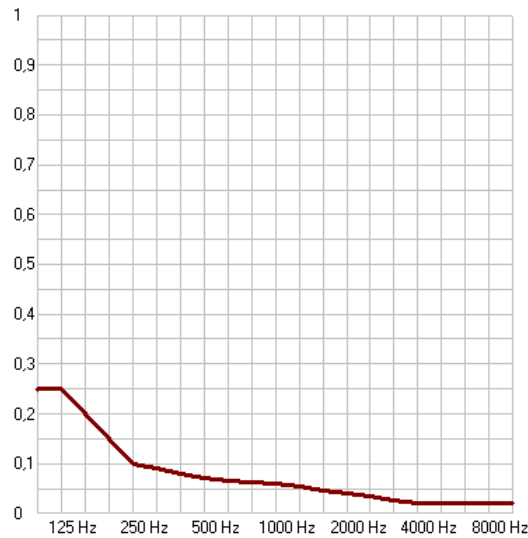


Abbildung 10: Absorptionsgrad einer zweischaligen Verglasung

Da die Außenwände der Kindertagesstätte nach den Bauunterlagen aus zwei unterschiedlichen Holzständer-Konstruktionen bestehen, wurde für diese beiden Konstruktionen ein Aufbau mit ähnlichem Absorptionsverhalten aus der Datenbank herangezogen. Dies war zum einen eine Konstruktion mit einer Spanplatte vor einer 12 cm dicken Luftschicht und zum anderen eine Holzbeplankung vor einer 18 cm dicken Luftschicht.

Der Absorptionsgrad über der Frequenz ist in den Abbildungen 11 und 12 dargestellt.

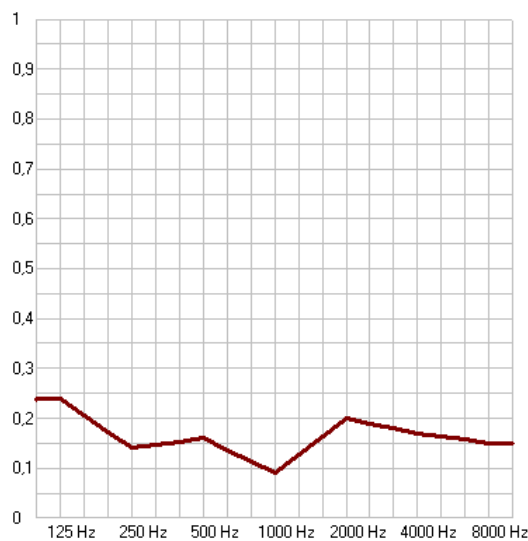


Abbildung 11: Absorptionsgrad einer Spanplatte vor 10 cm dicker Luftschicht

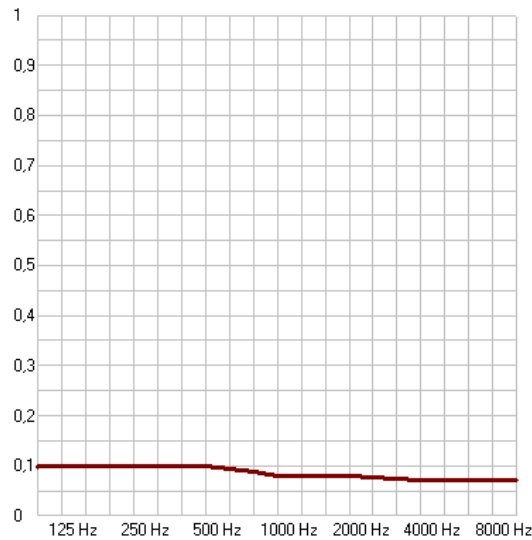


Abbildung 12: Absorptionsgrad einer Holzbeplankung vor 18 cm dicker Luftschicht

Für die Dachfläche wurde die Absorption einer Tonziegeleindeckung verwendet. Der Absorptionsgrad über der Frequenz ist in Abbildung 13 dargestellt.

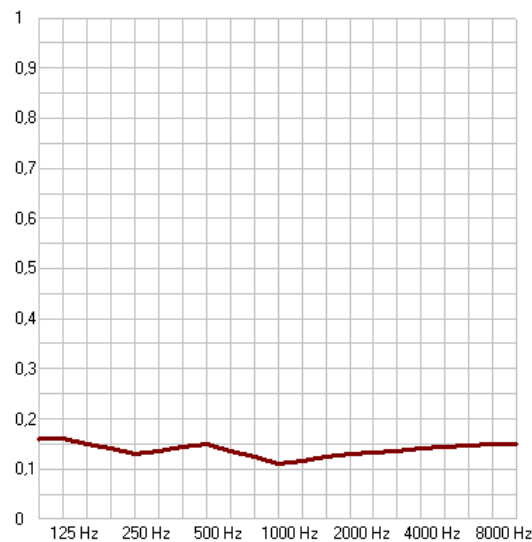


Abbildung 13: Absorptionsgrad einer Tonziegeleindeckung

Für den Randstreifen aus Holz, der sich zwischen der Dacheindeckung und der Oberkante der Außenwände befindet, wurde die Absorption eines schwimmenden Parkettbodens verwendet. Der Absorptionsgrad ist in Abbildung 14 dargestellt.

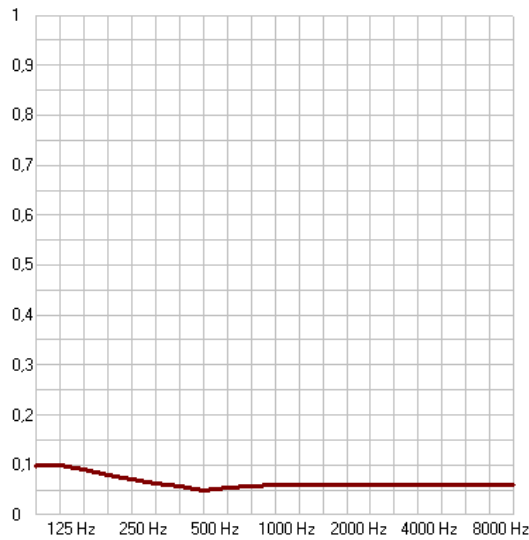


Abbildung 14: Absorptionsgrad eines Parkettbodens

Für die in der Variante 3 vorhandenen Säulen wurde aufgrund der glatten Metalloberfläche eine sehr niedrige mit der Frequenz abfallende Absorption angenommen. Der Absorptionsgrad ist in 15 dargestellt.

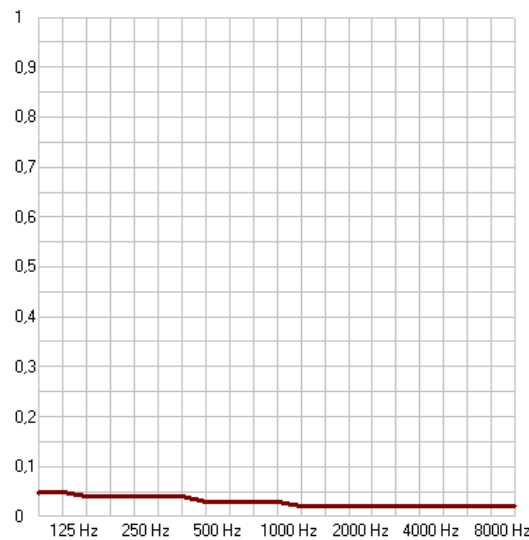


Abbildung 15: Absorptionsgrad einer Metalloberfläche

Für die gesamte Bodenfläche aller drei Varianten wurde ein grasbewachsener Erdboden angenommen. Der Absorptionsgrad über der Frequenz ist in Abbildung 16 dargestellt.

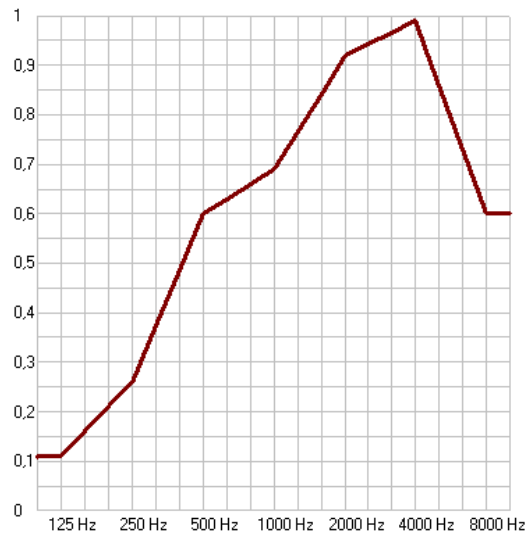


Abbildung 16: Absorptionsgrad von grasbewachsenem Erdboden

Die Werte des Absorptionsgrads von grasbewachsenem Erdboden aus der Datenbank der Software stimmen im Prinzip gut mit den Werten aus der Literatur [7-10] überein, wobei die Absorptionswerte aus der Datenbank etwas höher ausfallen, als jene aus der erwähnten Literatur.

3.2.2 Ermittlung der Nachhallzeiten

Die so über drei verschiedene Berechnungsmethoden ermittelten Nachhallzeiten über der Frequenz sind für die drei verschiedenen Varianten in den Abbildungen 17 bis 19 dargestellt.

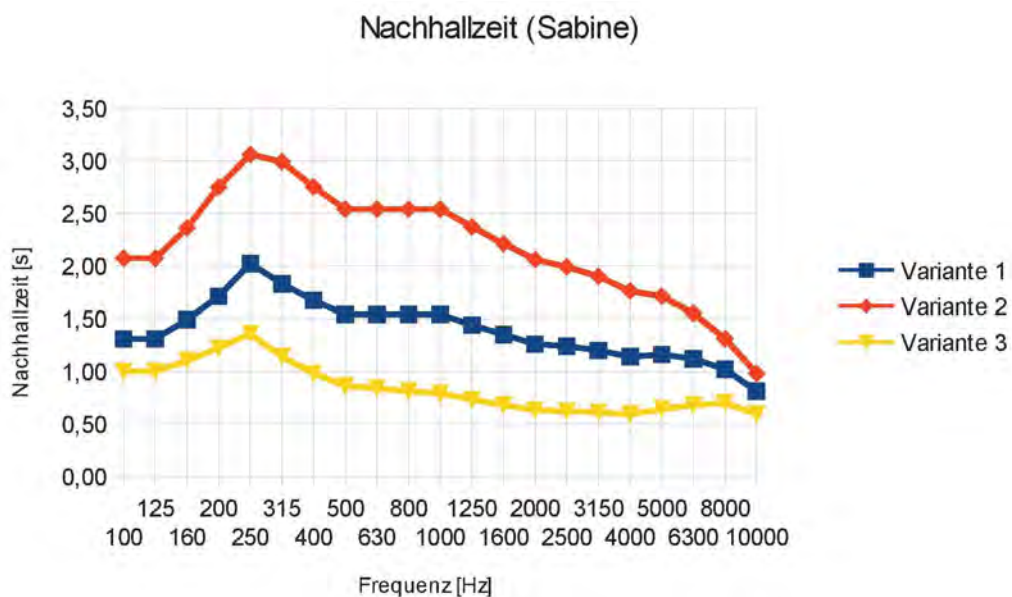


Abbildung 17: Nachhallzeiten (Sabine) über der Frequenz, Variante 1 bis 3

Nachhallzeit (Eyring)

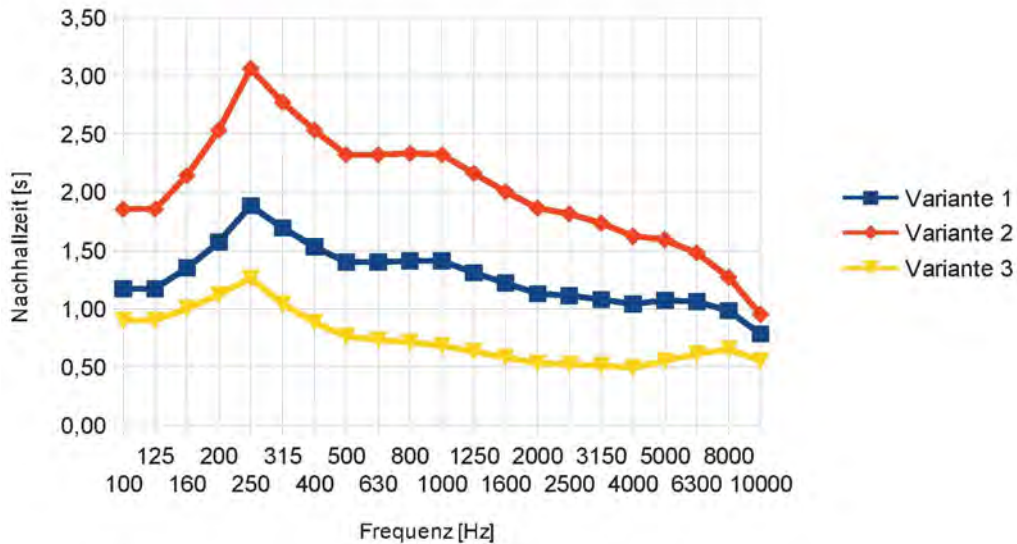


Abbildung 18: Nachhallzeiten (Eyring) über der Frequenz, Variante 1 bis 3

Nachhallzeit (Schröder)

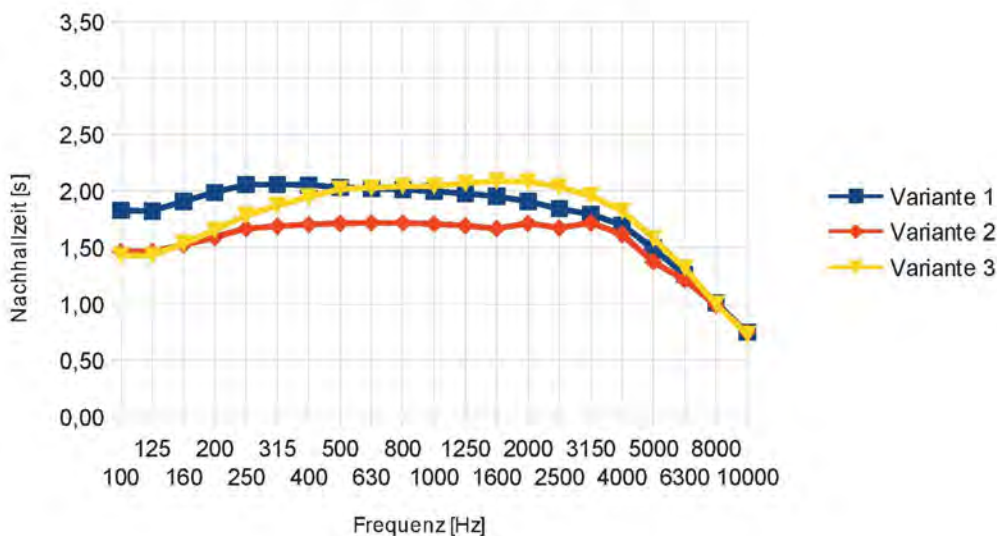


Abbildung 19: Nachhallzeiten (Schröder) über der Frequenz, Variante 1 bis 3

Bezüglich der drei verschiedenen Berechnungsmethoden der Nachhallzeit zeigen sich einige Unterschiede.

Bei Sabine und Eyring ist im tieffrequenten Bereich um 250 Hz bei allen drei Varianten die Nachhallzeit am höchsten. Die Unterschiede zwischen Sabine und Eyring sind eher gering. Bei diesen zwei Methoden sind die Nachhallzeiten für alle Frequenzen bei Variante 2 am höchsten und bei Variante 3 am geringsten.

Die nach der Schröder-Methode ermittelten Nachhallzeiten zeigen dagegen ein anderes Bild. Die Nachhallzeit steigt zuerst mit der Frequenz etwas an und bleibt dann bis etwa 3000 Hz weitgehend konstant um dann deutlich mit der Frequenz zu sinken. Bei allen drei Varianten ist der Verlauf der Nachhallzeit recht ähnlich.

Die mittleren Nachhallzeiten für die drei Varianten sind in Tabelle 1 in Spalte 4 bis 6 eingetragen.

Tabelle 1

	V [m ³]	S _{ges} [m ²]	T _H (Sabine)	T _H (Eyring)	T _H (Schröder)	L ₀ - L _i (Sabine)	L ₀ - L _i (Eyring)	L ₀ - L _i (Schröder)
Variante 1	8.460	2.823	1,46	1,33	1,91	18,1	18,5	17,0
Variante 2	14.826	3.264	2,35	2,16	1,63	17,9	18,2	19,4
Variante 3	2.348	1.253	0,87	0,77	1,85	18,3	18,9	15,0

Vergleicht man die mittleren Nachhallzeiten in Tabelle 1 mit den Empfehlungen der DIN 18041 [6] in Tabelle 2, so stellt man fest, dass für die Nutzung „Unterricht“ nur bei der Variante 3 die Nachhallzeiten nach den Methoden Sabine und Eyring die empfohlenen Werte unterschreiten. Dabei liegen jedoch die Nachhallzeiten im Frequenzbereich um 250 Hz zu hoch. Bei Variante 1 liegen die mittleren Nachhallzeiten bereits über den empfohlenen Werten der DIN 18041. Bei der Variante 2 liegen die mittleren Nachhallzeiten deutlich über den empfohlenen Werten. Nach der Schröder-Methode sind die Nachhallzeiten im gesamten Frequenzbereich unter etwa 5000 Hz für alle drei Varianten deutlich zu hoch.

Tabelle 2

	Volumen V [m ³]	Unterricht Nachhallzeit [s]	Sport 1 Nachhallzeit [s]	Sport 2 Nachhallzeit [s]
Variante 1	8.460	1,09	2,50	1,99
Variante 2	14.826	1,16	2,50 (2,81)	1,99 (2,22)
Variante 3	2.348	0,91	1,79	1,46

Vergleicht man die mittleren Nachhallzeiten in Tabelle 1 mit den Empfehlungen der DIN 18041 [6] in Tabelle 2 für die Nutzung „Sport 1, so stellt man fest, dass“ die Anforderungen für alle drei Varianten eingehalten werden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Methoden Sabine und Eyring für alle drei Varianten nur bedingt aussagefähig sind, da einerseits die Absorption sehr ungleichmäßig auf die Oberflächen verteilt ist und andererseits die Innenraumgeometrie den Annahmen für eine statistische Raumakustik widerspricht. Bei allen drei Varianten ist daher davon auszugehen, dass für eine akzeptable Sprachverständlichkeit zusätzliche raumakustische Maßnahmen notwendig sind.

Ein weiterer Gesichtspunkt zur Betrachtung der Güte der Raumakustik der drei Varianten ist die räumliche Verteilung der Reflexionen. Dafür wurde hier für erste Untersuchungen mittels Raytracing mit der Raumakustik-Simulationssoftware EASE für einen ausgewählten Empfangsort und einen Anregeort für alle drei Varianten Reflexionspfade dargestellt. Anregeort und Empfangsort liegen dabei im gewählten Beispiel einander gegenüber und befinden sich jeweils im Bereich einer Ecke der Außenhülle. Um einen Überblick über die räumliche Verteilung der Reflexionspfade zu ermöglichen, wurden drei verschiedene Ansichten gewählt. Die Darstellung der Reflexionsmuster befinden sich in den Abbildungen 20 bis 28.

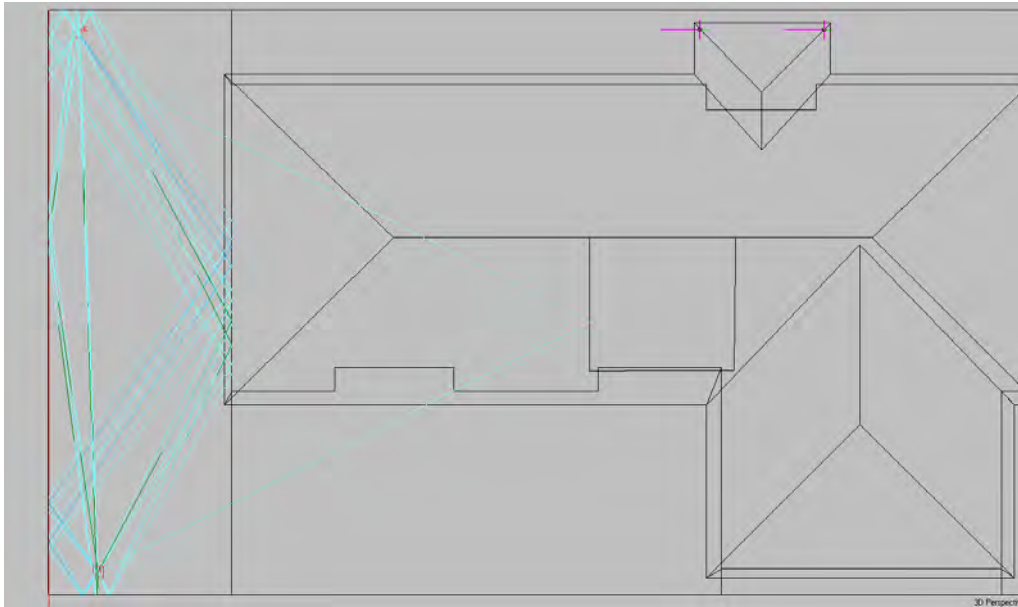


Abbildung 20: Variante 1, Reflexionspfade, Ansicht von oben

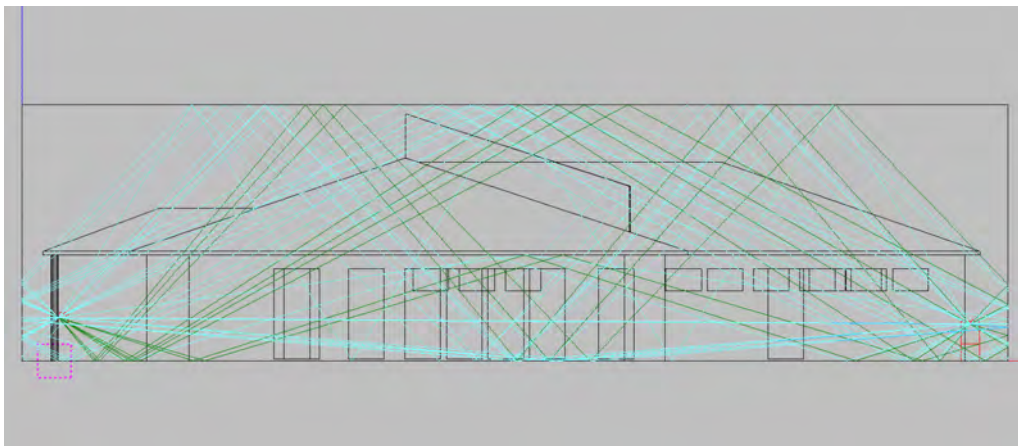


Abbildung 21: Variante 1, Reflexionspfade, Ansicht von vorn

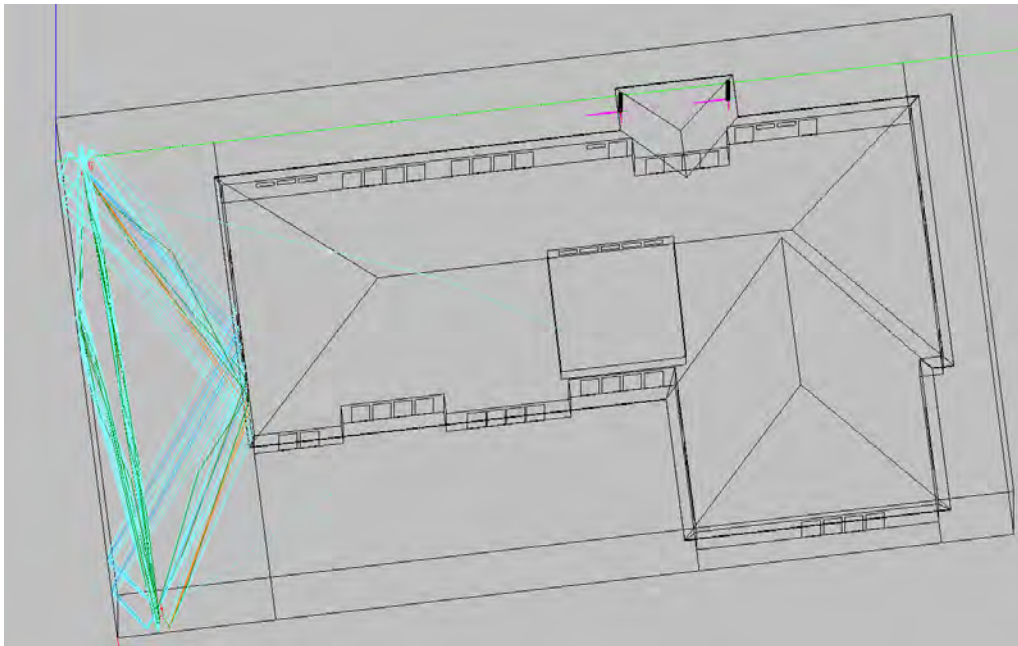


Abbildung 22: Variante 1, Reflexionspfade, Ansicht von schräg oben

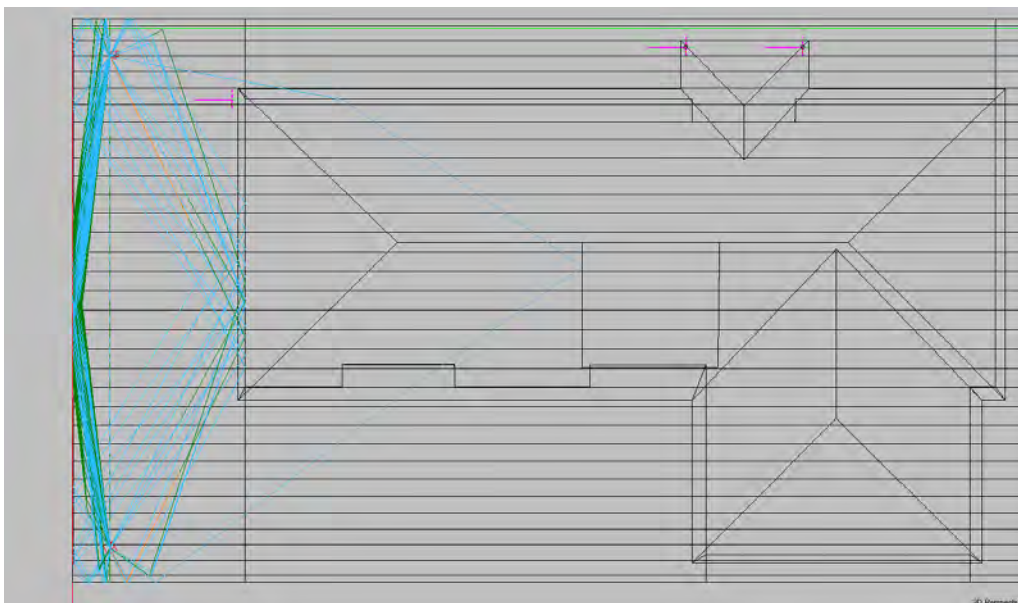


Abbildung 23: Variante 2, Reflexionspfade, Ansicht von oben

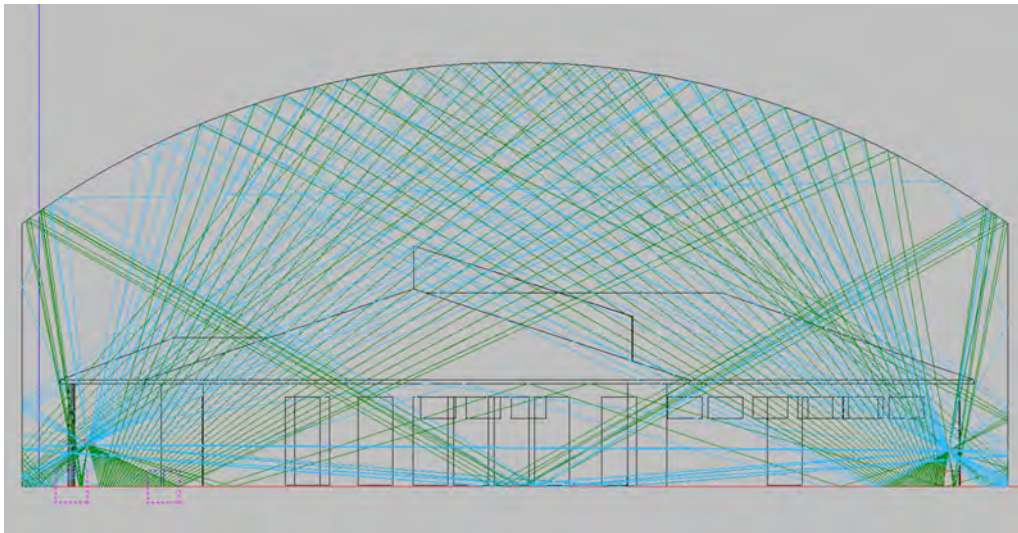


Abbildung 24: Variante 2, Reflexionspfade, Ansicht von vorn

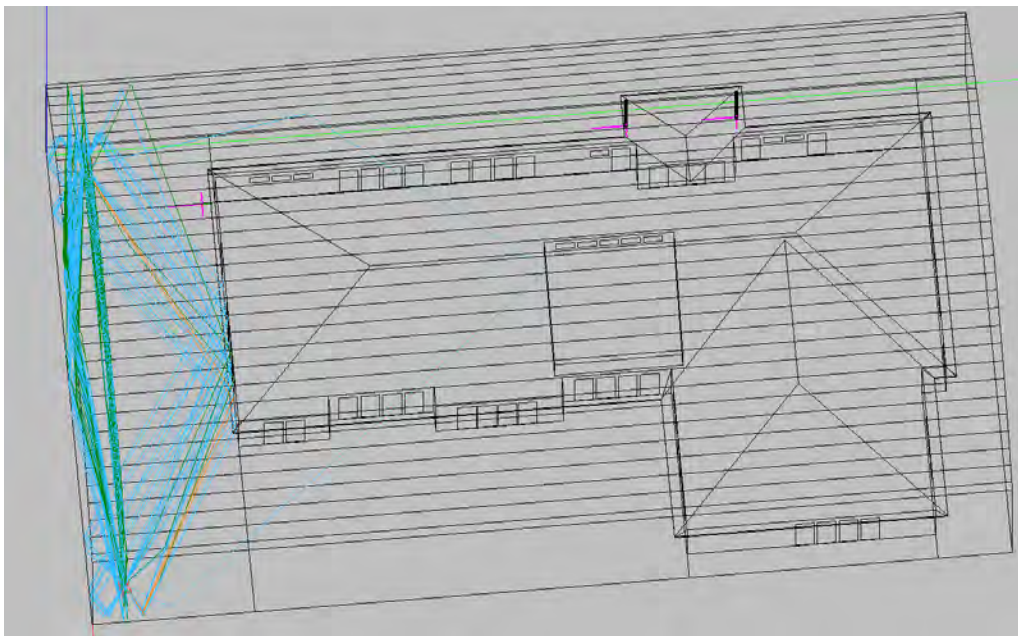


Abbildung 25: Variante 2, Reflexionspfade, Ansicht von schräg oben

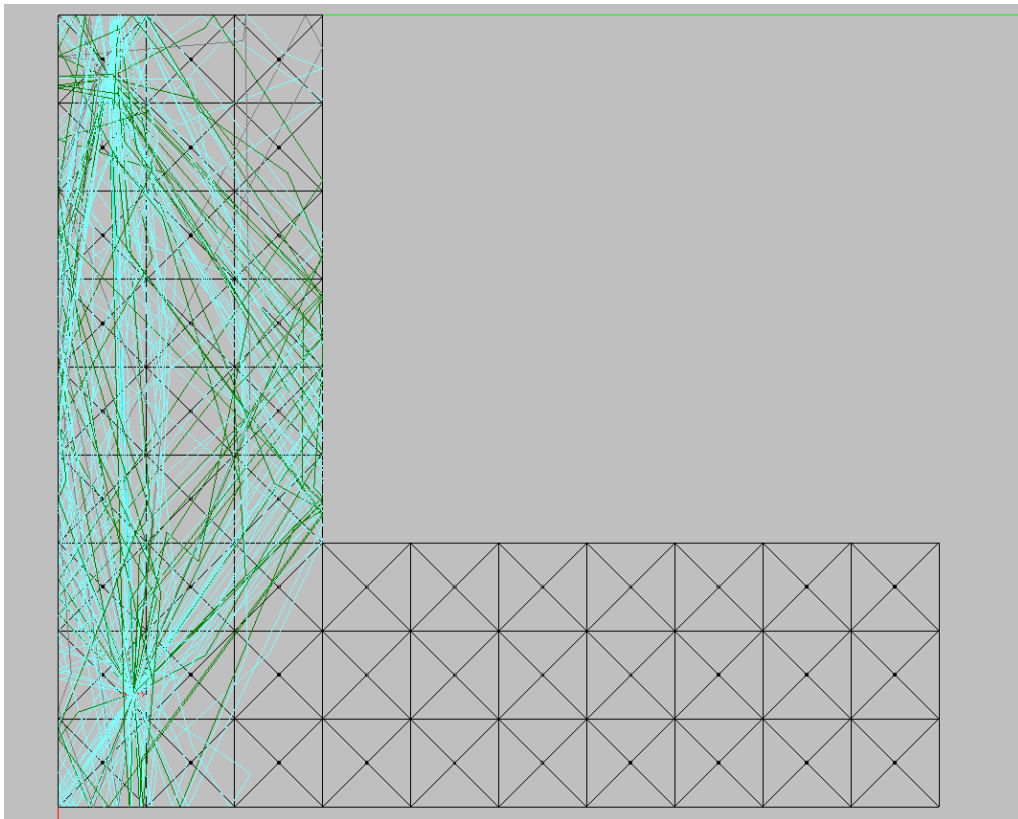


Abbildung 26: Variante 3, Reflexionspfade, Ansicht von oben

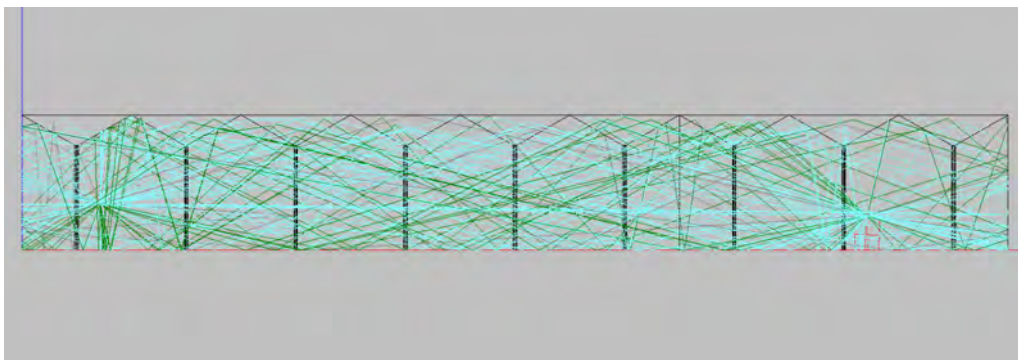


Abbildung 27: Variante 3, Reflexionspfade, Ansicht von vorn

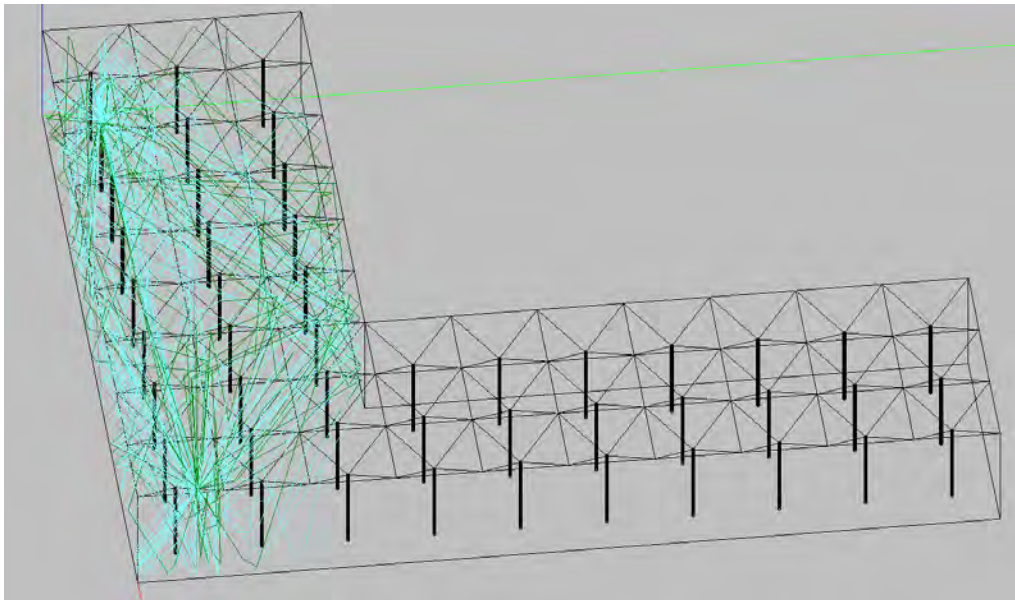


Abbildung 28: Variante 3, Reflexionspfade, Ansicht von schräg oben

Vergleicht man die Reflexionsmuster der drei verschiedenen Varianten, so fallen Unterschiede auf. So zeigt sich in Variante 3 (Abbildungen 26 bis 28) ein stark gestreutes Muster. Dies ergibt sich durch den flachen Raum mit der stark strukturierten Decke. Ein solches Verhalten ist als eher vorteilhaft zu werten.

In Variante 1 (Abbildungen 20 bis 22) ist das Muster dagegen deutlich ausgeprägter. Dies ergibt sich aus den im rechten Winkel bzw. parallel stehenden Wänden und Deckenflächen der Außenhülle und der Kindertagesstätte.

In Variante 2 (Abbildungen 23 bis 25) ist das Muster sehr ausgeprägt. Insbesondere die gewölbte Decke führt zu diesem ausgeprägten Reflexionsmuster, das dafür sorgt, dass die Energie vom Anregeort in der einen Ecke zum Empfangsort in der anderen Ecke transportiert wird. Dies ist besonders gut in Abbildung 24 zu erkennen. Bezüglich des Reflexionsverhaltens ist daher Variante 2 als am ungünstigsten einzustufen.

3.3 Zusammenfassung zur Akustik der Klimahülle

Vergleicht man die drei Varianten auf ihre Eignung in Bezug auf die Akustik, so lassen sich prinzipiell zwei verschiedene Fragestellungen betrachten. Wie groß ist der Schalleintrag von Außen nach Innen? Wie ist die Raumakustik im Innern der Hülle?

Die Unterschiede des Schalleintrags von Außen nach Innen, die sich durch die Betrachtung der Außen-Innen-Pegeldifferenz beurteilen lassen, sind für die drei unterschiedlichen Varianten, unter Anwendung von zwei unterschiedlichen statistischen Berechnungsmethoden der Nachhallzeit, nicht sehr groß. Die Pegeldifferenzen liegen zwischen 17,9 und 18,9 dB. Dabei wurde eine geschlossene Hülle mit einer Zweischeibenverglasung mit einem resultierenden Bauschalldämmmaß von 32 dB angenommen.

Lediglich bei der Berechnung der Nachhallzeit nach der Methode nach Schröder, die zusätzlich angewendet wurde, treten etwas größere Unterschiede auf. Hier liegen die Außen-Innen-Pegeldifferenzen bei 15,0 bis 19,4 dB.

In Bezug auf die Raumakustik ist die Nachhallzeit ein wesentliches Kriterium für eine akzeptable Sprachverständlichkeit. Hier zeigen sich Unterschiede bei den verwendeten Berechnungsmethoden der Nachhallzeit. Bei zwei der Berechnungsmethoden zeigt sich für die Variante 2 die längste und für Variante 3 die geringste Nachhallzeit. Dies korreliert mit dem Innenvolumen der drei Varianten. Ein großes Volumen führt erwartungsgemäß bei ähnlicher Absorption der Oberflächen zu einer höheren Nachhallzeit. Bei der Berechnungsmethode nach Schröder ist die Nachhallzeit bei allen drei Varianten ähnlich hoch. In allen Fällen ist davon auszugehen, dass für eine akzeptable Sprachverständlichkeit zusätzliche raumakustische Maßnahmen notwendig werden. So könnten z.B. perforierte transparente Folien als zusätzliche Absorber innen vor Teilen der verglasten Außenhülle angebracht werden.

Ein weiteres Kriterium ist das räumliche Reflexionsverhalten. Hierzu wurden ebenfalls raumakustische Simulationen durchgeführt. Es zeigte sich, wie vermutet, dass die Varianten 1 und 2 im Vergleich zur Variante 3, die ein kleineres Innenvolumen und eine stark strukturierte Decke besitzt, ein räumlich sehr ausgeprägtes Reflexionsverhalten zeigen. Besonders bei Variante 2 treten durch die gewölbte Decke Konzentrationseffekte für einzelne Orte auf. Absorbierende Maßnahmen im Bereich der gewölbten Decke z.B. durch perforierte transparente Folien könnten hier für Abhilfe sorgen.

4 Der transparente Schalldämpfer - „Schallmembran“

Im Projektverlauf wurde über die Möglichkeiten einer sogenannten „Schallmembran“ nachgedacht. Diese transparente oder wenigstens transluzente Konstruktion sollte den Durchgang von Luft ermöglichen, den Durchgang von Schall aber möglichst stark behindern. Dabei wurde an schalldämpfte Lüftungsöffnungen in der Verglasung der Klimahülle gedacht. Um die aus klimatischen Gründen notwendige Lüftung zu ermöglichen, sollte ein Öffnungsanteil von ca. 5 % der Fläche der Klimahülle vorgesehen werden.

Von advacoustics wurden deshalb Aufbauten vorgeschlagen, bei denen an zwei oder mehrschaligen Verglasungen gegeneinander versetzte Lüftungsöffnungen genutzt werden könnten. Die Abbildungen 29 bis 32 zeigen Prinzipskizzen derartiger Anordnungen. Durch das Versetzen der Lüftungsöffnungen bzw. das Umlenken der Luft entsteht ein Kanal, der prinzipiell durch Absorptionsmaterialien zu einem Schalldämpferkanal ausgebaut werden könnte.

Die grundlegende Idee hierbei ist, einerseits den Kanal mit sogenannten mikroperforierten Folien zu belegen, die als Absorber in der Raumakustik eingesetzt werden, wenn es darum geht, Transparenz zu ermöglichen. Andererseits könnten versteckte Kanten genutzt werden, um herkömmliche (nicht-transparente) Absorbermaterialien zu verwenden (vgl. Abbildung 32).

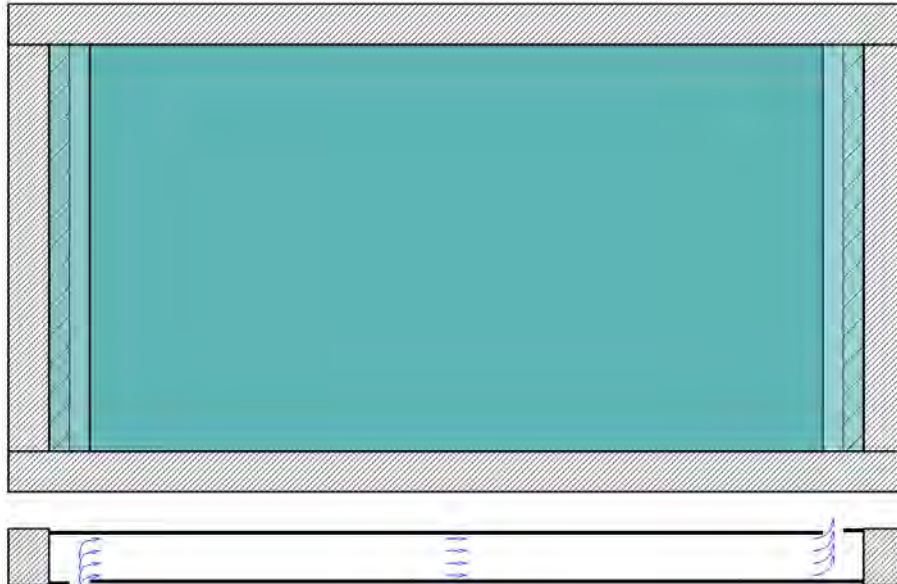


Abbildung 29: Prinzipskizze Variante 1

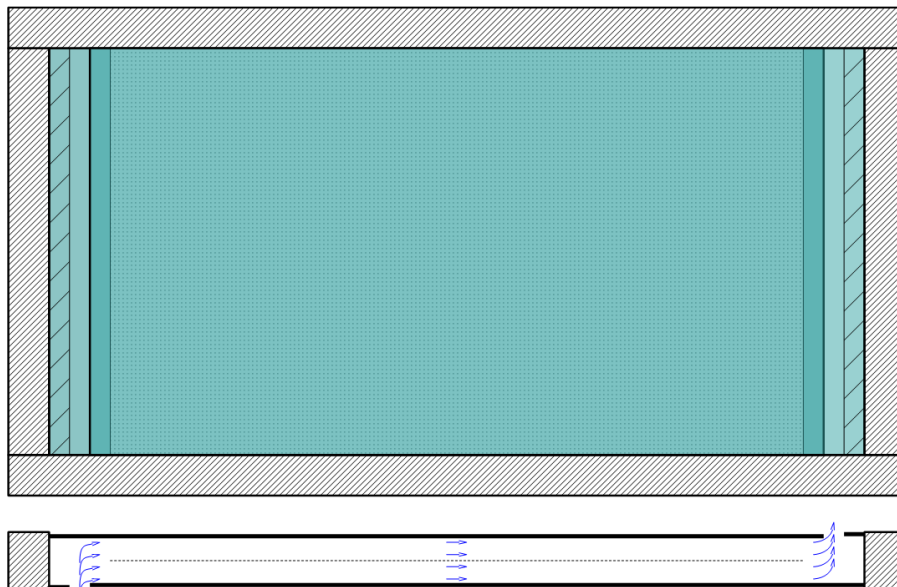


Abbildung 30: Prinzipskizze Variante 2 mit einer mikroperforierten Folie

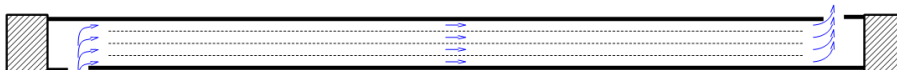
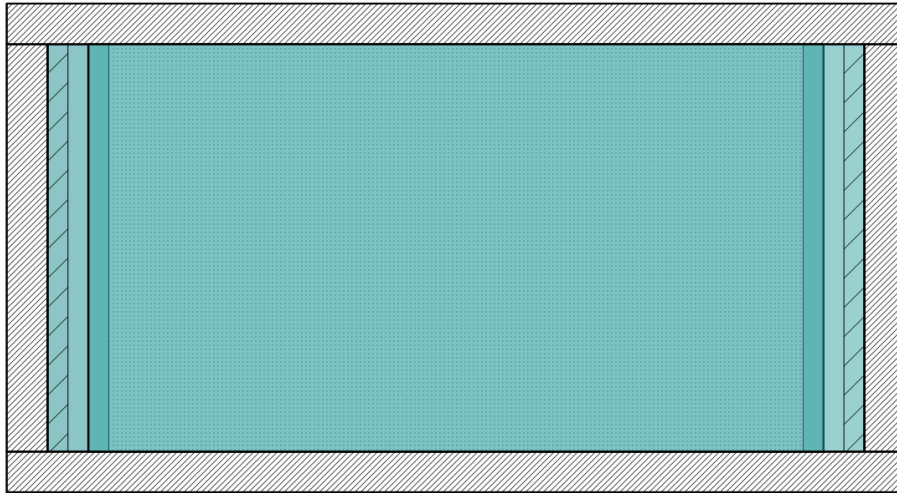


Abbildung 31: Prinzipskizze Variante 3 mit drei mikroperforierten Folien

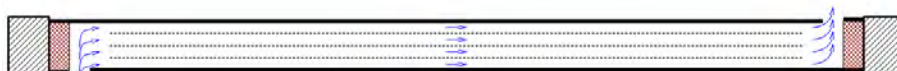


Abbildung 32: Prinzipskizze Variante 4 mit drei mikroperforierten Folien und porösem Absorber (Schaumstoff)

Weitere Ausbaustufen könnten mit Umlenkungen gestaltet werden, wie sie Abbildung 33 zeigt. Dies würde mindestens eine weitere schalldämmende Schicht erfordern, z. B. Glas, in Abbildung 33 rot dargestellt.

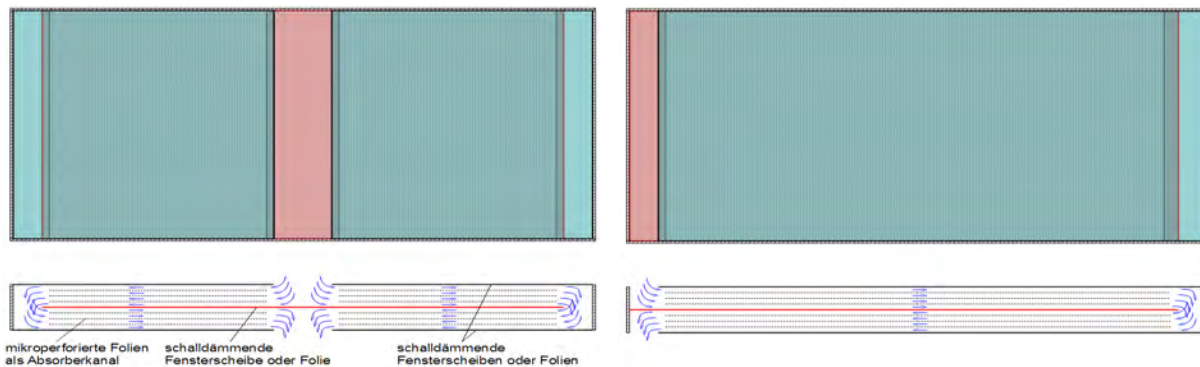


Abbildung 33: prinzipielle weitere Möglichkeiten mit verlängerter Wegstrecke durch Schallumlenkung und Reflexionsmöglichkeiten (hier nicht realisiert)

4.1 Versuchsaufbau

Zur Aufnahme der „Schallmembran“ wurde ein Rahmen aus 10,5 x 8 cm starken Holzbalken gebaut. Der Rahmen wurde von der Werkstatt des Fachgebietes Entwerfen und Konstruieren – Massivbau der Technischen Universität Berlin angefertigt.

Der Einbau der „Schallmembran“ in den Rahmen wurde von advacoustics durchgeführt. Als Abstandshalter zwischen den Scheiben und den mikroperforierten Folien dienten vier umlaufende Rahmen aus einem 13,5 mm-Alu-Stecksystem, vgl. Abbildung 34 rechts. Von außen wurden die Scheiben mit Holzleisten fixiert.

Da die Mikroperforfolien nicht gespannt werden konnten, berührten sie sich teilweise flächenhaft. Dies wurde verhindert, indem zwischen die Folien Abstandhalter aus Schaumstoff geklebt wurden (vgl. Abbildung 34).

Oberhalb des Schlitzes auf der Senderraumseite und unterhalb des Schlitzes auf der Empfangsraumseite wurde jeweils eine ca. 5 cm hohe Blende aus Holz angebracht (vgl. Abbildung 34), hinter denen der Schaumstoff als Absorber eingebracht werden konnte (Fixierung durch sanfte Klemmung zwischen Scheibe und Blende, vgl. Abbildung 35 rechts).

Mit zwei weiteren Blendens wurden zu Vergleichszwecken die Schlitz verschlossen (vgl. Abbildung 35).



Abbildung 34: Fotos der „Schallmembran“ im Prüfstand

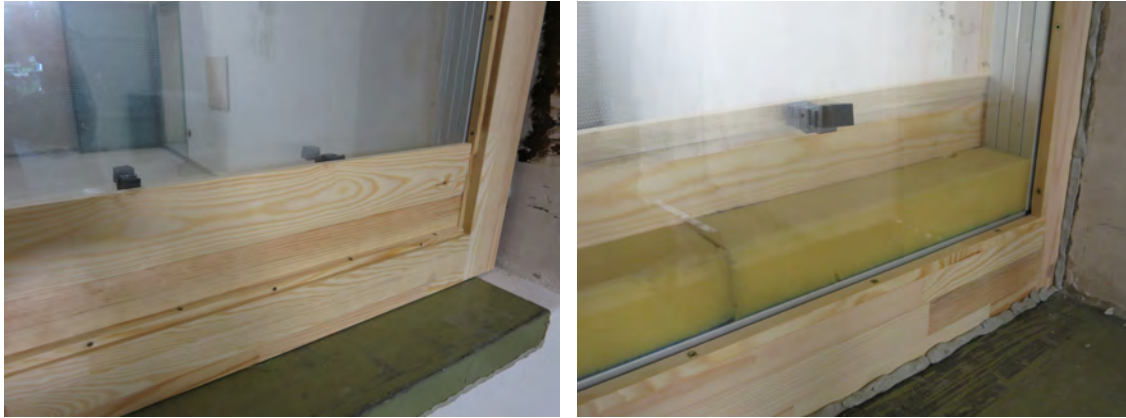


Abbildung 35: Fotos der verschlossenen „Schallmembran“ mit Schaumstoff unten, links: Blick vom Empfangsraum, rechts: Blick vom Senderraum

4.1.1 Maße

Rahmen:

- Kieferkantel 82 x 105 mm, 3-fach verleimt, keilverzinkt & lamelliert
- Rahmenaußenmaße: 133 x 153 cm
- Rahmeninnenmaße: 116,7 x 136,8 cm

Scheiben:

- jeweils 4 mm Floatglas, 116,5 x 124,8 cm
- Abstand der Scheiben: ca. 54 mm

Schlitz:

- 114 x 5,4 cm
- entspricht ca. 4 % der Fläche des Rahmenausschnitts

4.1.2 Varianten

Es wurden die Schalldämmmaße für folgende Varianten bestimmt:

- Variante 1: Schlitz geöffnet ohne Microsorberfolien, ohne Schaumstoff, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten
- Variante 2: Schlitz geöffnet eine Microsorberfolie, ohne Schaumstoff, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten
- Variante 3: Schlitz geöffnet drei Microsorberfolien, ohne Schaumstoff, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten
- Variante 4: Schlitz geöffnet drei Microsorberfolien, mit Schaumstoff oben und unten, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten
- Variante 5: Schlitz geöffnet ohne Microsorberfolien, ohne Schaumstoff, beide Schlitze oben
- Variante 6: Schlitz geöffnet ohne Microsorberfolien, mit Schaumstoff oben, beide Schlitze oben
- Variante 7: Schlitz verschlossen drei Microsorberfolien, mit Schaumstoff oben und unten

Die Varianten 5, 6 und 7 wurden zu Vergleichszwecken vermessen, um die Ergebnisse der Varianten 1 bis 4 besser einordnen zu können.

4.2 Messungen

Die Messungen fanden im Fensterprüfstand des Fachgebietes Technische Akustik der Technischen Universität Berlin, Einsteinufer 25, 10587 Berlin statt und wurden von Dr. Jakob und Dr. Volz durchgeführt.

Für die Messung der Luftschalldämmung erfolgte die Luftschallanregung durch einen Dodekaeder-Lautsprecher im Senderaum an zwei Orten. Die Anregung erfolgte mit rosa Rauschen. Der Anregepegel lag bei den Messungen im Senderaum bei ca. 100 dB(A).

Die Messungen der Schallpegel wurden gleichzeitig im Sende- und Empfangsraum durchgeführt. Zur räumlichen Mittelung wurden die Mikrofone auf Drehgalgen kontinuierlich bewegt.

Im Empfangsraum wurde die Nachhallzeit gemessen (vgl. Abbildung 43).

4.2.1 Messgeräte

Folgende Messgeräte wurden verwendet:

- Soundbook MK2-4L G von SINUS Messtechnik GmbH mit Mess-Software Samurai Version 2.4.9 sowie 2 Mikrofon-Vorverstärker Microtech Gefell Typ MV210 und 2 Mikrofon-1/2"-Kapseln Microtech Gefell Typ MK255 zur Messung der Schallpegel in Sende- und Empfangsraum,
- Mikrofon-Kalibrator CAL 200 von Larson Davis zur Kalibrierung des Messgerätes,
- Lautsprecher Dodekaeder Typ K100/12 von Norsonic, geprüft von der PTB Braunschweig, mit Leistungsverstärker Norsonic Typ 215 und Rauschgenerator Norsonic Typ 230 zur Luftschallanregung im Senderaum.

4.2.2 Fremdgeräusch

Während der Messungen waren praktisch keine Fremdgeräusche zu vernehmen und zu messen, die die zu messenden Geräusche gestört hätten. Der Fremdgeräuschabstand war in allen Terzbändern ausreichend hoch.

4.3 Messergebnisse

4.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die folgende Tabelle 3 fasst die Ergebnisse der Messungen zusammen:

Tabelle 3: Ermittelte Schalldämmmaße der verschiedenen Varianten der „Schallmembran“

Variante	Bewertetes Schalldämmmaß und Spektrumanpassungswerte $R_w (C; C_{tr})$ dB
Variante 1: Schlitze geöffnet ohne Microsorberfolien, ohne Schaumstoff, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten	15 (0;-2)
Variante 2: Schlitze geöffnet eine Microsorberfolie, ohne Schaumstoff, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten	16 (-1;-2)
Variante 3: Schlitze geöffnet drei Microsorberfolien, ohne Schaumstoff, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten	17 (-1;-3)
Variante 4: Schlitze geöffnet drei Microsorberfolien, mit Schaumstoff oben und unten, Schlitz Senderraum oben, Schlitz Empfangsraum unten	18 (-1;-3)
Variante 5: Schlitze geöffnet ohne Microsorberfolien, ohne Schaumstoff, beide Schlitze oben	15 (0;-1)
Variante 6: Schlitze geöffnet ohne Microsorberfolien, mit Schaumstoff oben, beide Schlitze oben	16 (0;-1)
Variante 7: Schlitze verschlossen drei Microsorberfolien, mit Schaumstoff oben und unten	31 (-1;-3)

4.3.2 Darstellung der Einzelergebnisse

Die Abbildungen 36 bis 42 zeigen die Messergebnisse als Diagramme über der Frequenz und als bewerteten Einzahlwert gemäß ISO 717-1 [12]. Es gilt: Je **höher** die Werte des bewerteten Schalldämmmaßes R_w und die Spektrumanpassungswerte C und C_{tr} sind, desto besser ist die Schalldämmung.

Variante 5 ähnelt stark sowohl vom Aufbau als auch vom Verhalten her einem gekipptem Fenster. Der Verlauf des Schalldämmmaßes ist mehr oder weniger konstant über der Frequenz und weist keine fallende oder steigende Tendenz auf. Die zu verzeichnenden Schwankungen dürften auf den Einfluss des angekoppelten einseitig offenen Scheibenzwischenraum zurückzuführen sein, vermutlich auf eine Art Viertelwellenlängen- bzw. $\lambda/4$ -Resonator. Das ermittelte bewertete Schalldämmmaß R_w liegt mit 15 dB in der Größenordnung, die man – wegen der zusätzlichen seitlichen Schlitz ca. 2-3 dB niedriger – auch bei gekippten Fenstern feststellt.

Der Verlauf des Schalldämmmaßes bei Variante 1, bei der im Vergleich zu Variante 5 nur die Schlitz versetzt angeordnet sind, weist dasselbe bewertete Schalldämmmaß von $R_w = 15$ dB auf. Der Verlauf des Schalldämmmaßes ist allerdings ein anderer. Man erhält einen Verlauf, bei dem tiefe und hohe Frequenzen stärker gedämmt werden als mittlere. Im wesentlichen handelt es sich bei Variante 1 um einen schallhart berandeten Schallkanal, also eine Art Wellenleiter ohne nennenswerte Schallabsorption im Kanal.

Das Einbringen einer Microsorberfolie in den Scheibenzwischenraum (Variante 2) lässt das Schalldämmmaß – hauptsächlich für tiefe und hohe Frequenzen – etwas ansteigen und führt zu einem um 1 dB höheren bewerteten Schalldämmmaß. Das Einbringen zweier weiterer Folien (Variante 3) liefert ein weiteres dB für das bewertete Schalldämmmaß. Der zusätzliche Schaumstoff oben und unten (Variante 4) liefert noch ein weiteres dB, so dass in der hier untersuchten quasi „maximalen Ausbaustufe“ ein bewertetes Schalldämmmaß von $R_w = 18$ dB resultiert, also 3 dB mehr im Vergleich zum schallharten Kanal ohne Folien und Schaumstoffabsorber von Variante 1.

Die verschlossenen Schlitz führen zu einem Verlauf des Schalldämmmaßes über der Frequenz, wie er so ähnlich auch bei normalen Doppelglas-Fenstern üblich ist, d. h. einem Einbruch im Bereich der Masse-Feder-Masse-Resonanzfrequenz (sog. „Tonpilzresonanz“), der hier aufgrund des recht großen Abstands recht tief bei ca. 100 Hz liegt, einem ansteigenden Verlauf und einem hochfrequenten Einbruch um 2-3 kHz, der durch die Koinzidenzgrenzfrequenz der 4 mm dicken Glasscheiben hervorgerufen wird. Das bewertete Schalldämmmaß fällt mit 31 dB allerdings insgesamt etwas geringer aus, als zu erwarten wäre, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass in diesem einfachen Laboraufbau die Abdichtungen der Schlitz (trotz im Foto nicht zu erkennendem Dichtungsmaterial) nicht gut gelungen war und die Schalldämmung der Blenden aufgrund des geringeren Flächengewichts schlechter als die der Scheiben sein dürfte.

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Aufbau des Prüfgegenstandes:

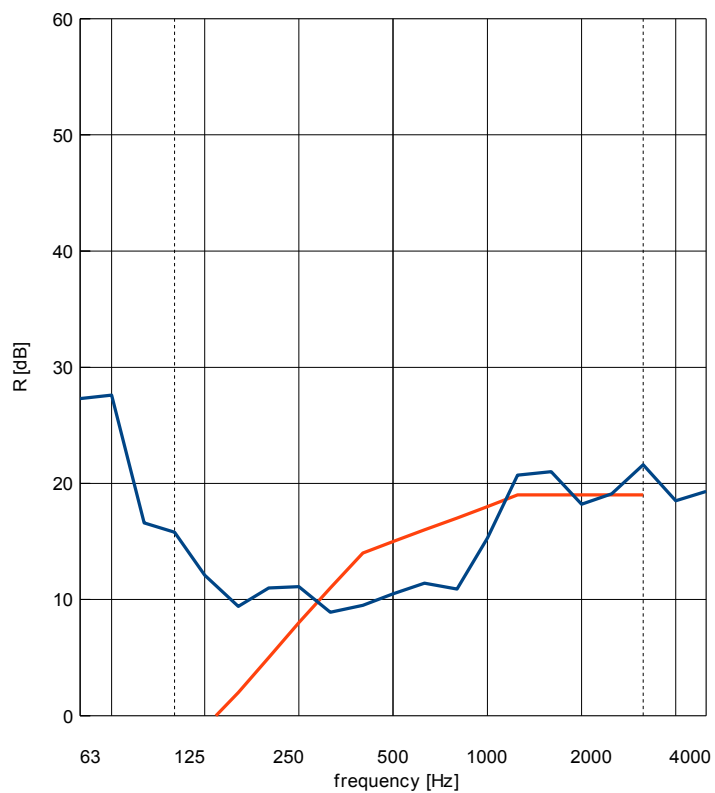
Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben
 Empfangsseitig Öffnung unten
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Ohne mikroperforierte Folie im SZR
 Ohne Schaumstoff hinter Blenden in Laibung oben und unten

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderraum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugscurve ISO 717-1
 — Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	27,3
63	27,6
80	16,6
100	15,8
125	12,1
160	9,4
200	11,0
250	11,1
315	8,9
400	9,5
500	10,5
630	11,4
800	10,9
1000	15,3
1250	20,7
1600	21,0
2000	18,2
2500	19,1
3150	21,6
4000	18,5
5000	19,3



Bewertung nach ISO 717-1

$R_w (C ; C_{tr}) = 15 (0 ; -2) \text{ dB}$

$C_{50-3150}$

0 dB

$C_{50-5000}$

0 dB

$C_{100-5000}$

0 dB

$C_{tr,50-3150}$

-2 dB

$C_{tr,50-5000}$

-2 dB

$C_{tr,100-5000}$

-2 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR
 Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91



Berlin, 29.06.2015

Abbildung 36: Schalldämmmaß von Variante 1

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

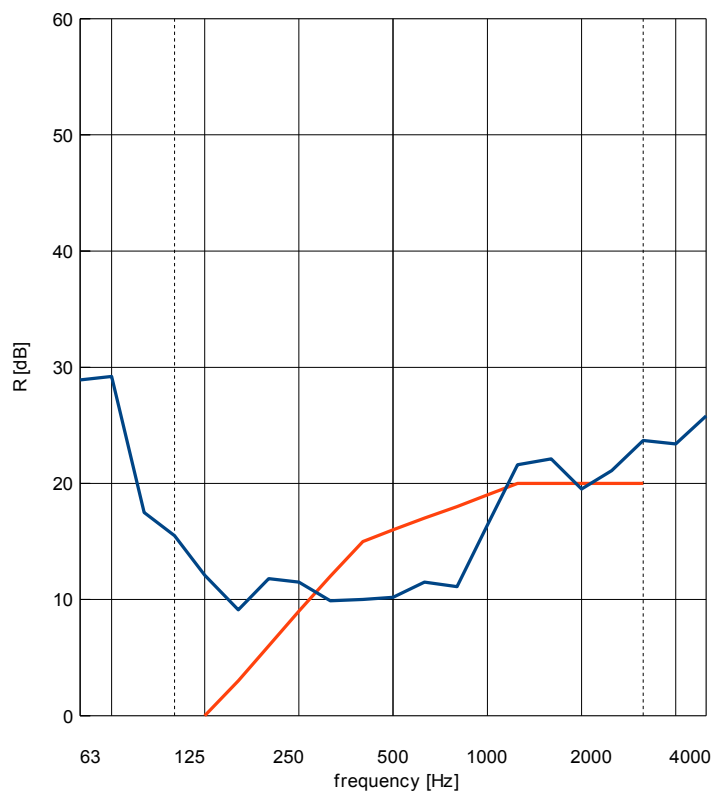
Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Aufbau des Prüfgegenstandes:
 4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben
 Empfangsseitig Öffnung unten
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Dazwischen 1 mikroperforierte Folie mit Abstandshaltern aus PE-Schaum
 Ohne Schaumstoff hinter Blenden in Laibung oben und unten

Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderraum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugskurve ISO 717-1
— Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	28,9
63	29,2
80	17,5
100	15,5
125	12,1
160	9,1
200	11,8
250	11,5
315	9,9
400	10,0
500	10,2
630	11,5
800	11,1
1000	16,4
1250	21,6
1600	22,1
2000	19,5
2500	21,1
3150	23,7
4000	23,4
5000	25,8



Bewertung nach ISO 717-1

$$R_w (C ; C_{tr}) = 16 (-1 ; -2) \text{ dB}$$

$C_{50-3150}$: -1 dB

$C_{50-5000}$: 0 dB

$C_{100-5000}$: 0 dB

$C_{tr,50-3150}$: -2 dB

$C_{tr,50-5000}$: -2 dB

$C_{tr,100-5000}$: -2 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR

Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91



Berlin, 29.06.2015

Abbildung 37: Schalldämmmaß von Variante 2

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

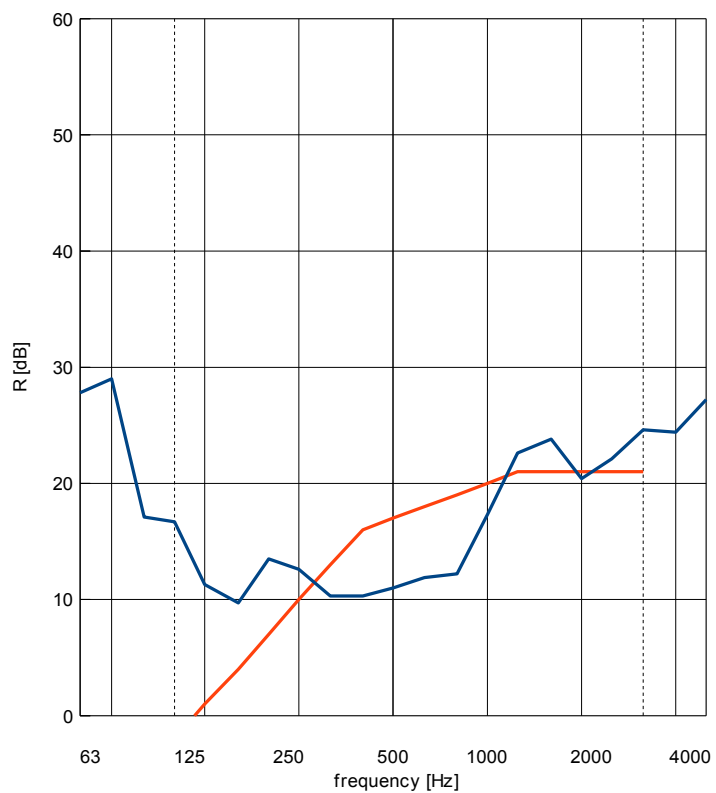
Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

Aufbau des Prüfgegenstandes:
 4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben
 Empfangsseitig Öffnung unten
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Dazwischen 3 mikroperforierte Folien mit Abstandshaltern aus PE-Schaum
 Ohne Schaumstoff hinter Blenden in Laibung oben und unten

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderraum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugscurve ISO 717-1
 — Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	27,8
63	29,0
80	17,1
100	16,7
125	11,3
160	9,7
200	13,5
250	12,6
315	10,3
400	10,3
500	11,0
630	11,9
800	12,2
1000	17,3
1250	22,6
1600	23,8
2000	20,4
2500	22,1
3150	24,6
4000	24,4
5000	27,2



Bewertung nach ISO 717-1

$R_w (C ; C_{tr}) = 17 (-1 ; -3) \text{ dB}$

$C_{50-3150}$: -1 dB

$C_{50-5000}$: 0 dB

$C_{100-5000}$: 0 dB

$C_{tr,50-3150}$: -3 dB

$C_{tr,50-5000}$: -3 dB

$C_{tr,100-5000}$: -3 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR

Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91

Berlin, 29.06.2015



Abbildung 38: Schalldämmmaß von Variante 3

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

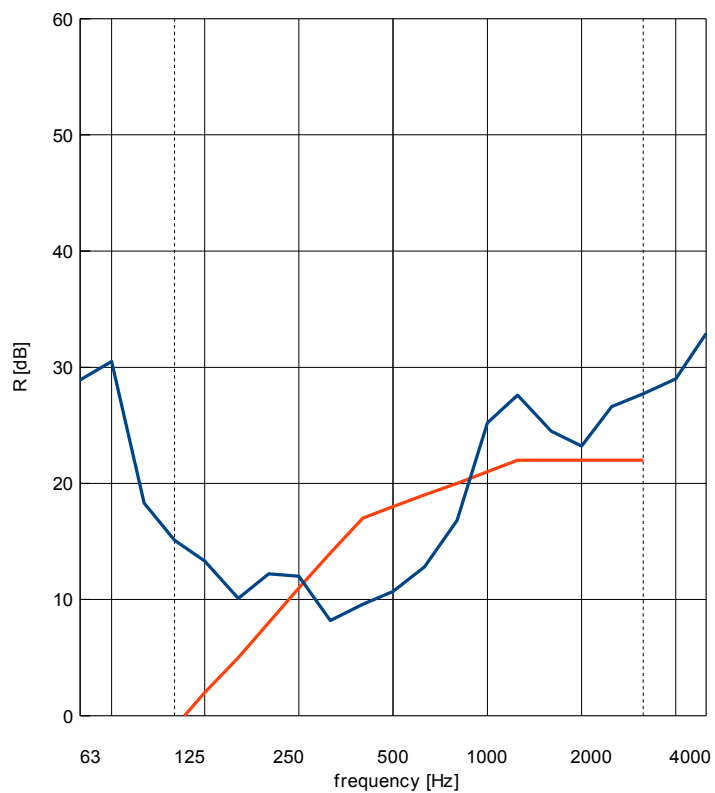
Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Aufbau des Prüfgegenstandes:
 4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben
 Empfangsseitig Öffnung unten
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Dazwischen 3 mikroperforierte Folien mit Abstandshaltern aus PE-Schaum
 50 mm Schaumstoff hinter Blenden in Laibung oben und unten

Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderraum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugskurve ISO 717-1
— Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	28,9
63	30,5
80	18,3
100	15,1
125	13,3
160	10,1
200	12,2
250	12,0
315	8,2
400	9,6
500	10,7
630	12,8
800	16,8
1000	25,2
1250	27,6
1600	24,5
2000	23,2
2500	26,6
3150	27,7
4000	29,0
5000	32,9



Bewertung nach ISO 717-1

$R_w (C ; C_{tr}) = 18 (-1 ; -3) \text{ dB}$

$C_{50-3150}$: -1 dB

$C_{50-5000}$: 0 dB

$C_{100-5000}$: 0 dB

$C_{tr,50-3150}$: -3 dB

$C_{tr,50-5000}$: -3 dB

$C_{tr,100-5000}$: -3 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR

Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91



Berlin, 29.06.2015

Abbildung 39: Schalldämmmaß von Variante 4

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Aufbau des Prüfgegenstandes:

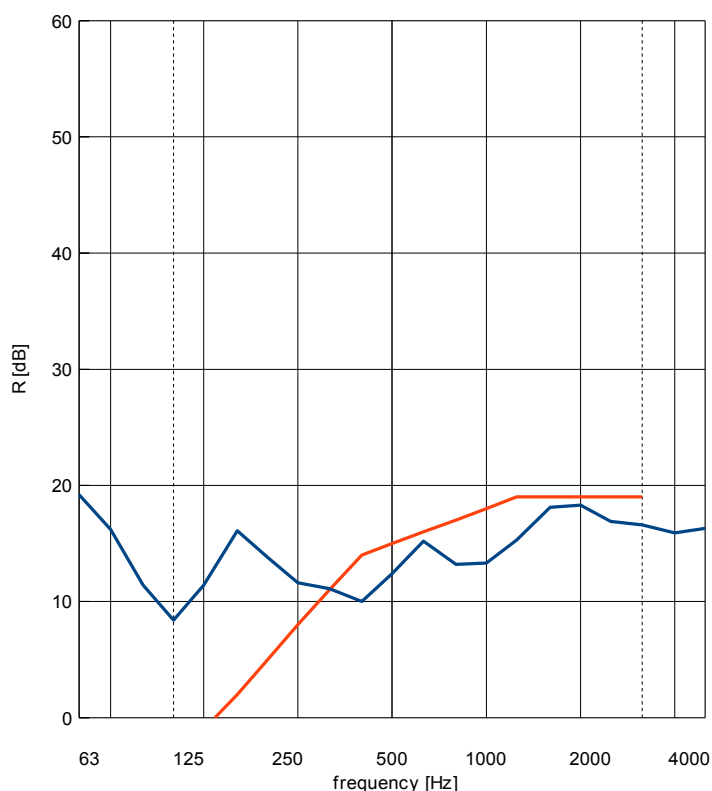
Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben
 Empfangsseitig Öffnung oben
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Ohne mikroperforierte Folie im SZR
 Ohne Schaumstoff hinter Blenden in Laibung oben und unten

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderaum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugscurve ISO 717-1
 — Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	19,2
63	16,2
80	11,4
100	8,4
125	11,4
160	16,1
200	13,8
250	11,6
315	11,1
400	10,0
500	12,4
630	15,2
800	13,2
1000	13,3
1250	15,3
1600	18,1
2000	18,3
2500	16,9
3150	16,6
4000	15,9
5000	16,3



Bewertung nach ISO 717-1

$$R_w (C ; C_{tr}) = 15 (0 ; -1) \text{ dB}$$

$C_{50-3150}$

0 dB

$C_{50-5000}$

0 dB

$C_{100-5000}$

0 dB

$C_{tr,50-3150}$

-1 dB

$C_{tr,50-5000}$

-1 dB

$C_{tr,100-5000}$

-1 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR
 Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91



Berlin, 29.06.2015

Abbildung 40: Schalldämmmaß von Variante 5

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Aufbau des Prüfgegenstandes:

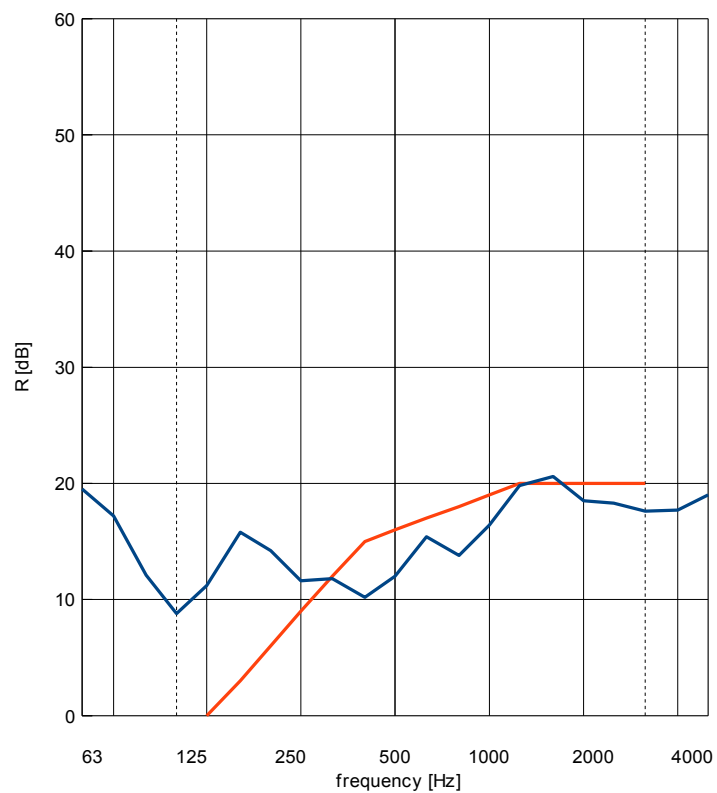
Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben
 Empfangsseitig Öffnung oben
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Ohne mikroperforierte Folie im SZR
 Mit Schaumstoff hinter Blende in Laibung oben

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderraum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugscurve ISO 717-1
 — Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	19,5
63	17,2
80	12,1
100	8,8
125	11,2
160	15,8
200	14,2
250	11,6
315	11,8
400	10,2
500	12,0
630	15,4
800	13,8
1000	16,4
1250	19,8
1600	20,6
2000	18,5
2500	18,3
3150	17,6
4000	17,7
5000	19,0



Bewertung nach ISO 717-1

$$R_w (C; C_{tr}) = 16 (0; -1) \text{ dB}$$

$C_{50-3150}$

0 dB

$C_{50-5000}$

0 dB

$C_{100-5000}$

0 dB

$C_{tr,50-3150}$

-1 dB

$C_{tr,50-5000}$

-1 dB

$C_{tr,100-5000}$

-1 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR

Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91



Berlin, 29.06.2015

Abbildung 41: Schalldämmmaß von Variante 6

Schalldämmmaß nach DIN EN ISO 10140-2:2010

Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen im Prüfstand

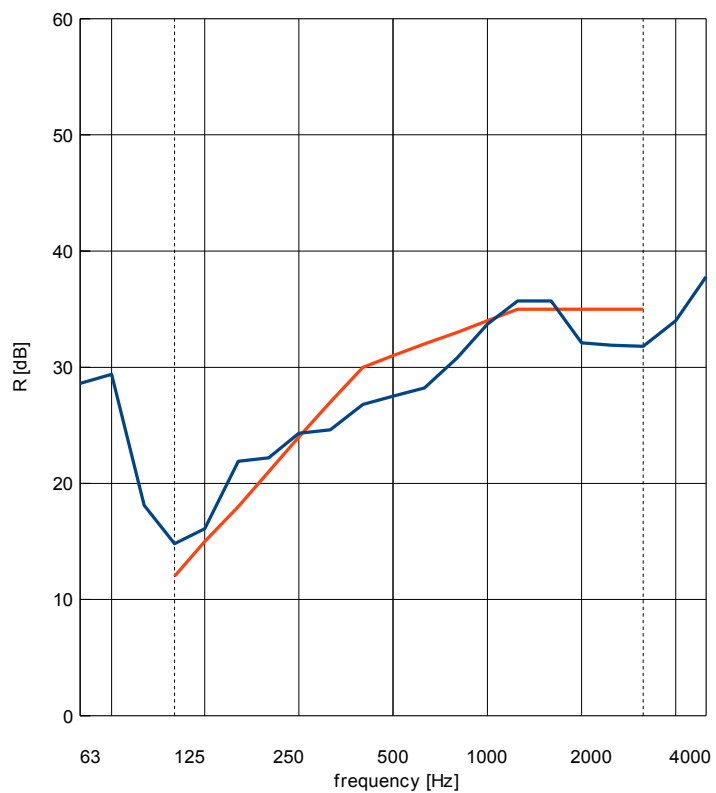
Hersteller: advacoustics
 Kunde: TU-Projekt „Klimahülle“
 Prüfobjekt eingebaut von: Jakob / Volz
 Produktbezeichnung: Dachschalldämpfer („Schallmembran“)
 Ort: Fensterprüfstand TUB-TAP
 Prüfdatum: 26.06.2015

Aufbau des Prüfgegenstandes:
 4 mm Glas – 54 mm SZR – 4 mm Glas
 Sendeseitig Öffnung oben - verschlossen
 Empfangsseitig Öffnung unten – verschlossen
 4x 13,5 mm ALU-Steck-Rahmen
 Dazwischen 3 mikroperforierte Folien mit Abstandshaltern aus PE-Schaum
 50 mm Schaumstoff hinter Blenden in Laibung oben und unten

Prüffläche: 1,88 m²
 Flächenbezogene Masse: kg/m²
 Temperatur: 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 47 %
 Senderraum Volumen: 74,8 m³
 Empfangsraum Volumen: 53,1 m³

— Bezugscurve ISO 717-1
 — Schalldämmmaß R [dB]

Frequenz [Hz]	R [dB]
50	28,6
63	29,4
80	18,1
100	14,8
125	16,1
160	21,9
200	22,2
250	24,3
315	24,6
400	26,8
500	27,5
630	28,2
800	30,8
1000	33,7
1250	35,7
1600	35,7
2000	32,1
2500	31,9
3150	31,8
4000	34,0
5000	37,8



Bewertung nach ISO 717-1

$R_w (C ; C_{tr}) = 31 (-1 ; -3) \text{ dB}$

$C_{50-3150}$

-1 dB

$C_{50-5000}$

0 dB

$C_{100-5000}$

0 dB

$C_{tr,50-3150}$

-4 dB

$C_{tr,50-5000}$

-4 dB

$C_{tr,100-5000}$

-3 dB

Die Ermittlung basiert auf Prüfstands-Messergebnissen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

advacoustics - Dr. André Jakob & Dr. Rudi Volz GbR

Nußhägerstr. 34 · 13505 Berlin · Tel.: 030 / 99 26 57 91

Berlin, 29.06.2015

advanced
 acoustics

Abbildung 42: Schalldämmmaß von Variante 7

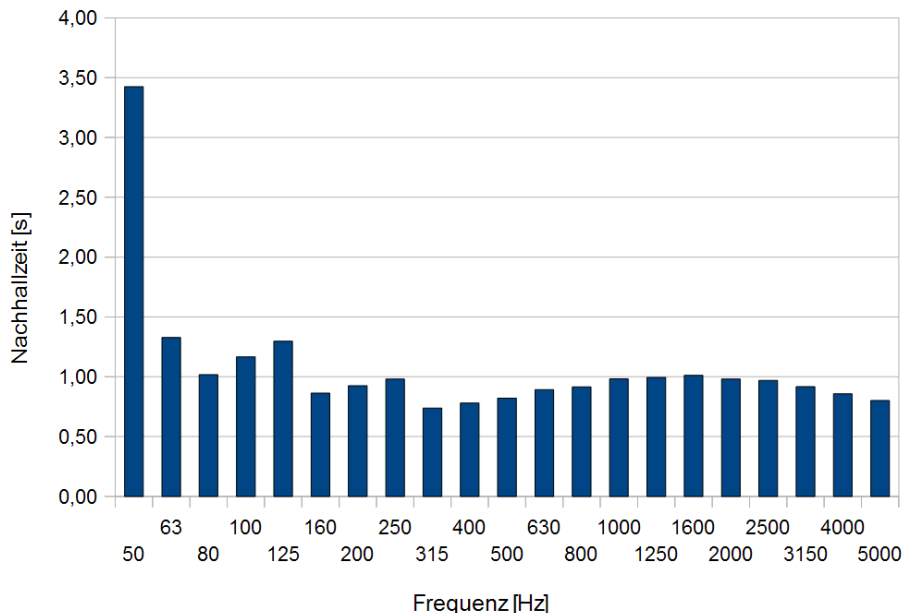


Abbildung 43: Nachhallzeit im Empfangsraum

4.4 Abschließende Bemerkungen und Ausblick

Die Messergebnisse zeigen, dass sich die Schalldämmung eines eventuell zur Lüftung vorhandenen Kanals aus zwei Glasscheiben und an den Enden entgegengesetzt befindlichen Lüftungsschlitzen durch das Einbringen von mikroperforierten Folien und zusätzlichen Schaumstoffabsorbieren nahe an den Schlitzen verbessern lässt. Die Verbesserung des bewerteten Schalldämmmaßes betrug im Versuch $\Delta R_w = 3$ dB. Das aufgebaute Gesamtsystem erreicht damit eine Schalldämmung von $R_w = 18$ dB.

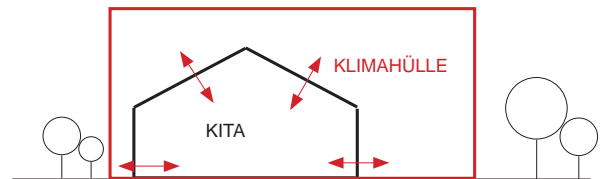
Der Verlauf des Schalldämmmaßes über der Frequenz dieser Schallmembran weist höhere Werte bei höheren Frequenzen auf, was für die angedachte Anwendung insofern vorteilhaft ist, als dass die höchsten Schallpegel am Standort der Kita durch die Landungen verursacht werden, mit ihren starken höherfrequenten Anteilen.

Zur Steigerung der Schalldämmung derartiger Aufbauten könnten die in Abbildung 33 angedeuteten Umlenkungen realisiert werden. Die Wegstrecke des Schalls und damit auch die Wirksamkeit des Schalldämpferkanals würde sich erhöhen. Außerdem bieten die Umlenkungen prinzipiell die Möglichkeit, in den Umlenkungen poröse Absorber zu installieren. In den Umlenkungen wird eine höhere Wirksamkeit des porösen Absorbers erwartet, da dort der Schall reflektiert wird und der Absorber dort gerade diese Reflexion reduzieren könnte. Natürlich würde dort auch ein dickerer Absorber vorteilhaft sein, damit auch tiefere Frequenzen reduziert werden könnten.

Außerdem wäre zu testen, ob mit seitlich angebrachten verdeckten porösen Absorbieren zwischen den Scheiben, d. h. vertikale Schaumstoffstreifen links und rechts in den Fotos der Abbildungen 34 und 35, die sich über die gesamte Länge des Schalldämpferkanals erstrecken, eine Steigerung der Schalldämmung erreicht werden kann.

5 Verwendete Unterlagen

- [1] Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen (VBUF) - Anleitung zur Berechnung (VBUF-AzB), 2006
- [2] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Beiblatt 1 Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, November 1989
- [3] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Beiblatt 1/A1 Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren; Änderung A1“, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, September 2003
- [4] VDI 2719 Schalldämmung von Fenstern und ihren Zusatzeinrichtungen, Verein Deutscher Ingenieure, VDI Verlag 1987
- [5] R. Volz, A. Jakob, Die Anforderungen an die baulichen Schallschutzmaßnahmen für die Anwohner des zukünftigen Hauptstadtflughafens BER im Wandel der Zeit, Lärmbekämpfung, 9(3):112-124, Springer-VDI-Verlag, 2014
- [6] DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, 2004
- [7] K. Freeman, Plants in Green Buildings, Ambius University, 2008
- [8] N. Londhe, M. D. Rao, J. R. Blough, Application of the ISO 13472-1 in situ technique for measuring the acoustic absorption coefficient of grass and artificial turf surfaces, Applied Acoustics 70, pp. 129-141, 2009
- [9] H.-S. Yang, Outdoor Noise Control by Natural/Sustainable Materials in Urban Areas, School of Architecture, The University of Sheffield, 2013
- [10] H.-S. Yang, J. Kang, C. Cheal, Random Incidence Absorption and Scattering Coefficients of Vegetation, Acta Acustica united with Acustica Vol. 99, pp. 379-388, 2013
- [11] DIN EN ISO 10140-2, Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand, Teil 2: Messung der Luftschalldämmung, Dezember 2010
- [12] DIN EN ISO 717-1, Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung, Juni 2013



A4 Anhang zum Themenbereich: **Brandschutz**

Verfasser: **hnp berlin** - Ingenieure für Brandschutz GmbH

Inhalt (S1. - S 42):

- **Bestandsanalyse**
- **Beurteilungsgrundlagen**
- **Risikobetrachtung**
- **Ingenieurmäßige Brandschutzmethoden**

- **Bewertung:**
 - Rettungskonzept
 - Bauliche Brandschutzmaßnahmen
 - Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

- **Nachweis:** „Rauchfreihaltung Rettungswege“ der Klimahülle als Überbau

- **Nachweis:** „Standsicherheit im Brandfall“

- **Brandschutzordnung**

30.04.2015

Brandschutztechnische Detail- stellungnahme 14B0052-G1

zum Bauvorhaben
„Kita Klimahülle TU Berlin, Blanken-
felde“

Dieses Schriftstück umfasst 39 Seiten. Es darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.
Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung.
Die Ergebnisse dürfen nicht auf andere Bauwerke übertragen werden.

Auftraggeber

sbp sonne gmbh
Schwabstraße 43
70197 Stuttgart

Entwurfsverfasser

schlaich bergemann und partner
Schwabstraße 43
70197 Stuttgart

Auftragnehmer

hhpberlin
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Rotherstraße 19
10245 Berlin
T +49 [30] 89 59 55-0
F +49 [30] 89 59 55-9101

E email@hhpberlin.de

Bearbeiter

Dipl.-Ing. Jana Köllner
Dr.-Ing. Karen Paliga



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
1.1	Bestand	4
1.2	Klimahülle	5
1.2.1	Allgemeines	5
1.2.2	Variante A	5
1.2.3	Variante B	6
1.2.4	Variante C	7
2	Beurteilungsgrundlagen	7
2.1	Rechtliche Grundlagen	7
2.2	Gesetze, Verordnungen	7
2.3	Technische Regelwerke	8
2.4	Literatur	8
3	Risikobetrachtung	9
4	Ingenieurmäßige Brandschutzmethoden	10
5	Bewertung	11
5.1	Rettungskonzept	11
5.1.1	Variante A und B	11
5.1.2	Variante C	12
5.2	Bauliche Brandschutzmaßnahmen	12
5.2.1	Tragende Bauteile und deren Aussteifungen	12
5.2.2	Dächer	12
5.2.2.1	Bedachungen	13
5.2.3	Außenwände	13
5.2.4	Brandabschnitte	14
5.2.4.1	Brandwände als Gebäudeabschluss	14
5.2.4.2	Brandwände im Gebäudeinneren	14
5.3	Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen	15

6	Nachweis „Rauchfreihaltung Rettungswege“ der Klimahülle als Überbau	16
6.1	Allgemeines	16
6.2	Nachzuweisende Schutzziele	17
6.3	Brandszenarien	18
6.3.1	Bürobrand in Kita	18
6.3.2	Materialschuppen	20
6.4	Modell	21
6.5	Ergebnisse und Bewertung	22
6.6	Allgemeines	22
6.6.1	Bürobrand in Kita	22
6.6.2	Materialschuppen	24
6.7	Bewertung	25
6.8	Übertragbarkeit auf die Varianten A und B	26
7	Nachweis „Standicherheit im Brandfall“	26
7.1	Nachzuweisende Schutzziele	26
7.2	Sicherheitskonzept	26
7.3	Brandszenarien	29
7.4	Brandwirkungen	31
7.5	Thermische Materialeigenschaften von Stahl	33
7.6	Thermische Analyse	33
7.7	Mechanische Analyse	36
7.7.1	Träger	36
7.7.2	Stützen	37
7.8	Übertragbarkeit auf die Varianten A, B und C	37
8	Brandschutzordnung	38
9	Schlussbetrachtung	39

1 Aufgabenstellung

1.1 Bestand

Das betrachtete Gelände mit dem bestehenden Gebäude befindet sich an der Karl-Liebknecht-Straße 20 a in Blankenfelde-Mahlow. Das Gebäude befindet sich im nördlichen Teil des Grundstücks und besitzt einen L-förmigen Grundriss mit einer Länge von ca. 38,80 m und einer Breite von 15,74 m bzw. 24,56 m. Es handelt sich bei dem Gebäude um einen erdgeschossigen Bau mit einer Gesamthöhe bis zum First von ca. 6,20 m. Die Wände und Decken sind als Holzkonstruktion ausgeführt. Das Dach ist als Satteldach ausgeführt und mit Dachziegeln eingedeckt.



Abbildung 1 Lage der Kita auf dem Grundstück

Das Gebäude dient als Kindertagesstätte (Kita) und ist aufgrund der Höhe gemäß § 2 (3) /BbgBO/ von ca. 0,30 m (Lage des Fertigfußbodens über der Geländeoberfläche) als ein Gebäude geringer Höhe einzustufen. Für die Bewertung ist die Bauordnung für Brandenburg (/BbgBO/) in der aktuell gültigen Fassung heranzuziehen.

Nach § 44 (2) Nr. 8 /BbgBO/ handelt es sich darüber hinaus bei dem bestehenden Gebäude aufgrund der beschriebenen Nutzung als Kita um einen Sonderbau. An Sonderbauten können im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 (1) /BbgBO/ besondere Anforderungen gestellt werden.

Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung von baulichen Anlagen oder Räumen oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf.

Das Gebäude befindet sich an der Karl-Liebknecht-Straße und grenzt somit unmittelbar an das öffentliche Straßenland (siehe Abbildung 1). Die Erschließung durch die Feuerwehr kann daher über diese Straße erfolgen. Zusätzliche Zu- oder Umfahrten sind nicht erforderlich.

Aufstellflächen für die Feuerwehr sind nicht erforderlich, da die Rettungswege baulich sichergestellt werden.

Da das Gebäude nicht mehr als 50 m von einer öffentlichen Verkehrsfläche entfernt ist, kann das öffentliche Straßenland als Bewegungsfläche dienen. Zusätzliche Bewegungsflächen auf dem Grundstück sind für die vorliegende Planung nicht erforderlich.

Für das Gebäude ist entsprechend der Festlegungen des DVGW-Arbeitsblattes /W 405/ eine Löschwasserleistung von 1.600 l/min für eine Löschzeit von 2 Stunden erforderlich. Als Löschwasserentnahmemöglichkeiten können laut der Richtlinie /W 405/ Entnahmestellen des Rohrnetzes der vorhandenen zentralen Trinkwasserversorgung, Löschwasserteiche oder -brunnen o. Ä. angerechnet werden, die sich in einem Umkreis von 300 m um das Brandobjekt befinden. Die Hydranten müssen eine Ergiebigkeit von mindestens 800 l/min über 2 Stunden bei einer gleichzeitigen Entnahme von zwei Hydranten aufweisen.

Um einen unverzüglichen und wirksamen Beginn der Löschmaßnahmen zu gewährleisten, ist es u. E. notwendig, dass eine Löschwasserleistung von mindestens 800 l/min durch Entnahmestellen, die sich in einem Umkreis von maximal 100 m befinden, realisiert wird.

1.2 Klimahülle

1.2.1 Allgemeines

Es ist geplant, auf dem Grundstück eine sogenannte Klimahülle zu errichten. Es gibt drei Varianten zur Ausbildung der Klimahülle. Dabei handelt es sich um sogenannte modulare Systeme, welche ergänzend an das Gebäude der Kita angeschlossen werden können bzw. die gesamte Kita überspannen. Das Tragwerk der Klimahüllen wird in allen Varianten entsprechend den folgenden Beschreibungen ausgebildet. Die Hülle wird durch Glaseindeckung und durch eine Schallmembran geschaffen.

1.2.2 Variante A

In der Variante A überspannt die Klimahülle das gesamte Gebäude der Kita. Die Hülle besitzt eine rechteckige Grundfläche mit einer Breite von ca. 33,50 m und einer Länge von ca. 60 m. Die Grundfläche beträgt ca. 2.000 m². Das Tragsystem wird aus außen liegenden Stahlrahmen gebildet (siehe Abbildung 2).

Die Rahmen bestehen aus Stützen und Fachwerkträgern und weisen einen Abstand von 7,50 m auf. Die Oberkante der Träger befindet sich auf einer Höhe von ca. 9 m, die Unterkante bei ca. 7,50 m.

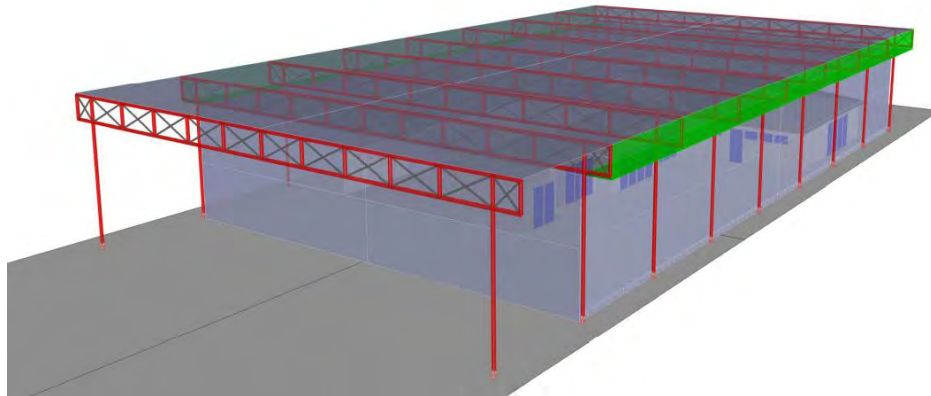


Abbildung 2 Variante A

1.2.3 Variante B

In der Variante B überspannt die Klimahülle wie in der Variante A das gesamte Gebäude der Kita. Die Hülle besitzt eine rechteckige Grundfläche mit einer Breite von ca. 33,50 m und einer Länge von ca. 60 m. Das Tragsystem besteht aus Stahlstützen mit bogenförmigen Trägern (siehe Abbildung 3), die einen Abstand von 7,50 m aufweisen. Der Bogen weist an den Seiten eine Höhe von ca. 7,80 m und in der Mitte von ca. 11,50 m auf.

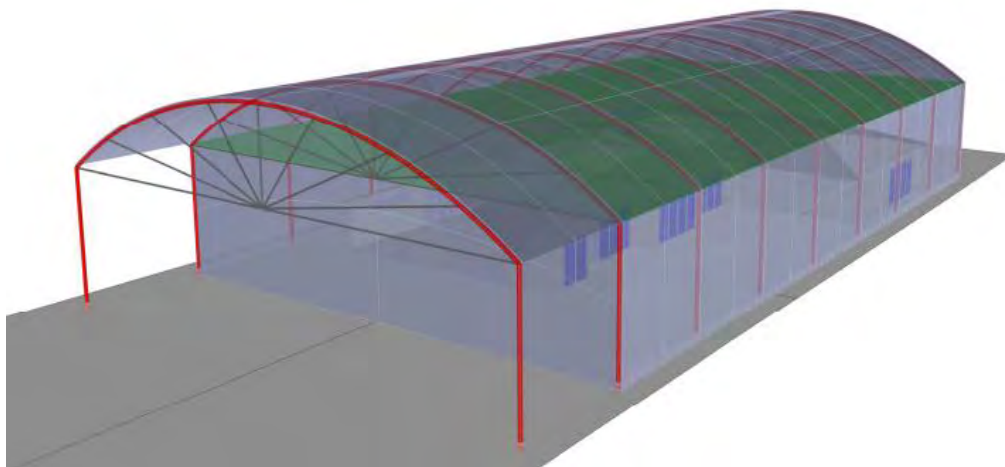


Abbildung 3 Variante B

1.2.4 Variante C

Bei der Variante C handelt es sich um eine ergänzende Klimahülle, welche südöstlich der Kita angeordnet ist. Die Hülle besitzt eine L-förmige Grundfläche mit einer Länge von ca. 34 m bzw. 31 m und einer Breite von 10,50 m. Die Grundfläche beträgt ca. 580 m². Bei dem untersuchten System handelt es sich um modulare Schirme im Verbund, die eine Kantenlänge von ca. 3,50 m aufweisen (siehe Abbildung 4). Die Tragkonstruktion wird dabei aus einer Stütze aus Stahl gebildet. Das Dach wird zwischen den Stützen in Form von nach unten gerichteten Schirmen ausgebildet und weist eine Höhe von ca. 4,20 m auf.

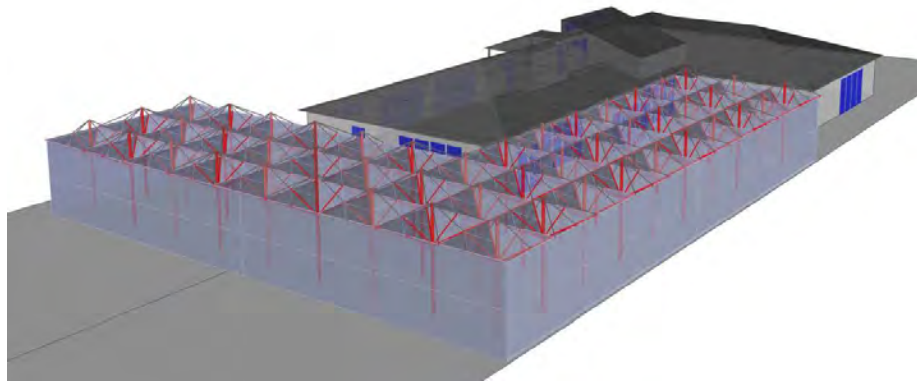


Abbildung 4 Variante C

2 Beurteilungsgrundlagen

2.1 Rechtliche Grundlagen

Auf der Basis der Ziffer 1 ergeben sich folgende rechtliche Grundlagen, die für die Erarbeitung dieses Dokumentes zugrunde gelegt werden.

2.2 Gesetze, Verordnungen

Kurzbezeichnung	Titel	Ausgabe
/BbgBO/	Brandenburgische Bauordnung	17. September 2008, zuletzt geändert 29. November 2010

2.3 Technische Regelwerke

Kurzbezeichnung	Titel	Ausgabe
/DIN 4102-7/	DIN 4102 Teil 7 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 7: Bedachungen	Juli 1998
/DIN 14676/	Rauchwarnmelder für Wohnhäuser, Wohnungen und Räume wohnungsähnlicher Nutzung – Einbau, Betrieb und Instandhaltung	September 2012
/DIN EN 1990/	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung	Dezember 2010
/DIN EN 1990/NA/	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlage der Tragwerksplanung	Dezember 2010
/DIN EN 1993-1-1/	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Teil 1 - 1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau	Dezember 2010
/DIN EN 1993-1-2/	Euronorm 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Teil 1 - 2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall	Dezember 2010

2.4 Literatur

Für die Bearbeitung standen die im Folgenden genannten Literaturquellen zur Verfügung:

/Ansys/	ANSYS Rev. 12.0: Swanson Analysis Systems, Inc. Houston (USA), 2009.
/ASR A2.2/	Technische Regeln für Arbeitsstätten: Maßnahmen gegen Brände, November 2012
/Diplomarbeit/	Wegener, P.: Diplomarbeit über die Brandschutztechnische Untersuchung und Bemessung einer Klimahülle aus Stahl, September 2014
/fds/	McGrattan, K. B. a. o.: Fire Dynamics Simulator (Version 6) – User’s Guide. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, November 2013
/MSchulbauR/	Muster-Richtlinie über bauaufsichtliche Anforderungen an Schulen, April 2009

/Sandström/	“Temperature calculations in fire exposed structures with the use of adiabatic surface temperatures”; Joakim Sandström, Technische Universität Lulea, Schweden, 2008
/Wickström/	„Adiabatic Surface Temperature for calculating heat transfer to fire exposed structures”; Ulf Wickström, Swedish National Tasting and Research Institute (SP), Boras, Sweden und Dat Duthinh and Kevin McGrattan, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Maryland, USA
/Wilk/	Wilk, E., Lessig, R.: Untersuchungen zur Sichtweite im Rauch und zu Brandgaswirkungen auf den Menschen, vfdb 3/2004, S. 168 - 175
/vfdb Leitfaden/	vfdb-Leitfaden „Ingenieurmethoden des Brandschutzes“, vfdb, Technischer Bericht TB 04/01, 3. Auflage, November 2013

3 Risikobetrachtung

Bei den geplanten Klimahüllen handelt es sich aufgrund der Höhe des Fertigfußbodens über dem Gelände um ein Gebäude geringer Höhe.

Die geplante Klimahülle im Bundesland Brandenburg ist grundsätzlich nach den Vorgaben der /BbgBO/ in der aktuell gültigen Fassung zu planen und zu errichten. Durch die geplante Ergänzung einer Klimahülle an ein bestehendes Gebäude ergibt sich grundsätzlich kein erhöhtes brandschutztechnisches Risiko, als dies bereits im Bestand gegeben ist. Für die Nutzer des Gebäudes ergibt sich somit keine über das in der /BbgBO/ festgeschriebene Sicherheitsniveau hinausgehende Gefährdung. Die Schutzziele des Brandschutzes gemäß § 12 /BbgBO/ können daher bei Beachtung der in diesem Anforderungskatalog geforderten Maßnahmen als gewährleistet angesehen werden. Die Nutzung des Gebäudes als Kindergarten wird durch die Einhaltung der Vorgaben durch die /BbgBO/ sowie der im Bericht genannten Maßnahmen ausreichend berücksichtigt.

Ein Überbau muss sicherstellen, dass das darunterliegende Gebäude, in diesem Fall die Kita, im Brandfall nicht beeinträchtigt wird. Das bedeutet, das Tragwerk des Überbaus muss mindestens den gleichen Feuerwiderstand des Bestandsgebäudes aufweisen. Weiterhin müssen die verwendeten Materialien sowie die Anordnung der Ausgänge geeignet sein, um die Rettungswege aus dem Gebäude ins Freie (außerhalb des Überbaus) sicherzustellen. Zusätzlich dürfen die Maßnahmen zur Rauchableitung aus dem Bestandsgebäude nicht beeinträchtigt werden.

Ein ergänzender Bau mit Verbindung zum Bestandsgebäude muss denselben brandschutztechnischen Anforderungen bzgl. des Rettungskonzeptes, der baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen genügen wie das Bestandsgebäude. Das bedeutet, dass Tragwerk und Material der Ergänzung entsprechend ausgewählt oder Kompensationsmaßnahmen angeordnet werden müssen.



Die Größe der als Überbau geplanten Klimahülle in Variante A und B stellt im Hinblick auf die Sicherstellung der Rettungswege aus dem Bestandsgebäude eine große Herausforderung dar. Im ersten Schritt ist eine ausreichende Anzahl Ausgänge zur Verfügung zu stellen. Trotzdem ist davon auszugehen, dass die Rettungsweglängen deutlich vergrößert werden, sodass die ausreichende Rauchfreihaltung der Rettungswege sichergestellt werden muss. Diesem Problem könnte man mit unterschiedlichen baulichen oder anlagentechnischen Maßnahmen entgegenwirken. Die Sicherstellung der Rettungswege können Öffnungen des Daches im Brandfall bzw. entsprechend große natürliche Abluftflächen gewährleisten. Außerdem muss die Tragfähigkeit der Klimahülle ausreichend lang erhalten werden, sodass genügend Zeit für die Selbstrettung vorhanden ist.

Eine mögliche Kompensationsmaßnahme für die Überschreitung der Rettungsweglängen sowie für den Verzicht auf eine feuerhemmende Ausführung des Tragwerks sind der Einbau einer Löschanlage, welche den Brandherd eindämmt und somit das Tragwerk schützt, sowie eine maschinelle Absaugung der Rauchgase geeignet.

Die ergänzende Klimahülle entsprechend Variante C stellt im Hinblick auf die Rettungswege sowohl aus dem Bestandsgebäude als auch aus der Klimahülle die Variante dar, welche am einfachsten umzusetzen ist. Die Rettungswege aus dem Bestandsgebäude werden mit einem einzuhaltenden Abstand zwischen den Gebäuden nicht beeinträchtigt. Die zulässigen Rettungsweglängen im Anbau können über eine ausreichende Anzahl von Ausgängen jederzeit sichergestellt werden. Über den Abstand zum Bestandsgebäude kann gleichzeitig die Verhinderung eines Brandüberschlages gewährleistet werden. Die Tragfähigkeit der Hülle muss, wie oben bereits beschrieben, ausreichend lang sichergestellt werden.

Die verwendeten Materialien zur Einhüllung sollten grundsätzlich nichtbrennbar sein und eine Brandausbreitung ausreichend lange begrenzen. Glas ist als Baustoff ausreichend geeignet, diese Anforderungen zu erfüllen. Membranbaustoffe sind dafür nur geeignet, wenn sie mindestens nichtbrennend abtropfen, damit eine Rettung der Personen nicht gefährdet wird. Denkbar wäre auch, die brennbaren Eigenschaften über Beschichtungen o. Ä. auszuschalten und somit eventuell gleichzeitig das Tragwerk zu schützen.

4 Ingenieurmäßige Brandschutzmethoden

Ein weiteres Mittel zum Nachweis der Schutzziele „Rauchfreihaltung der Rettungswege“ sowie „Standicherheit im Brandfall“ kann die Anwendung ingenieurmäßiger Brandschutzmethoden sein. Dieses Verfahren muss allerdings zwingend mit der genehmigenden Behörde abgestimmt werden, insbesondere wenn ein sogenanntes Naturbrandszenario angewendet werden soll.

Es würde sich anbieten, dieses Verfahren für die Planung eines Überbaus anzuwenden, da die Kosten für die ansonsten erforderlichen baulichen sowie anlagentechnischen Maßnahmen wesentlich höher ausfallen als der Nachweis und das entsprechende Genehmigungsverfahren.

Für die Nachweisführung sind zum einen die Untersuchung der Rauchausbreitung innerhalb der Hülle sowie die Bemessung der stählernen Tragkonstruktion erforderlich. Dazu wird eine CFD-Simulation, z. B. mit

dem Programm „Fire Dynamics Simulator“ (FDS), unter Berücksichtigung der vorhandenen Randbedingungen hinsichtlich der Raumgeometrie, der Brandlasten und Ventilationsverhältnisse durchgeführt und die wesentlichen Ergebnisse hinsichtlich der Verrauchung anhand der vorgegebenen Schutzzielkriterien bewertet. Auf Basis der ebenfalls ermittelten Temperaturen kann zusätzlich die brandschutztechnische Bemessung der Konstruktionen auf Grundlage des Normenkonzeptes der Eurocodes erfolgen.

Die Nachweisführung mithilfe der Ingenieurmethoden wurde für die inzwischen verworfene Variante 1.2 durchgeführt (siehe Abbildung 5).

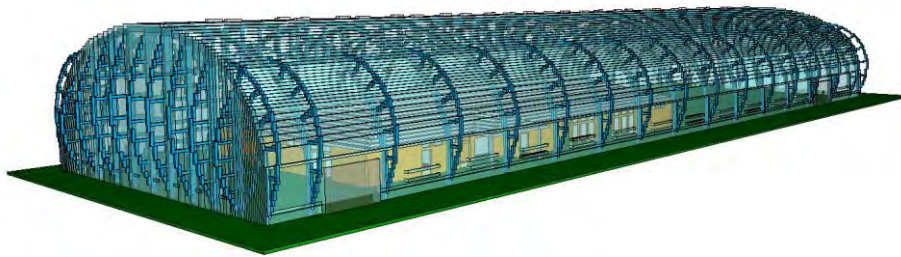


Abbildung 5 Variante 1.2 (verworfen)

Die Ergebnisse der Nachweisführung werden weiterhin für diese Variante 1.2 dargestellt. Gleichzeitig wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die aktuellen Varianten überprüft. Nach Festlegung der endgültigen Variante sind die Nachweise zu aktualisieren und ggf. zu wiederholen.

5 Bewertung

5.1 Rettungskonzept

Die Rettungswege aus dem Gebäude der Kita werden ausschließlich über die Ausgänge direkt ins Freie sichergestellt und verbleiben grundsätzlich im Bestand.

5.1.1 Variante A und B

Gemäß der Planung entsteht in beiden Varianten eine Klimahülle, welche das komplette Gelände der Kita überspannt. Die Rettungswege aus dem Bestandsgebäude werden dementsprechend über die Klimahülle zu Ausgängen ins Freie geführt. Daraus resultiert, dass die zulässige Rettungsweglänge von 35 m voraussichtlich deutlich überschritten wird.

Diese Überschreitung der Rettungsweglänge stellt eine Erleichterung dar. Diese Erleichterung von der /BbgBO/ wird aus brandschutztechnischer Sicht unter Berücksichtigung der Alarmierungsanlage sowie einem Nachweis der „Rauchfreihaltung der Rettungswege“ durch die Anwendung ingenieurmäßiger Brandschutzmethoden als genehmigungsfähig angesehen. Sie bedarf jedoch der Zustimmung der genehmigenden Behörde oder des Prüfsachverständigen für Brandschutz.

5.1.2 Variante C

Die Variante C sieht eine ergänzende Konstruktion vor der östlichen und südlichen Fassade vor. Die Klimahülle muss in einem Abstand von 5 m zur Fassade errichtet werden, sodass die im Bestand vorhandenen Rettungswege aus dem Gebäude direkt ins Freie nicht beeinträchtigt werden und unverändert im Bestand verbleiben.

Die Rettungswege aus der Klimahülle können über Ausgänge direkt ins Freie sichergestellt werden. Die zulässige Rettungsweglänge von 35 m wird vermutlich dann in allen Bereichen eingehalten.

Die Rettungswege aus dem Bestandsgebäude und der Klimahülle müssen unabhängig voneinander sichergestellt werden, d. h. eine eventuell geplante Verbindung beider Gebäude stellt keinen Rettungsweg dar.

5.2 Bauliche Brandschutzmaßnahmen

5.2.1 Tragende Bauteile und deren Aussteifungen

Die tragenden Bauteile und deren Aussteifungen müssen gemäß § 24 /BbgBO/ bei Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend ausgebildet sein.

Das Tragwerk soll aus Stahl hergestellt werden. Zur Erreichung der Feuerwiderstandsfähigkeit ist der Stahl zu beschichten oder zu bekleiden. Ein eventueller Verzicht auf eine Bekleidung oder Beschichtung stellt eine Erleichterung dar. Diese Erleichterung von der /BbgBO/ wird aus brandschutztechnischer Sicht unter Berücksichtigung der Alarmierungsanlage sowie einem Nachweis der „Standicherheit im Brandfall“ der Klimahülle mithilfe ingenieurmäßiger Brandschutzmethoden als genehmigungsfähig angesehen. Sie bedarf jedoch der Zustimmung der genehmigenden Behörde oder des Prüfsachverständigen für Brandschutz.

5.2.2 Dächer

An das Dachtragwerk werden durch die /BbgBO/ keine Anforderungen gestellt. Es muss jedoch gemäß § 12 (2) /BbgBO/ mindestens aus normalentflammbaren Baustoffen bestehen.

Die Klimahülle überspannt in der Variante A und B das gesamte Grundstück und ist damit nicht ausschließlich als Dachtragwerk zu bewerten. Aus gutachterlicher Sicht ist es daher notwendig, das Dachtragwerk in diesem Fall mindestens feuerhemmend auszubilden.

5.2.2.1 Bedachungen

Gemäß § 28 /BbgBO/ müssen Bedachungen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähig sein (harte Bedachung). Die Bedachung muss als harte Bedachung nach /DIN 4102-7/ ausgeführt werden. Lichtdurchlässige Bedachungen müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Gemäß den vorliegenden Unterlagen ist für alle Varianten der Klimahülle die Bedachung außen aus Glas geplant. In der weiteren Planung müssen zugelassene Glaskonstruktionen, welche die vorstehenden Anforderungen erfüllen, gefunden oder in Abstimmung mit der genehmigenden Behörde bzw. dem Prüfenieur für Brandschutz eine gleichwertig sichere Lösung entwickelt und eine entsprechende Erleichterung beantragt werden.

5.2.3 Außenwände

Außenwände und Außenwandteile, wie Wandbekleidungen, Brüstungen und Schürzen, sind gemäß § 27 /BbgBO/ so auszubilden, dass eine Brandausbreitung über diese Bauteile ausreichend lange begrenzt ist.

Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände müssen feuerhemmend sein. Sie sind ohne Feuerwiderstandsdauer zulässig, wenn sie aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Brenn- bare Fensterprofile und Dichtungsstoffe oder brennbare Dämmstoffe in nichtbrennbaren geschlossenen Profilen sind zulässig.

Bei Gebäuden geringer Höhe sind Außenwandbekleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen aus normalentflammbaren Baustoffen zulässig, wenn durch geeignete Maßnahmen eine Brandausbreitung auf angrenzende Gebäude verhindert wird.

Bei Außenwandkonstruktionen, die eine Brandausbreitung über diese Bauteile begünstigen können, wie Doppelfassaden oder hinterlüftete Außenwandbekleidungen, sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen.

Gemäß den vorliegenden Unterlagen sind die sogenannten Außenwände der Klimahüllen für alle Varianten als Glaseindeckung von außen und einer Schallmembran (siehe Abbildung 6) von innen geplant. Die vorstehenden Anforderungen sind damit grundsätzlich erfüllt. Aus gutachterlicher Sicht ist es zur Sicherstellung der Rettungswege notwendig, die innen liegende Schallmembranebene so auszuführen, dass sie nicht brennend abtropft.

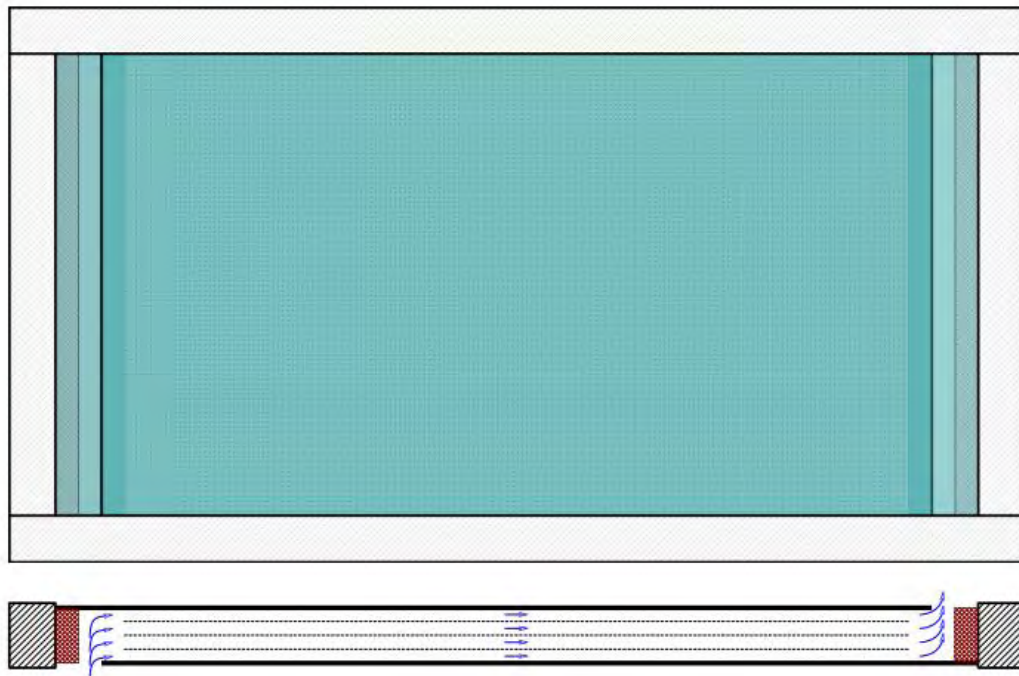


Abbildung 6 Schallmembran mit Darstellung der Lüftungsschlitze (unten)

5.2.4 Brandabschnitte

5.2.4.1 Brandwände als Gebäudeabschluss

Aufgrund der Lage des Bestandsgebäudes auf dem Grundstück sowie der Anordnung der ergänzenden Klimahüllen dazu ist die Anordnung von äußeren Brandwänden für alle drei Varianten nicht erforderlich.

5.2.4.2 Brandwände im Gebäudeinneren

Aufgrund der Gesamtlänge von mehr als 40 m ist für alle fünf Varianten eine innere Brandwand erforderlich. Der Verzicht auf die inneren Brandwände stellt eine Erleichterung dar. Diese Erleichterung von der /BbgBO/ ist aus brandschutztechnischer Sicht unter Berücksichtigung der lichten Höhe, dem geplanten Rauch- und Wärmeabzug und dem Verzicht auf weitere Einbauten neben dem Bestandsgebäude, welches die Anforderungen gemäß § 26 /BbgBO/ erfüllt, genehmigungsfähig.

5.3 Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

Eine Brandmeldeanlage ist baurechtlich nicht erforderlich, wird aber ggf. bei Einbau einer Löschanlage benötigt.

Für das Bestandsgebäude sowie die Klimahüllen ist ansonsten eine Überwachung mittels automatischer Rauchmelder vorzusehen. Es sind flächendeckend vernetzte Rauchmelder in Anlehnung an die /DIN 14676/ mit einer Spannung von 230 V zu planen. Die Wartung der Rauchmelder ist als organisatorische Maßnahme in die Brandschutzordnung aufzunehmen.

Eine automatische Weiterleitung der Brandmeldung mittels einer Übertragungseinrichtung (ÜE) zur Feuerwehr ist aus brandschutztechnischer Sicht nicht erforderlich. Die Brandmeldung zur Feuerwehr wird vom Kitapersonal per Telefon oder Mobiltelefon durchgeführt.

Es genügt aus gutachterlicher Sicht, die Alarmierung der Personen und insbesondere der Erzieher über das akustische Signal der auslösenden vernetzten Rauchmelder vorzunehmen.

Im Bestandsgebäude und den Klimahüllen sind Feuerlöscher vorzusehen. Die Anzahl der Feuerlöscher ist über das jeweilige Löschvermögen (Löschmitteleinheiten LE) der Geräte festgelegt.

Die Berechnung der erforderlichen Löschmitteleinheiten für die Grundausstattung erfolgt in Anlehnung an die /ASR A2.2/. Für Arbeitsstätten mit erhöhter Brandgefährdung nach Gefährdungsbeurteilung gemäß § 3 der Arbeitsstättenverordnung sind neben der hier berechneten Grundausstattung ggf. zusätzliche betriebs- und tätigkeitsspezifische Maßnahmen erforderlich.

Die Feuerlöscher müssen an gut sichtbaren und im Brandfall leicht und möglichst schnell zugänglichen Stellen im Zuge der Rettungswege angebracht sein. Weiterhin sind Feuerlöscher in der Nähe von Einzelrisiken (z. B. elektrischen Betriebsräumen) anzubringen. Die Entfernung von jeder Stelle zum nächstgelegenen Feuerlöscher soll möglichst nicht mehr als 20 m (tatsächliche Laufweglänge) betragen. Sind die Feuerlöscher nicht gut sichtbar angebracht, sind diese mit einem Hinweisschild entsprechend dem aktuellen technischen Regelwerk zu kennzeichnen.

Unter Umständen ist aufgrund von Kompensationsmaßnahmen eine Löschanlage anzuordnen. Diese wird nur notwendig, wenn das Stahltragwerk die brandschutztechnischen Anforderungen nicht erfüllt.

Die Rauchableitung aus dem Bestandsgebäude wird grundsätzlich weiterhin gewährleistet. Für die Variante A und B erfolgt die Entrauchung der Räume über entsprechende Öffnungen in die Klimahülle; für die Variante C direkt ins Freie.

Die Rauchableitung aus den Klimahüllen erfolgt über Öffnungen im Dach. In Anlehnung an die /MSchulbauR/, in der 1 % der Grundfläche im Dach oder 2 % in den Wänden als Rauchabzugsfläche zur Unterstützung der Brandbekämpfung vorgesehen werden müssen, wurde sich in Absprache mit dem Projektbeauftragten auf eine geometrisch freie Öffnungsfläche im oberen Drittel der Klimahülle von 1,3 % der Grundfläche geeinigt.

Die geometrische Öffnungsfläche, welche mindestens gewährleistet werden muss, beträgt für:

- Variante A und B: wird entsprechend dem Nachweis der Rauchfreihaltung der Rettungswege ermittelt, jedoch mindestens 1,3 % bzw. 26 m²,
- Variante C: 2 % der Grundfläche bzw. 11,6 m².

Es ist dabei sicherzustellen, dass sowohl in der Glas- als auch in der Schallmembranebene die notwendige Öffnungsfläche zur Verfügung gestellt wird. Eine Rauchableitung durch die Lüftungsschlitze in der Schallmembran kann nicht gewährleistet werden, sodass diese Flächen nicht angesetzt werden dürfen (siehe Abbildung 6).

Zuluftöffnungen müssen in Anlehnung an /18232-2/ mindestens das 1,5-fache der Abluftöffnungen aufweisen. Damit sind für die Varianten A und B Zuluftöffnungen von 39 m² und für Variante C 17,4 m² vorzusehen. Als Zuluftöffnungen können sämtliche Öffnungen im unteren Raumdrittel angesetzt werden.

Für das Gebäude bzw. die Klimahüllen ist eine Sicherheitsstromversorgungsanlage erforderlich, die bei Ausfall der Stromversorgung den Betrieb der sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen übernimmt. Dies gilt insbesondere für

- die Sicherheitsbeleuchtung und
- das Öffnen der natürlichen Rauchabzugsanlagen.

Alternativ ist die Verwendung von Batterieanlagen zur Sicherstellung der Sicherheitsstromversorgung möglich.

Für die Flucht- und Rettungswege innerhalb der Klimahüllen ist eine Sicherheitsbeleuchtung vorzusehen.

Die Notwendigkeit von Blitzschutzmaßnahmen ist im Rahmen einer Risikoanalyse durch einen geeigneten Fachplaner zu prüfen.

6 Nachweis „Rauchfreihaltung Rettungswege“ der Klimahülle als Überbau

6.1 Allgemeines

Durch die Klimahülle werden Rettungswege geführt, die bei einem Brandereignis in einem an die Klimahülle angrenzenden Raum mit Rauchgasen beaufschlagt werden können. Aus diesem Grund wird der Zeitraum der Rauchfreihaltung der Rettungswege über raucharme Schichten nachgewiesen.



Die Simulation der Temperaturentwicklung und der Rauchausbreitung in der Klimahülle erfolgt auf Grundlage eines repräsentativen Naturbrandszenarios mithilfe eines CFD-Modells. Dazu werden auf der Grundlage der relevanten Randbedingungen hinsichtlich Raumgeometrie, Nutzung sowie der Maßnahmen zur Zuluftführung und Rauchableitung (Ventilation) ein Gebäudemodell erstellt sowie die Naturbrandszenarien entwickelt. Abschließend wird nachgewiesen, dass die formulierten Schutzziele (Ziffer 6.2) gewährleistet werden.

Im Folgenden wird der zu führende Nachweis hinsichtlich der nachzuweisenden Schutzziele und der gewählten Brandszenarien beschrieben. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Simulationen und die anschließenden Nachweise auf der Grundlage einer Klimahülle mit den Abmessungen 30,05 m x 93,50 m und einer Höhe bis zu 9 m (ehemals Variante 1.2) erfolgte. Nach Festlegung der endgültigen Konstruktion muss der Nachweis der „Rauchfreihaltung der Rettungswege“ überprüft werden.

6.2 Nachzuweisende Schutzziele

Der Zeitraum der Rauchfreihaltung der Rettungswege wird über die sogenannte raucharme Schicht nachgewiesen, die eine ausreichende atmefähige Umgebung und Sicht für die flüchtenden Personen sowie für die Rettungskräfte gewährleisten soll. Üblicherweise wird für die Selbstrettung eine raucharme Schicht von 2,50 m Höhe als erforderlich angesehen, in der die Atemfähigkeit und Sicht sichergestellt sein muss.

Aufgrund der Größe der Klimahülle und der damit verbundenen Beeinträchtigung der Wahrnehmung von Personen bzgl. ihres Sicherheitsgefühls sowie der Nutzung als Kindergarten wird eine raucharme Schicht von 4 m als erforderlich angesehen, die damit deutlich oberhalb der üblichen raucharmen Schicht von 2,50 m liegt und so die besonderen Umstände ausreichend berücksichtigt.

Diese raucharme Schicht muss mindestens über den Zeitraum der Selbstrettung der im Bestandsgebäude bzw. der Klimahülle anwesenden Personen sichergestellt sein.

Für den Einsatz der Feuerwehr kann aufgrund der Schutzausrüstung eine geringere Höhe der raucharmen Schicht von 1,50 m bis 2 m bzw. eine gewisse Verrauchung auch im unteren Raumbereich akzeptiert werden.

Das Schutzziel einer raucharmen Schicht kann gemäß /vfdb Leitfaden/ als erfüllt angesehen werden, wenn in der jeweiligen Höhe die untenstehenden Schutzzielkriterien über eine Expositionszeit von 15 min eingehalten werden. Dieser Zeitraum wird aufgrund der Größe des Kindergartens als ausreichend angesehen.

- eine CO₂-Konzentration von < 2 Vol.-%,
- eine CO-Konzentration von < 200 ppm,
- eine Lufttemperatur von < 50 °C und
- eine ausreichende Sichtweite > 10 bis 20 m oder

- eine optische Rauchdichte $< 0,10 \text{ m}^{-1}$ bzw. $< 0,15 \text{ m}^{-1}$ bei übersichtlich strukturierten Bereichen

Dies bedeutet, dass durchschnittlich konstituierte Personen erst dann mit gesundheitlichen Schäden rechnen müssen, wenn sie über 15 min dauerhaft dieser Belastung ausgesetzt sind. In der Regel ist im Rahmen der Selbstrettung von wesentlich kürzeren Expositionsdauern auszugehen, sodass die Werte auf der sicheren Seite liegen.

Für eine Orientierung der Nutzer im Gebäude ist über den Zeitraum der Selbstrettung eine Sichtweite für reflektierende Objekte von mindestens 20 m zu fordern, für die Einsatzkräfte der Feuerwehr kann eine Sichtweite von 10 bis 15 m akzeptiert werden, auch bei dieser Sichtweite ist die Toxizität der Rauchgase noch sehr gering.

Der höchste Wert der optischen Dichte, bei dem die Randbedingungen (Reizgasanteile, toxische Gase) noch eingehalten werden können, liegt bei $0,21 \text{ m}^{-1}$, wobei die Einwirkungszeit 10 min nicht überschreiten darf (vgl. /Wilk/). Dieser optischen Dichte (reizender Rauch) entspricht eine mittlere Sichtweite von ca. 6 m für selbstleuchtende Objekte ($C=5$ bzw. ca. 10 m für $C=8$) und ca. 3,70 m für reflektierende Objekte.

Einer optischen Dichte von $D_L \leq 0,10 \text{ m}^{-1}$ entspricht eine Sichtweite von ca. 21 m für selbstleuchtende Objekte ($C=5$) und 13 m für reflektierende Objekte. Gemäß /vfdb Leitfaden/ kann im Rahmen eines ingenieurgemäßen Nachweises davon ausgegangen werden, dass bei dieser optischen Dichte die Akzeptanzwerte für toxische Verbrennungsprodukte im Rauchgas nicht überschritten werden und auch andere Rauchgasbestandteile (insbesondere Reizgase, welche die Erkennungsweite beeinflussen) sowie die Rauchgastemperatur unbedenklich sind.

Aus diesem Grund wird die optische Dichte als Leitparameter gewählt und die vorliegende Simulation anhand des Schutzzielkriteriums der optischen Dichte ausgewertet. Als einzuhaltender Grenzwert wird aufgrund der Übersichtlichkeit des Gebäudes ein Wert von $0,15 \text{ m}^{-1}$ angenommen.

6.3 Brandszenarien

6.3.1 Bürobrand in Kita

Für den Bürobrand wurden die beiden Büroräume links neben dem Haupteingang als maßgebend identifiziert. Es handelt sich um zwei Brandherde mit insgesamt $30,28 \text{ m}^2$ Grundfläche.

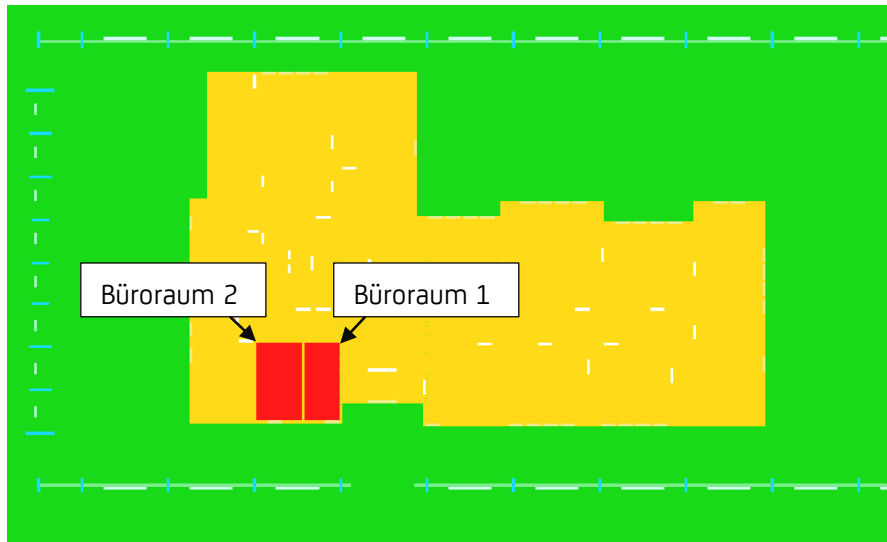


Abbildung 7 Lage der Brandherde Szenario 1

Die flächenspezifische Wärmefreisetzungsrate für Büroräume wurde gemäß Tabelle A4.1 /vfdb Leitfaden/ zu 250 kW/m^2 festgelegt. Daraus ergibt sich eine Wärmefreisetzungsrate von 7.570 kW . Es wird ein Brandüberschlag von Büroraum 1 zu Büroraum 2 mit einer mittleren horizontalen Brandausbreitungsgeschwindigkeit von $0,4 \text{ m/min}$ gemäß /vfdb Leitfaden/ angenommen. Aus dem quadratischen Anstieg in der Brandentstehungsphase und der mittleren Brandentwicklungsgeschwindigkeit sowie dem Brandüberschlag ergeben sich die folgenden Brandverlaufskurven für Szenario 1.

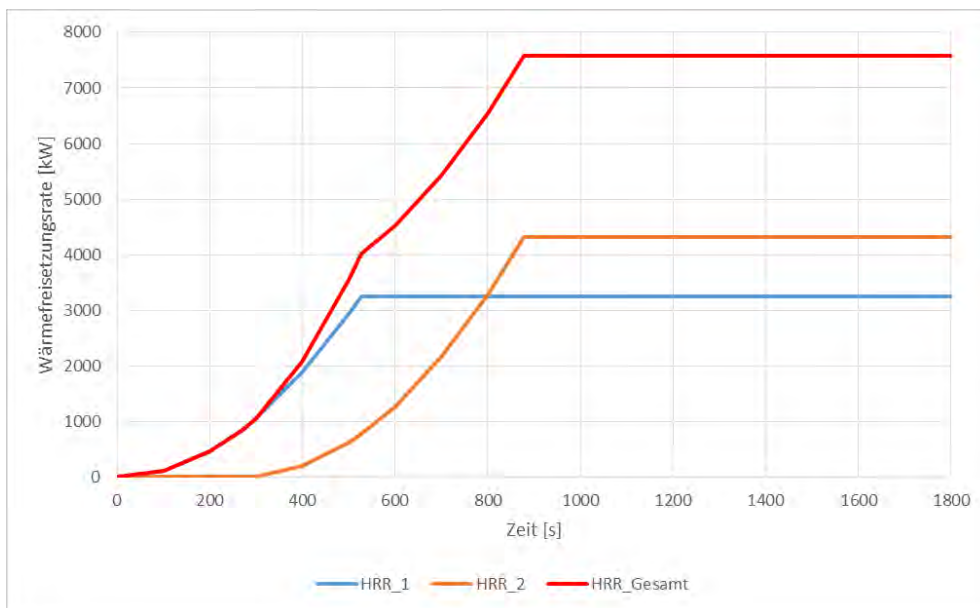


Abbildung 8 Wärmefreisetzungsrate Szenario 1

6.3.2 Materialschuppen

Für das zweite Szenario wurden die beiden Materialschuppen innerhalb der Klimahülle als Brandherde modelliert. In Abbildung 9 ist die Lage des Brandherdes dargestellt. Der Brandherd hat eine Grundfläche von $7,84 \text{ m}^2$ und ist mit einer flächenbezogenen Wärmefreisetzungsrate von 400 kW/m^2 dimensioniert.

Daraus ergibt sich eine Wärmefreisetzungsrate von 3.138 kW . Es wurde eine mittlere Brandentwicklung nach /vfdb Leitfaden/ angesetzt.

In Abbildung 10 ist die resultierende Brandentwicklung anhand der Wärmefreisetzungsrate dargestellt.

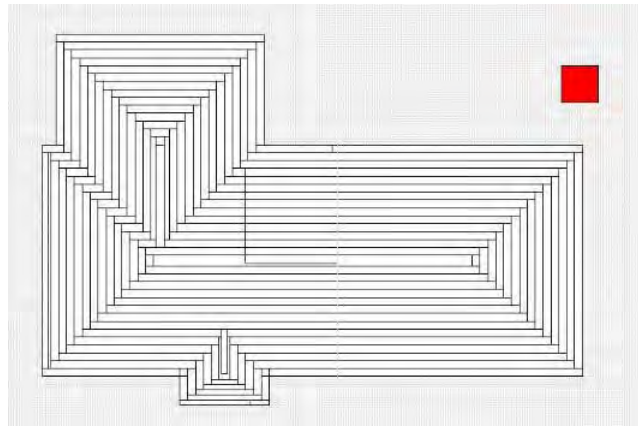


Abbildung 9 Lage Brandherd Szenario 2

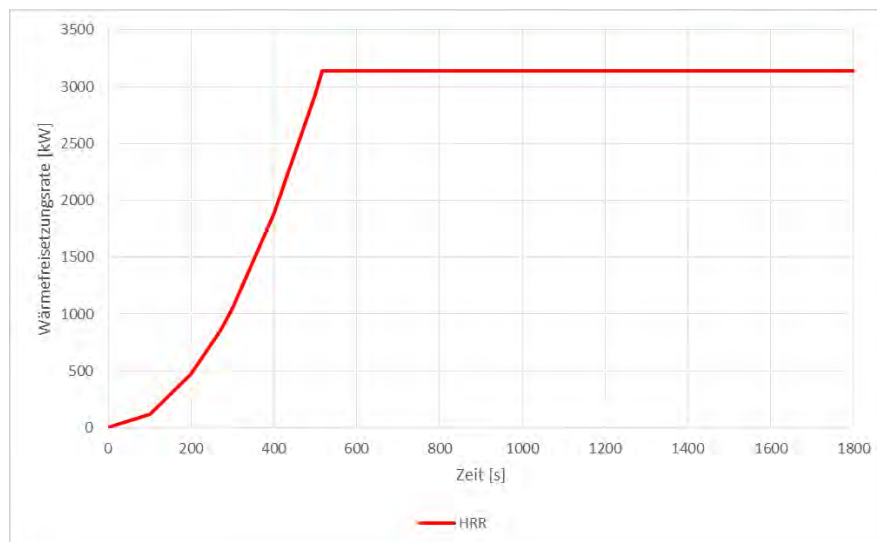


Abbildung 10 Wärmefreisetzungsrate Szenario 2

6.4 Modell

Die Abbildung der Gebäude, d. h. der Klimahülle mit der überbauten Kita, erfolgt flächen- und volumengleich mit den tatsächlichen Gegebenheiten bzw. Planungen.

Die Berechnung der komplexen Strömungsvorgänge in der Umgebung des Brandherdes, die natürliche Entrauchung sowie die korrekte Abbildung der Temperaturverteilung innerhalb der Klimahülle erfordern eine im Verhältnis zu den Gesamtabmessungen feine Einteilung des Rechengitters.

Die Abbildung der Geometrie erfolgt mithilfe eines Gitters, dessen Knotenabstände für die Diskretisierung 0,20 m betragen, woraus sich eine Gesamtanzahl von ca. 7,2 Mio Gitterzellen ergibt.

Um den Wärmeverlust an den Randbereichen des Gebäudes und über das Dach zu berücksichtigen, wird der Wärmeübergang in die Umfassungsbauteile simuliert. Dabei werden die in der Planung vorhandene Bogenkonstruktion aus Stahl sowie die Eindeckung aus Glas angenommen.

Die Umgebungstemperatur und die Innentemperatur des Gebäudes zu Brandbeginn werden zu 20 °C angenommen.

Abbildung 11 zeigt eine Ansicht des Gebäudemodells.

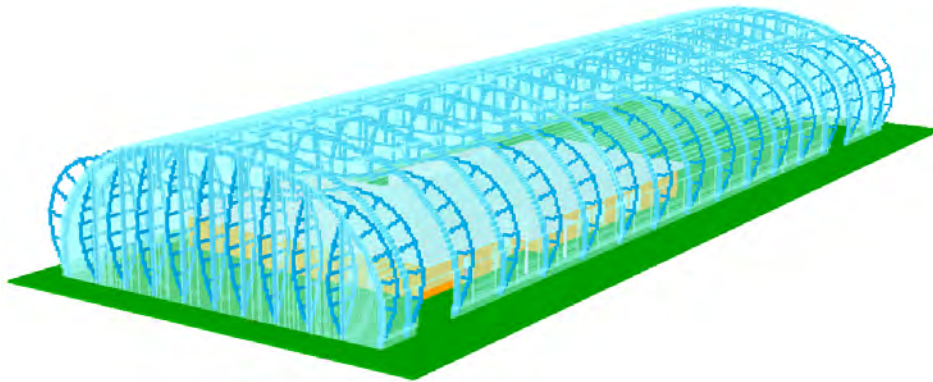


Abbildung 11 Außenansicht der simulierten Klimahülle mit dem überbauten Bestandsgebäude (Variante 1.2)

6.5 Ergebnisse und Bewertung

6.6 Allgemeines

Die Ergebnisse der Simulationen werden für die beschriebenen Brandszenarien bzgl. der zu untersuchenden Schutzziele dargestellt und erläutert.

Die Auswertung der untersuchten Brandszenarien erfolgt anhand von Einzelbildern bzw. Zeit-Verlaufskurven für die Parameter

- optische Dichte und
- Temperatur

zu verschiedenen Zeitpunkten.

6.6.1 Bürobrand in Kita

Die Abbildung 12 bis Abbildung 14 zeigen die Rauchgasverteilung im Querschnitt zu verschiedenen Zeitpunkten bei einem Brand in der Kita.

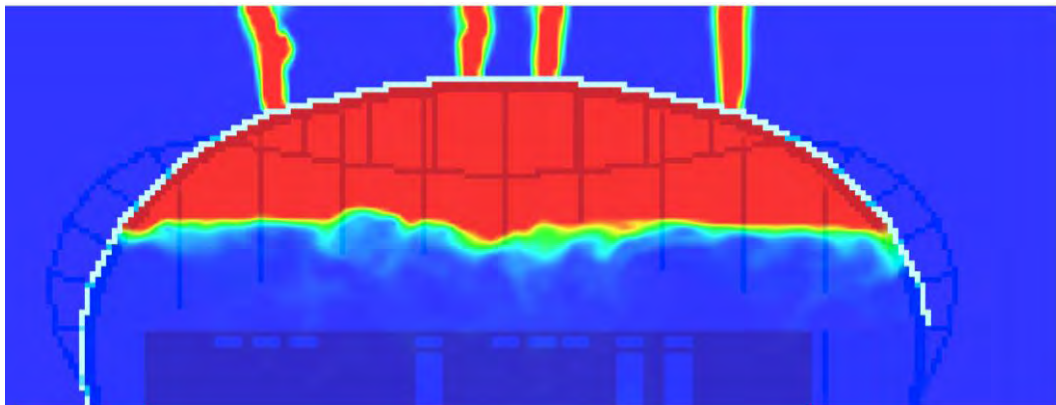


Abbildung 12 Rauchgasverteilung zur 10. Minute; Schnitt durch Ausgang, Bürobrand in Kita

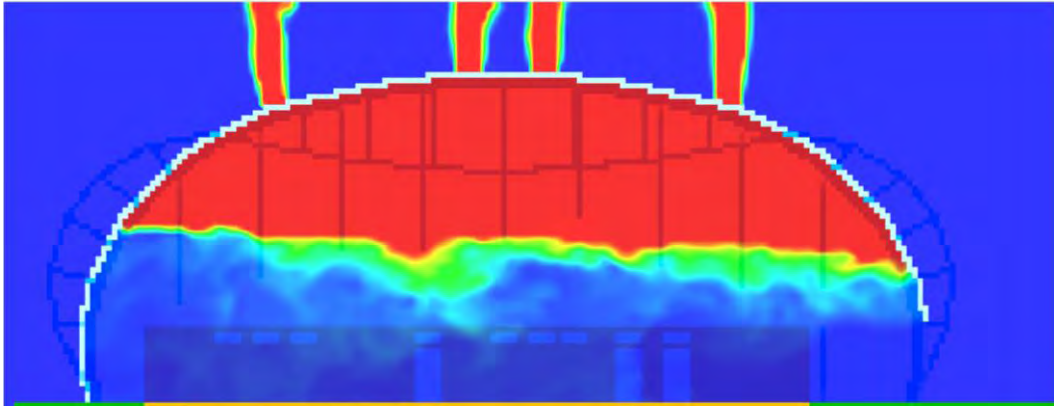


Abbildung 13 Rauchgasverteilung zur 20. Minute; Schnitt durch Ausgang, Bürobrand in Kita

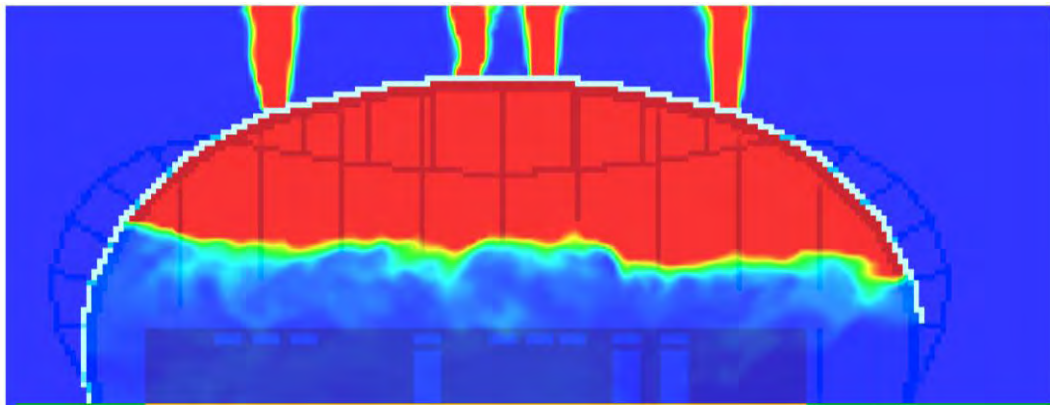


Abbildung 14 Rauchgasverteilung zur 30. Minute; Schnitt durch Ausgang, Bürobrand in Kita

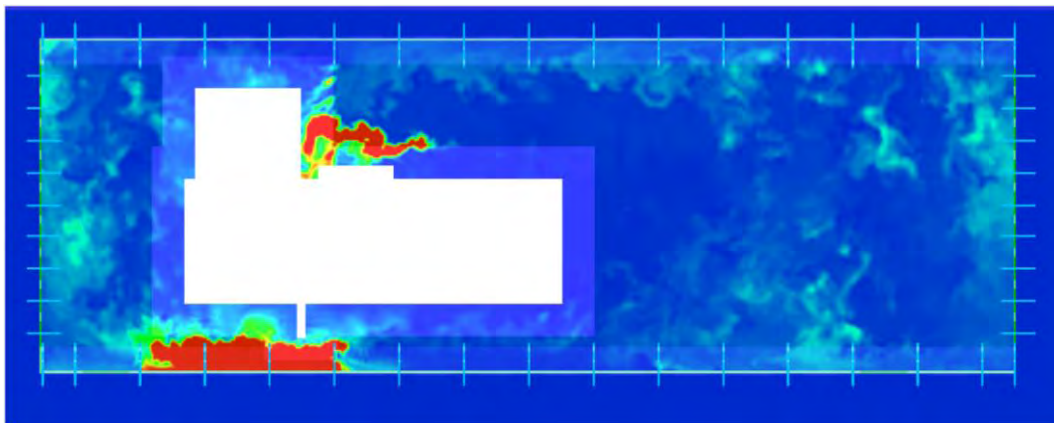


Abbildung 15 Horizontalschnitt bei $z = 4$ m zur 15. Minute



In der Klimahülle bildet sich eine erste Rauchschrift im oberen Bereich aus. In einer Höhe von 4 m befindet sich nur Rauch im Bereich des Brandherdes, für den Rest der Klimahülle besteht in dieser Höhe keine Gefahr.

Nach ca. 10 min hat sich eine deutliche Rauchschrift im oberen Bereich der Klimahülle ausgebreitet. Hier ist die thermische Eigenschaft des warmen Gasgemisches gut sichtbar. In einer Höhe von 4 m ist der Bereich vor dem Brandherd stärker verraucht, allerdings ist der hier geplante Ausgang direkt daneben nicht gefährdet. Insgesamt sind die Schutzzielkriterien der Klimahülle erfüllt.

Nach 15 min ist die obere Rauchschrift nur unwesentlich angewachsen. An den Rändern der Klimahülle vermischt sich die Rauchschrift mit der darunterliegenden Luft. Die gewünschte Trennung von Rauchschrift und darunterliegender kalter und atembare Luft ist nicht mehr überall gegeben. Im Schnitt bei einer Höhe von 4 m sind erste Anzeichen von Verrauchungen in diesem Bereich sichtbar. Die Grenzwerte werden aber eingehalten, sodass nach 15 min die Schutzziele noch eingehalten sind.

Nach 20 min erhöht sich die Belastung bei einer Höhe von 4 m und es gibt lokale Bereiche, in denen die Grenzwerte überschritten sind. Der Effekt der Nachströmung auf die Rauchverteilung wird deutlicher.

Nach 30 min gibt es keine wesentlichen Änderungen mehr.

6.6.2 Materialschuppen

Die Abbildung 16 und die Abbildung 17 zeigen die Rauchgasverteilung zu verschiedenen Zeitpunkten bei einem Brand im Materialschuppen.

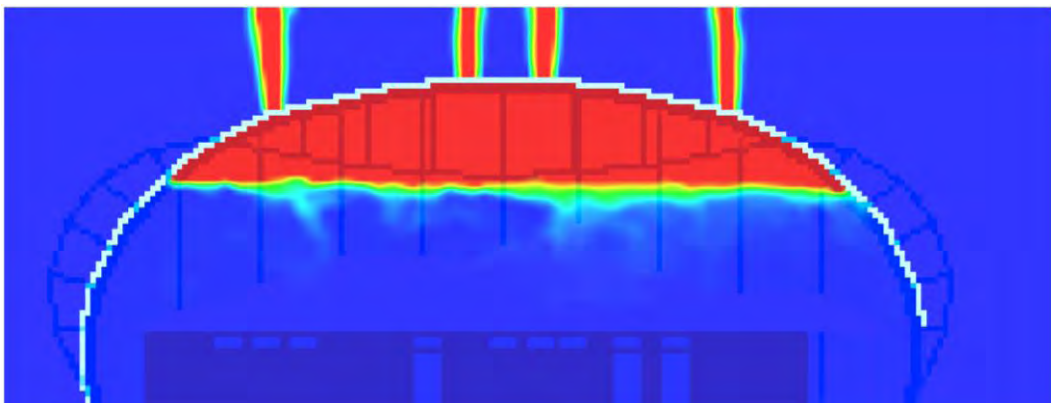


Abbildung 16 Rauchgasverteilung zur 10. Minute; Schnitt durch Ausgang, Materialschuppen

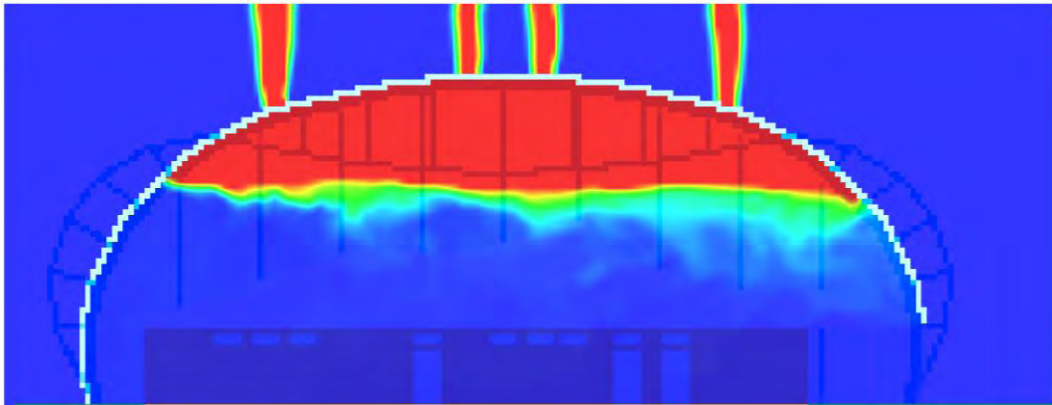


Abbildung 17 Rauchgasverteilung zur 30. Minute; Schnitt durch Ausgang, Materialschuppen

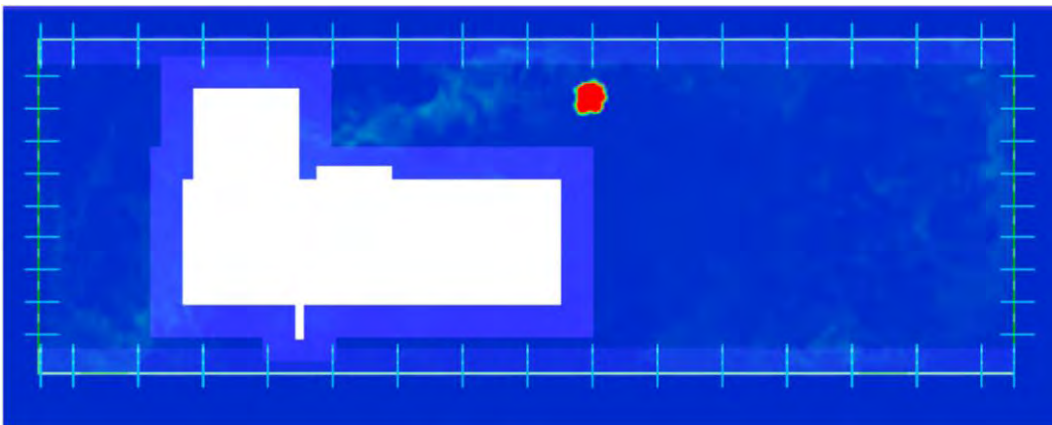


Abbildung 18 Horizontalschnitt bei $z= 4\text{ m}$; $t=900\text{ s}$

Bei der Auswertung der Ergebnisse stellt sich heraus, dass über den gesamten Zeitraum die optische Dichte bei einer Höhe von 4 m unkritisch ist. Lediglich im Bereich des Brandherdes werden naturgemäß die Grenzwerte überschritten. Nach 10 min hat sich eine stabile Rauchschicht im oberen Bereich der Klimahülle ausgebildet, die sich im Verlauf der Simulation nicht mehr wesentlich ändert.

6.7 Bewertung

Entsprechend der Berechnungsergebnisse ist das Schutzziel mindestens bis zur 15. Minute eingehalten, sodass die Anforderungen nach Ziffer 3 bzw. 6.2 erfüllt werden. Danach treten die Effekte einer sich abkühlenden Rauchschicht ein, die konsequenterweise dort entstehen, wo der Abstand zum Brandherd am größten ist. Dazu kommen Verwirbelungseffekte, welche aus der großen Nachströmfläche der Tore resultieren.

Eine Kombination aus Temperaturabfall und Sogeffekt (durch die Nachströmung) zieht an der Rauchschicht und sorgt für eine Vermischung der Rauchgase mit der darunterliegenden Luft. Das führt im weiteren Verlauf der Simulation zu einer immer größeren Vermischung von Rauchschicht und Luftschicht. Trotzdem sind in weiten Teilen die Schutzzielkriterien noch erfüllt und es kann davon ausgegangen werden, dass eine Selbstrettung bis zur 30. Minute stattfinden kann.

6.8 Übertragbarkeit auf die Varianten A und B

Die Varianten A und B weisen eine ähnliche Höhe auf wie die untersuchte Variante. Allerdings ist hier eine geringere Länge der Klimahülle vorhanden, die weniger Volumen für die Rauchgase bietet. Dadurch können sich unter Umständen ungünstigere Verhältnisse entwickeln. Durch die große Höhe kann aber durch eine Anpassung der Rauchabzugsöffnungen der Nachweis über die Einhaltung der Schutzziele erbracht werden. Nach Festlegung der endgültigen Konstruktion muss der Nachweis der „Rauchfreihaltung der Rettungswege“ überprüft werden.

7 Nachweis „Standicherheit im Brandfall“

7.1 Nachzuweisende Schutzziele

Die tragenden Bauteile und deren Aussteifungen müssen gemäß § 24 /BbgBO/ bei Gebäuden geringer Höhe mindestens feuerhemmend ausgebildet sein. Dieser Nachweis kann mithilfe der vereinfachten und/oder allgemeinen Rechenverfahren auf der Grundlage eines Naturbrandes nach /DIN EN 1993-1-2/ erbracht werden. Dabei handelt es sich um eine Abweichung, über deren Zulässigkeit nur der Prüfenieur bzw. die zustimmende Behörde entscheiden darf.

7.2 Sicherheitskonzept

Eine Voraussetzung für die Anwendung von Modellen für den brandschutztechnischen Nachweis der verschiedenen Schutzziele ist die Einbettung in ein Sicherheitskonzept, das auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse ermöglicht. Die Unsicherheiten, die sich durch eine Idealisierung oder erforderliche Annahmen zwangsläufig in jedem Modell ergeben, werden insbesondere durch eine auf der sicheren Seite liegende Ermittlung des Bemessungsbrandes abgedeckt.

Bei der Abbildung der in Realität im Brandfall auftretenden Strömungsvorgänge mit einem Modell sind Idealisierungen und Vereinfachungen erforderlich, sodass in gewissen Grenzen Abweichungen zwischen den rechnerisch ermittelten Strömungsvorgängen und der experimentell bestimmten Strömungsvorgänge

und der Rauchausbreitung unvermeidbar sind. Hierbei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass experimentell erzielte Ergebnisse ebenfalls (z. B. aufgrund von Messungenauigkeiten) bestimmten Unsicherheiten unterliegen.

Für die brandschutztechnische Bemessung kann nach dem Sicherheitskonzept des deutschen Nationalen Anwendungsdokumentes des Eurocodes 1, Teil 1 - 2 (/DIN EN 1991-1-2/NA/) verfahren werden.

Das Sicherheitskonzept für die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen, das ursprünglich im Teil 1 - 2 des Eurocodes 1 bzw. /DIN EN 1991-1-2/ enthalten ist, konnte aufgrund einer auf der unsicheren Seite liegenden Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur für die Anwendung in Deutschland nicht empfohlen werden. Daher wird das Sicherheitskonzept der Bemessung zugrunde gelegt, welches im Nationalen Anwendungsdokument (NA) des Teils 1 - 2 von Eurocode 1 (/DIN EN 1991-1-2/NA/) enthalten ist.

Grundgedanke des Sicherheitskonzeptes ist, dass der Bemessungsbrand bzw. die Bemessungswärmefreisetzungsratenrate zunächst wie bei einem Vollbrand ohne Beeinflussung durch die vorhandene oder geplante brandschutztechnische Infrastruktur festgelegt wird.

Der dennoch vorhandene Sicherheitsgewinn durch abwehrende und anlagentechnische Maßnahmen, wie der Feuerwehr oder einer automatischen Löschanlage, wird über Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} für die maßgeblichen beschreibenden Größen berücksichtigt. Dies sind zum einen die Brandlastdichte q in MJ/m², die die Menge der im Brandfall umgesetzten Energie pro m² Grundfläche angibt, und zum anderen das Maximum der Wärmefreisetzungsratenrate Q' in kW. Die Teilsicherheitsbeiwerte werden in Abhängigkeit der erforderlichen Zuverlässigkeit im Brandfall β_f ermittelt. Diese ist wiederum von den Sicherheitsanforderungen der jeweiligen Nutzung, der Auftretenswahrscheinlichkeit mindestens eines Entstehungsbrandes je Nutzungseinheit und Jahr sowie der Ausfallwahrscheinlichkeit je Anforderung der Maßnahmen der Brandbekämpfung abhängig.

Das Sicherheitskonzept orientiert sich an der /DIN EN 1990/, die, in Abhängigkeit von drei Schadensfolgeklassen, Mindestwerte eines erforderlichen Zuverlässigkeitsindex β bzw. einer Versagenswahrscheinlichkeit p_f für die normalen Gebrauchslastfälle empfiehlt. Dieser Wert wird unter Berücksichtigung der geringen Auftretenswahrscheinlichkeit p_1 eines Brandes in der Nutzungseinheit sowie der Ausfallwahrscheinlichkeit von abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen (p_2 und p_3) in die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit $p_{f,fi}$ im Brandfall bzw. die erforderliche Zuverlässigkeit im Brandfall β_{fi} umgerechnet (Gln. (1) bis (3)). Zahlenwerte für p_1 für verschiedene Nutzungen sowie die vorhandenen abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen (p_2 und p_3) werden in der /DIN EN 1991-1-2-/NA/ angegeben.

$$p_f = \Phi(-\beta) \tag{1}$$

$$p_{f,fi} = \frac{p_f}{p_1 * p_{2,1} * p_{2,2} * p_3} \tag{2}$$

$$\beta_{fi} = -\Phi^{-1}(p_{f,fi}) \tag{3}$$



Dabei ist $\Phi(\cdot)$ die Funktion der Standard-Normalverteilung und $\Phi^{-1}(\cdot)$ die zugehörige Umkehrfunktion.

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Brandlastdichte $\gamma_{fi,q}$ sowie das Maximum der Wärmefreisetzungsrate $\gamma_{fi,q}$ können in Abhängigkeit der erforderlichen Zuverlässigkeit β_{fi} dem Diagramm in Abbildung 19 entnommen werden.

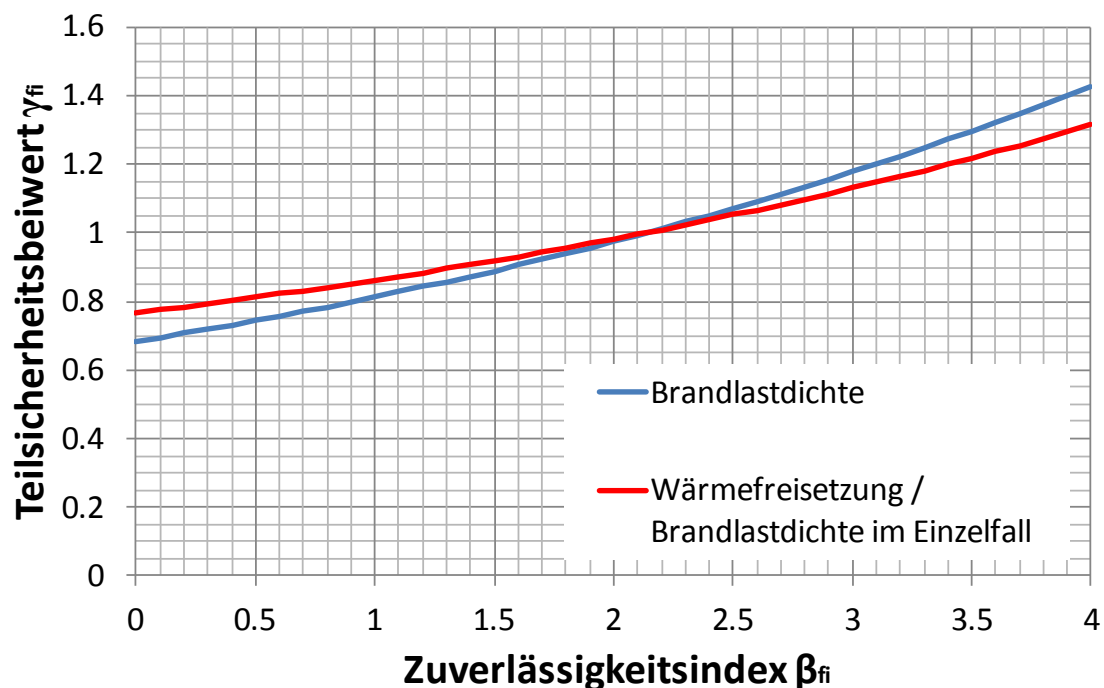


Abbildung 19 Diagramm zur Ermittlung der Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} für die maßgeblichen Größen der Brandbeanspruchung gemäß /DIN EN 1991-1-2-/NA/

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die maßgeblichen charakteristischen Größen (90 % Quantile) der Brandbeanspruchung (Brandlastdichte und Maximum der Wärmefreisetzungsrate) können in Abhängigkeit der erforderlichen Zuverlässigkeit β_{fi} dem Diagramm nach dem Anhang BB.5 /DIN EN 1991-1-2-/NA/ (siehe Abbildung 19) entnommen werden. Der erforderliche Zuverlässigkeitsindex β für einen normalen Gebrauchsfall wird Tabelle BB.5 auf dem Nationalen Anwendungsdokument von /DIN EN 1991-1-2/ entnommen. In Anlehnung an eine Wohnungsnutzung sowie die Annahme von Schadensfolgen in einem für die Nutzung erhöhtem Umfang (hohe Schadensfolgen) ergibt sich eine Zielzuverlässigkeit von $\beta = 4,7$ oder $p_f = 1,3 \cdot 10^{-6}$ (Gln. 1).



Die Auftretenswahrscheinlichkeit p_1 von mindestens einem Entstehungsbrand je Nutzungseinheit und Jahr wird folgendermaßen ermittelt:

$$p_1 = a \cdot A^b$$

mit a: Basiswert der bezogenen Brandentstehungshäufigkeit [$1/m^2 \text{ a}$]

b: der von der Nutzung und der Unterteilung der Nutzungseinheit abhängige Exponent

$$p_1 = 4,8 \cdot 10^{-5} \cdot 3080^{0,9} \text{ m}^2 = 6,62 \cdot 10^{-2}$$

Zunächst wird angenommen, dass die Nutzer des Gebäudes in der Lage sind, den Brand in 50 % der Fälle zu löschen, sodass es nicht zu einem vollentwickelten Brand kommt ($p_{2,1} = 0,5$). Die Ausfallwahrscheinlichkeit der Brandbekämpfungsmaßnahmen kann Tabelle BB.4 entnommen werden. Für eine öffentliche Feuerwehr wird ein Wert von $p_{2,2} = 0,5$ angenommen. Eine automatische Löschanlage ist nicht vorhanden.

Aus diesen Angaben ergibt sich die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit $p_{f,fi}$ bzw. die erforderliche Zuverlässigkeit im Brandfall zu:

$$p_{f,fi} = \frac{p_f}{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3} = \frac{1,3 \cdot 10^{-6}}{6,62 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 7,86 \cdot 10^{-5} \quad (4)$$

$$\beta_{fi} = -\Phi^{-1}(p_{f,fi}) = -\Phi^{-1}(7,86 \cdot 10^{-5}) = 3,78 \quad (5)$$

Mit dem Wert für β_{fi} ergibt sich aus dem Diagramm in Abbildung 19 ein Teilsicherheitsbeiwert für die Brandlastdichte $\gamma_{fi,Q} = 1,37$. Für das Maximum der Wärmefreisetzungsrates ergibt sich ein Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,HRR}$ von 1,27.

7.3 Brandszenarien

Für die Lage des Brandortes ist eine räumliche Nähe zu den zu untersuchenden Tragwerksteilen im Hinblick auf die Bauteiltemperaturen entscheidend. Als Brandquelle dienen wiederum die Geräteschuppen auf dem Außengelände der Kita. Diese Schuppen zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass ihre Lage auf dem Grundstück variabel ist. Die Annahme, dass sich in absehbarer Zeit der Standort der Schuppen ändern kann, ist nachvollziehbar. Dadurch ist die Lage für das Brandszenario relativ frei und der Brandort wird in die Nähe einer der Stützen bzw. Korbbogenträger (Variante 1.2) verschoben. Ungeachtet der momentanen Schuppenposition muss davon ausgegangen werden, dass eine Lage am Rande der Klimahülle nicht verhindert werden kann und deswegen ist diese Position als kritische Brandortlage sinnvoll.

In Abbildung 20 ist die Lage, welche für das Brandszenario Heißbemessung verwendet wurde, dargestellt.

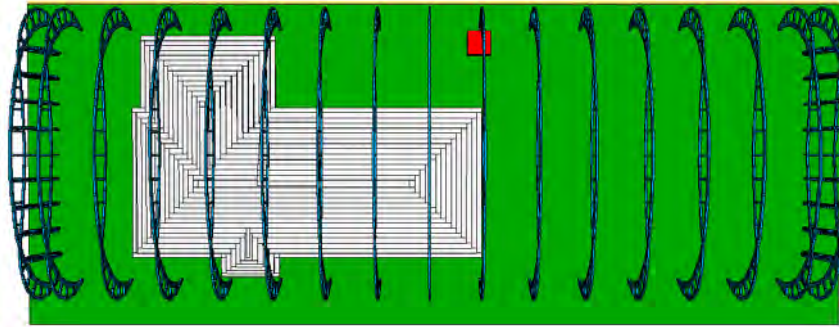


Abbildung 20 Brandort Heißbemessung, Materialschuppen

Der Brandherd hat eine Fläche von 7,84 m². Für die Aufstellung des Brandherdes müssen die Brandlastdichte, die flächenspezifische Wärmefreisetzungsrate und die Brandentwicklungsgeschwindigkeit ermittelt werden.

Für dieses Szenario wird im Gegensatz zur Rauchgassimulation die Brandlastzusammenstellung detaillierter erfolgen, um die Brandlastdichte besser abschätzen zu können. Es werden Annahmen bzgl. der Zusammenstellung der Brandlast getroffen, um die Brandverlaufskurve besser beschreiben zu können. Entgegen der Rauchgassimulation muss ein Naturbrandszenario für eine Heißbemessung auch die Abklingphase des Brandes berücksichtigen, um die Temperaturentwicklung für den gesamten Brandverlauf ermitteln zu können. Es wurde angenommen, dass ca. 65 kg Plastikspielzeug in diesen Schuppen aufbewahrt werden. Damit ergibt sich folgende Brandlast:

Zusammenstellung der Brandlast

Art	Gewicht [kg]	Anzahl -	Heizwert [MJ/kg]	Energie [MJ]
Holzschuppenwand (l x h x d) (2.0*2.5*0.02)	35	8	17.28	4838
Holzschuppenständer (0.10x0.10)	8.75	16	17.28	2419
Holzschuppendach (inkl Träger)	49	2	17.28	1693
Spielzeug Bobbycar	3	5	43.2	648
div Spielzeug	50	1	43.2	2160

Summe = 11759



Entsprechend /DIN EN 1991-1-2/NA/ wird eine Wärmefreisetzungsrate auf der sicheren Seite liegend mit $0,5 \text{ MW/m}^2$ angesetzt. Damit ergibt sich der in Abbildung 21 dargestellte Verlauf für die Wärmefreisetzungsrate.

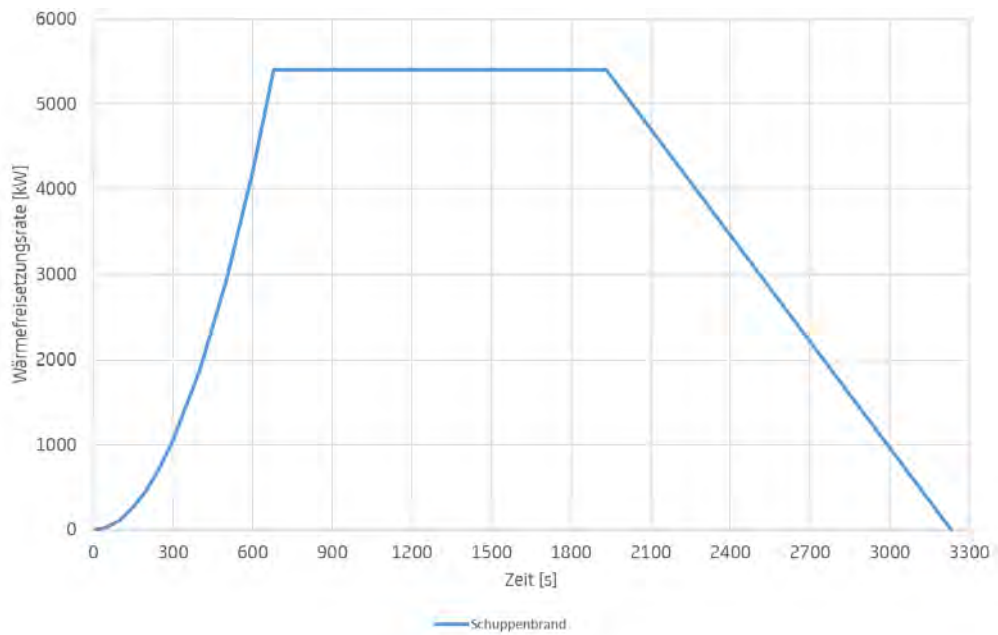


Abbildung 21 Wärmefreisetzungsrate in Abhängigkeit von der Zeit

7.4 Brandeinwirkungen

Es wird die Geometrie der Rauchgassimulation verwendet. Da in diesem Szenario insbesondere die Bauteiltemperaturen der tragenden Stahlbauteile und die Heißgastemperatur über dem Brandherd von Bedeutung sein werden, wurden zusätzliche Messpunkte angebracht. Diese Messpunkte werden Devices genannt und messen die adiabatic surface temperature /Wickström/ an den Bauteilen und die Gastemperatur über dem Brandherd. Dabei wurden an dem Korbbogen über dem Brandherd in Abständen von weniger als 1 m Messpunkte angebracht. In Abbildung 22 sind die Messpunkte als gelbe Kreise dargestellt. Die Temperaturen wurden sowohl am Druckgurt als auch an den Zuggliedern und Verstrebungen gemessen. Die Ergebnisse werden in einem Temperatur-Zeit-Diagramm ausgegeben. Insgesamt wurden 52 Messpunkte entlang des Trägers angeordnet. Zusätzlich wurden über dem Brandherd (gelbes Viereck rechts unten) zahlreiche Gastemperaturmesspunkte angebracht, die die Plumetemperatur ermitteln sollen.

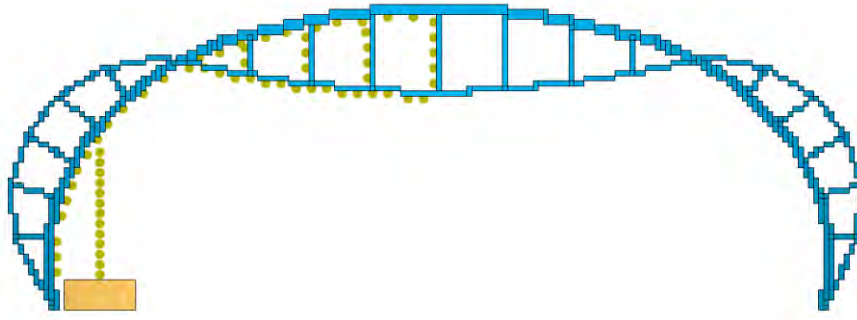


Abbildung 22 Position der Messpunkte

Die Abbildung 23 zeigt die adiabatic surface temperatures (AST) für die Messpunkte am Hauptgurt.

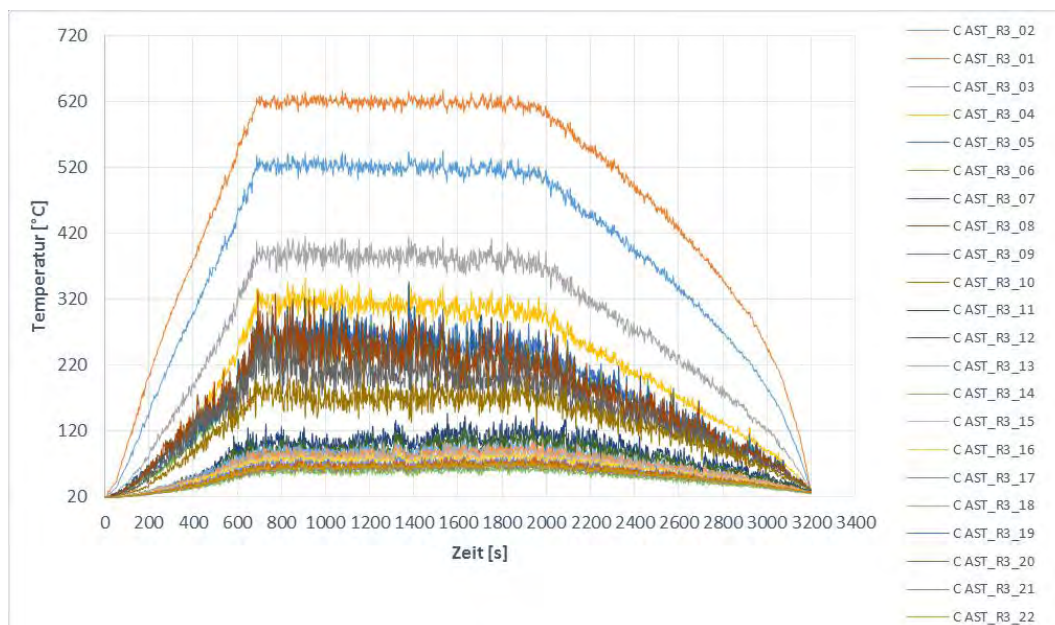


Abbildung 23 Temperaturen am Hauptgurt

Es werden maximale Temperaturen von 620 °C erreicht. Je nach Lage der Messpunkte treten geringere Temperaturen auf.



7.5 Thermische Materialeigenschaften von Stahl

Die Erwärmung eines Bauteils ist abhängig vom Wärmeübergang am Bauteilrand und der Wärmeströmung im Bauteilinneren. Der durch ein Temperaturgefälle im Bauteil hervorgerufene Wärmestrom wird in seiner Geschwindigkeit von den temperatur- und werkstoffabhängigen Materialeigenschaften Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)], spezifische Wärme c_p [J/(kgK)] und Rohdichte ρ [kg/m³] beeinflusst. Die temperaturabhängigen thermischen Materialeigenschaften sind für Stahl in /DIN EN 1993-1-2/ angegeben. Die Rechenfunktionen für Baustahl sind, normiert auf die Größen bei Raumtemperatur (20 °C), in Abbildung 24 dargestellt.

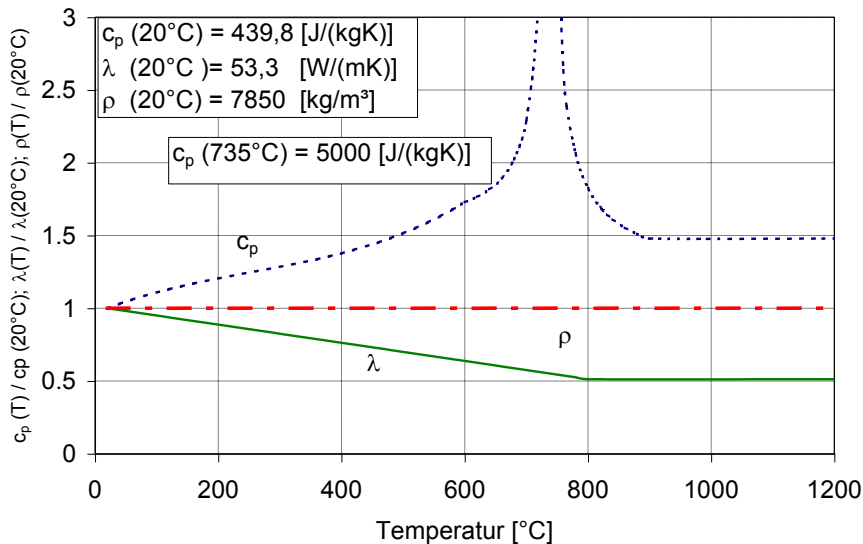


Abbildung 24 Rechenfunktionen thermischer Materialeigenschaften von Baustahl nach /DIN EN 1993-1-2/

7.6 Thermische Analyse

Für den Nachweis mit dem vereinfachten Rechenverfahren müssen zunächst die Bauteiltemperaturen ermittelt werden. In diesem Nachweis darf vereinfacht eine Temperatur über den gesamten Querschnitt des Bauteils angenommen werden. Die in der CFD-Simulation ermittelten AST an den Bauteilen liefern die Grundlage der Temperaturermittlung im Bauteil. Die /DIN EN 1993-1-2/ bietet in Abschnitt 4.2.5 eine Methode für die Berechnung der Bauteiltemperatur an. Dabei wird in festgelegten zeitlichen Intervallen unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften sowie einem Profilkoeffizienten für das Bauteil, die Temperatursteigerung aufgrund der thermischen Belastung durch den Brandfall ermittelt.

Folgende Formel liegt der Berechnung zu Grunde:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} * \frac{A_m/V}{c_a\rho_a} * \dot{h}_{net,d} * \Delta t$$

mit

- $\Delta\theta$ der Temperaturanstieg im Bauteil
- k_{sh} Korrekturfaktor für Abschattungseffekte
- A_m / V der Profilfaktor des ungeschützten Stahlbauteils [1/m]
- A_m die dem Brand ausgesetzte Oberfläche des Bauteils pro LE [m²/m]
- V das Volumen des Bauteils pro LE [m³/m]
- c_a spezifische Wärmekapazität des Stahls [J/ kg K]
- $h_{net,d}$ der flächenbezogene Bemessungswert des Nettowärmestroms [W/m²]
- Δt Zeitinterfall
- ρ_a die Rohdichte von Stahl [kg/m³]

Die einzelnen Komponenten werden nachfolgend ermittelt.

Der Abschattungseffekt ist ein Querschnittsfaktor. Er beschreibt das Verhältnis von belasteter Fläche zum Volumen des tatsächlichen Querschnitts zu dem gleichen Verhältnis einer den Querschnitt umschließenden rechteckigen Box. Der Profilfaktor A_m/V beschreibt das Verhältnis von der dem Brand ausgesetzten Oberfläche zum Volumen des Bauteils. Tabelle 4.2 der /DIN EN 1993-1-2/ gibt eine Auswahl an möglichen Konfigurationen. In diesem Fall wird ein dreiseitig beanspruchter Querschnitt betrachtet.

Für einen HEB 300-Träger ergibt sich z. B.:

$$A_m / V = 1,432 \text{ m}^2 / 0,0149\text{m}^3 = 96 / \text{m}$$

Der Korrekturfaktor für Abschattungseffekte k_{sh} , wird konservativ zu 1.0 gesetzt.

Für die Berechnung der Stahltemperatur wurden die in Abschnitt 3 der /DIN EN 1993-1-2/ genannten Formeln zur Berechnung der spezifischen Wärmekapazität verwendet. Für die Ermittlung des Nettowärmestroms auf das Bauteil $h_{net,d}$ müssen aus der gemessenen anliegenden Temperatur der konvektive und radiative Anteil der Wärmeübertragung ermittelt werden. Die gemessenen AST stellen die Temperatur am Bauteil unter Berücksichtigung der Strahlung der Heißgase und der Strahlung des Brandherds und des Plumes dar. Jetzt gilt es, den Übergang dieser Temperatur in das Bauteil zu beschreiben. Der Netto-Wärmestrom lässt sich nach Abschnitt 3 mit den Gleichungen 3.1, 3.2 und 3.3 der /DIN EN 1991-1-2/ berechnen. Die Gleichungen lauten:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \quad (3.1)$$

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m) \quad (3.2)$$

$$\dot{h}_{net,r} = \phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4] \quad (3.3)$$

mit:

α_c	Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion [W/m ² K]
Θ_g	Gastemperatur in der Nähe des Bauteils [°C]
Θ_r	wirksame Strahlungstemperatur des Brandes [°C]
ϕ	Konfigurationsfaktor
ε_m	Emissivität der Bauteiloberfläche
ε_f	Emissivität des Feuers
Θ_m	Bauteiloberfläche [°C]
σ	Stephan Boltzmann-Konstante (= $5.67 \cdot 10^{-8}$ W/m ² K ⁴)

Nach /DIN EN 1991-1-2/NA/ sollte der Wärmeübergangskoeffizient für Naturbrandmodelle zu $\alpha_c = 35$ W/(m²K) gesetzt werden. Nach /vfdB Leitfaden/ Abschnitt 6.2.6.2 darf für $\Theta_r = \Theta_g$ angenommen werden. Der Konfigurationsfaktor, der die Lage der Oberflächen bzgl. der Strahlung berücksichtigt, darf konservativ zu 1,0 angesetzt werden. Nach /DIN EN 1993-1-2/ ergeben sich $\varepsilon_f = 1,0$ und $\varepsilon_m = 0,7$ als Kennwerte. Die Gastemperatur Θ_g wurde mithilfe der FDS-Simulation ermittelt. Mit diesen Eingangsgrößen wurde unter Zuhilfenahme einer Tabellenkalkulation in Zeitschritten von 2 s λ_θ und damit die sich verändernde Stahltemperatur ermittelt. Im vereinfachten Nachweis wird davon ausgegangen, dass im Stahl eine gleichmäßige Temperaturverteilung vorhanden ist. Aus den genannten Formeln lässt sich für den maßgebenden Bogenteil die in Abbildung 25 dargestellte Bauteiltemperatur ermitteln. Diese Temperatur gilt für den Bogenteil, der sich direkt neben dem Brandherd befindet.

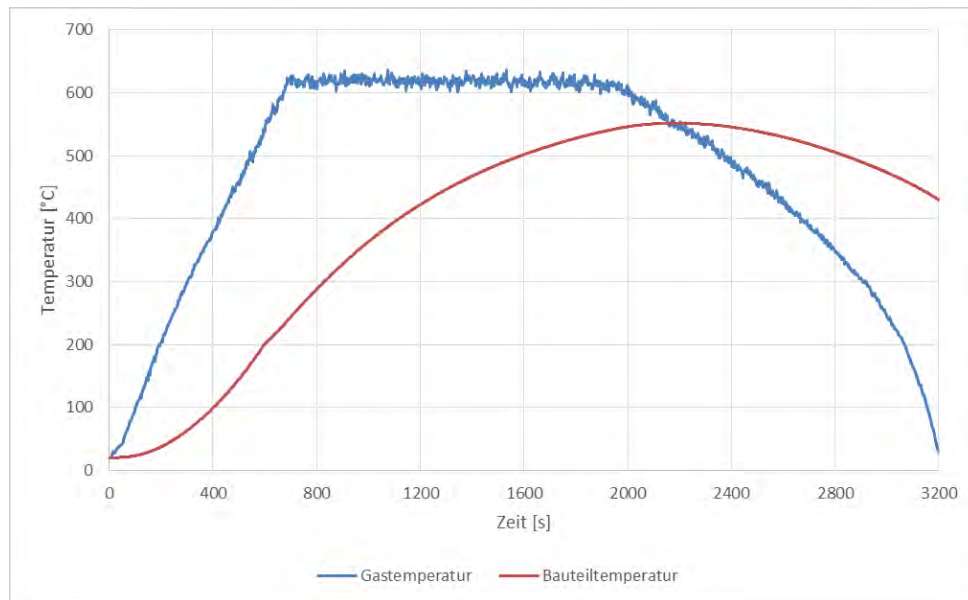


Abbildung 25 maximale Heißgas- und Bauteiltemperaturen nach /DIN EN 1993-1-2/

Die Stahltemperatur steigt demnach in der 37. Minute bis ca. 550 °C an und kühlt danach wieder ab. Dieses Ergebnis bezieht sich ausschließlich auf die Lage des Schuppens, wie unter Ziffer 6.3.2 beschrieben.

7.7 Mechanische Analyse

7.7.1 Träger

Der Nachweis für den Träger kann mit dem vereinfachten Nachweisverfahren der kritischen Temperatur der /DIN EN 1993-1-2/ geführt werden.

Die kritische Stahltemperatur nach /DIN EN 1993-1-2/ gibt die Temperatur an, bei der ein durch eine Brandeinwirkung erwärmtes und auf Biegung beanspruchtes Stahlbauteil seine Tragfähigkeit verliert und versagt. Mithilfe der kritischen Stahltemperatur kann eine bauteilspezifische und belastungsabhängige brandschutztechnische Bemessung dieser Stahlbauteile auf Temperaturebene durchgeführt werden.

Die kritische Temperatur ist abhängig vom Ausnutzungsgrad μ_0 des Bauteils zu Beginn der Brandeinwirkung (Zeitpunkt $t = 0$). Der Ausnutzungsgrad bestimmt sich gemäß /DIN EN 1993-1-2/ aus dem Verhältnis zwischen Beanspruchung (Einwirkung) und Tragfähigkeit (Zeitpunkt $t = 0$):

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,t,0}$$

Die kritische Stahltemperatur ergibt sich dadurch zu:

$$\Theta_{a,cr} = 39,19 * \ln [1 / (0,9674 * \mu_0^{3,833}) - 1] + 482$$

Der Bemessungswert der Einwirkung im Brandfall $E_{fi,d,t}$ darf vereinfachend aus dem entsprechenden Wert aus der Bemessung bei Normaltemperatur ermittelt werden.

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} * E_d .$$

Dabei ist η_{fi} ein Abminderungsfaktor für die Bemessungslasten bei Normaltemperatur, der die Seltenheit des außergewöhnlichen Lastfalls Brand berücksichtigt. Er darf nach /DIN EN 1993-1-2/ vereinfachend zu $\eta_{fi} = 0,65$ angenommen werden:

$$\mu_0 = \eta_{fi} * (\gamma_{m,fi} / \gamma_m) = 0,65 * (1,0/1,1) = 0,59$$

Die kritische Stahltemperatur beträgt somit für diesen Fall:

$$\Theta_{a,cr} = 39,19 * \ln [1 / (0,9674 * \mu_0^{3,833}) - 1] + 482 = \underline{557 \text{ °C}}$$

Für die Träger wird ein Stabilitätsversagen als maßgebende Versagensform ausgeschlossen. Es kann daher gemäß dem vereinfachten Verfahren auf Temperaturebene die kritische Temperatur von Stahlbauteilen als Schutzzielkriterium herangezogen werden. Unter der Annahme einer Vollausslastung der Stahlbauteile beträgt die kritische Temperatur der Stahlbauteile, wie oben beschrieben, $T_{crit} = 557 \text{ °C}$ (gemäß Ziffer 4.2.4 der /DIN EN 1993-1-2/). Im Zuge der brandschutztechnischen Bemessung darf diese Temperatur im Bauteil nicht erreicht werden.

Die Stahltemperatur in dem beispielhaft betrachteten Träger beträgt maximal 550 °C und bleibt damit unterhalb der kritischen Temperatur. Der Nachweis der Standsicherheit für den Träger wäre für diesen Fall erbracht.

7.7.2 Stützen

Für die Stützen muss von einem Stabilitätsversagen als maßgebende Versagensform ausgegangen werden. Hier ist die Profilwahl ein entscheidender Faktor, sodass hier eine Bemessung im Vorfeld ohne Kenntnisse des genauen Profils nicht erfolgen kann. Für den Fall des Korbbogens wurde durch unser Büro eine Heißbemessung durchgeführt. Hier war die Ausnutzung sehr gering, sodass der Nachweis erbracht werden konnte.

7.8 Übertragbarkeit auf die Varianten A, B und C

Die Varianten A und B weisen durch den Überbau ähnliche Höhen auf wie die der simulierten Klimahülle. Die Ergebnisse der Brandeinwirkungen haben gezeigt, dass unterhalb der Träger nur mit Temperaturen von maximal 620 °C für die Heißgase und ca. 550 °C für den Stahl (abhängig vom Profil) zu rechnen ist. Die

Träger können dann, abhängig von der Ausnutzung und dem Profil mithilfe der kritischen Temperatur nachgewiesen werden.

In der Variante C liegt eine deutlich geringere Höhe vor, sodass hier auch mit deutlich höheren Temperaturen zu rechnen ist. Hier ist davon auszugehen, dass die Stahlträger beschichtet oder bekleidet werden müssen.

Für die Stützen in allen drei Varianten ist zu beachten, dass der Schuppen direkt angrenzend an eine Stütze angeordnet werden kann. Dadurch treten hier deutlich höhere Temperaturen auf als die in der Simulation ermittelten Temperaturen, sodass hier ein erneuter Nachweis erfolgen muss oder die Stahlträger beschichtet oder bekleidet werden müssen.

8 Brandschutzordnung

Der Betreiber des Kindergartens hat im Einvernehmen mit der für den Brandschutz zuständigen Dienststelle eine Brandschutzordnung aufzustellen.

Die Brandschutzordnung enthält alle wichtigen Maßnahmen des innerbetrieblichen Brandschutzes und regelt das vorbeugende Verhalten und das Verhalten während eines Brandes, wie z. B. der Verpflichtung zur Unterstützung der Flucht von Kindern und Behinderten. Sie ist im Einvernehmen mit der Feuerwehr zu erarbeiten.

Es ist zu gewährleisten, dass die Brandschutzordnung ständig aktualisiert wird. Sie ist mindestens jährlich durch eine verantwortliche Person (z. B. Betreiber oder dessen Beauftragter) auf Aktualität zu prüfen und ggf. zu ändern.

Für die Einhaltung der genannten Anforderungen ist der Betreiber oder der von ihm Beauftragte verantwortlich.



9 Schlussbetrachtung

Der Bericht gibt einen groben Überblick zu den erforderlichen brandschutztechnischen Maßnahmen im Bauvorhaben „Klimahülle Kita, Blankenfelde-Mahlow“. Es werden Vorschläge zu möglichen baulichen als auch anlagentechnischen Maßnahmen und Anforderungen sowie eine grobe Bewertung der drei bestehenden Varianten gegeben. Es wurden hierbei die Anforderungen der /BbgBO/ herangezogen.

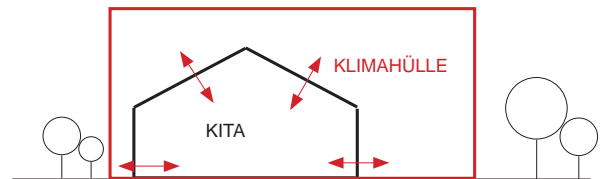
Im weiteren Projektablauf ist es erforderlich, diese grundsätzlichen Anforderungen, sofern noch nicht geschehen, in die Planung zu übernehmen. Erleichterungen von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen sind möglich, müssen jedoch mit der genehmigenden Behörde oder dem Prüflingenieur für Brandschutz abgestimmt und genehmigt werden.

Weiterhin wurde ein Ausblick auf den Nachweis der „Rauchfreihaltung der Rettungswege“ sowie auf den Nachweis der „Standicherheit im Brandfall“ gegeben, welcher in Absprache mit den Behörden unterstützend bei der Abweichung von bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinzugezogen werden kann. Die Nachweise können in diesem Bericht nur als Anhaltswert verstanden werden, da sie anhand einer inzwischen verworfenen Variante durchgeführt wurden. Nach Festlegung der endgültigen Konstruktion müssen die Nachweise überprüft werden.

Berlin, 30.04.2015

Dipl.-Ing. Jana Köllner
Fachplanerin für Brandschutz

Dr.-Ing. Karen Paliga
Sachverständige für Brandschutz



A5 Anhang zum Themenbereich: Geologie/ Bodengutachten

Verfasser: **GuD** - Geotechnik und Dynamik Consult GmbH

Inhalt (S1. - S 44):

- **Örtliche Gegebenheiten**
- **Baugrund**
- **Grundwasser**
- **Eigenschaften Der Baugrundsichten**
- **Eigenschaften Der Baugrundsichten**

- **Gründungsempfehlung:**

- Flachgründung der Fundamente 13
- Tiefgründung der Fundamente

- **Plananlagen:**

- Planungsunterlagen (Lageplan, Grundriss, Ansichten und Schnitt)
- Baugrund:
 - Ergebnisse der Archivrecherche und der Altaufschlüsse
 - Lage der Baugrunduntersuchungen (März 2015) 1
 - Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen
 - Laboruntersuchungen



**Öffentlich bestellte und vereidigte
Sachverständige und Prüfsachver-
ständige für Erd- und Grundbau**

Darwinstraße 13 · 10589 Berlin
Tel. +49-30-78 90 89-0 · Fax -89
E-Mail office@gudconsult.de
www.gudconsult.de

Standorte
| Hamburg | Leipzig | Athen
| Köln | Michendorf | New Delhi

BODENGUTACHTEN UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG

Zum Bauvorhaben

**Klimahülle Kita Tabaluga
Karl-Liebknecht-Straße 24
in 15827 Blankenfelde**

Auftraggeber: sbp sonne GmbH
Schwabstraße 43
70197 Stuttgart

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Josef-A. Patron
M. Sc. C. Eberlein

Berlin, den 29.05.2015

**Gutachten
Beratung
Planung
Bauüberwachung**

Geschäftsleitung
Dr. rer. nat. Götz Hirschberg
Dr.-Ing. Fabian Kirsch¹
Dr.-Ing. Jens Mittag¹
Dipl.-Ing. Univ. Nikolaus Schneider
Dr.-Ing. Silke Appel (ppa.)
Dipl.-Ing. Kerstin Deterding (ppa.)⁵
Dipl.-Ing. Hilmar Leonhardt (ppa.)
Dipl.-Ing. Josef A. Patron (ppa.)

Senior-Partner
Prof. Dr.-Ing. Kurt-M. Borchert^{1 2 5}
Dipl.-Ing. Hans L. Hebener^{1 3}
Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter^{1 4}
Univ. Prof. Dr.-Ing. Stavros Savidis

- ¹ Anerkannter Prüfsachverständiger für den Erd- und Grundbau.
² von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugruben, Injektionen und Bauwerksabdichtungen im Untergrund.
³ von der Baukammer Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Spezialtiefbau, Schwingungen im Baugrund und Bauwerk, Gründungsschäden.
⁴ von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gründungen, Wasserhaltungen, Erschütterungen im Baugrund.
⁵ EBA-Gutachter für Geotechnik bei Bau-maßnahmen im Eisenbahnbau.

Berichtnummer: G 19/14

Dieser Bericht einschließlich Deckblatt und umfasst 19 Seiten und 4 Anlagen.

K:\BMKli_G19.14\BERICHTE-GUTACHTEN\G19_14_Bodengutachten_CaEb.docx

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG	3
2	UNTERLAGENVERZEICHNIS	4
	2.1 Unterlagen zur Geologie und zur Neubauplanung	4
	2.2 Unterlagen zu Laboruntersuchungen	4
3	ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN	5
4	BAUGRUND	6
	4.1 Allgemeines	6
	4.2 Ergebnisse der durchgeführten Bodenaufschlüsse	6
	4.3 Laboruntersuchungen	8
5	GRUNDWASSER	9
	5.1 Archivrecherche	9
	5.2 Vor Ort eingemessene Grundwasserstände (März 2015)	9
6	EIGENSCHAFTEN DER BAUGRUNDSCHICHTEN	10
	6.1 Auffüllung	10
	6.2 Rollige Böden – Sand	11
7	BODENKENNWERTE	12
8	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG	13
	8.1 Allgemeines	13
	8.2 Flachgründung der Fundamente	13
	8.3 Tiefgründung der Fundamente	14
9	ERGÄNZENDE HINWEISE	18
	VERZEICHNIS DER ANLAGEN	19

1 VERANLASSUNG

Im Rahmen eines Forschungsprojektes soll eine Klimahülle über der Tagesstätte Tabaluga in der Karl-Liebknecht-Straße 24 in der Gemeinde Blankenfelde/Mahlow entwickelt werden. Dort soll beispielhaft sowohl eine aktive Energiegewinnung und -speicherung als auch die Wandelbarkeit und der Lärmschutz der Klimahülle erforscht werden.

In diesem Zusammenhang ist das Ingenieurbüro GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH durch die sbp sonne GmbH mit der Erstellung eines Bodengutachtens und der Gründungsempfehlung sowie den dafür erforderlichen Feld- und Laboruntersuchungen beauftragt worden.

Das Büro GuD ist auf der Basis des Angebotes A296/14 vom 16.05.2014 mit den nachfolgenden Leistungen beauftragt:

- Felduntersuchungen zur Erkundung der Baugrundverhältnisse
- Laboruntersuchungen zur Festlegungen der bodenmechanischen Kennwerte
- Benennung und Beschreibung der vorgefundenen Baugrundverhältnisse (Geologie, Schichtenbeschreibung, usw.)
- Aussagen zur Grundwassersituation und zu erforderlichen Bauwerksabdichtungen
- Zulässige Sohlpressungen
- Hinweise zur Baugrubenerstellung und zu Erdarbeiten
- Einstufung der Böden nach DIN 18196
- Bodenkennwerte
- Zulässige Bodenspannungen für Einzel- und Steifefundamente (in Abhängigkeit von der Breite und Sohltiefe)
- Bettungsmodul
- Aussagen zu möglichen Gründungsarten

2 UNTERLAGENVERZEICHNIS

Für die Bearbeitung standen uns die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung:

2.1 Unterlagen zur Geologie und zur Neubauplanung

2.1.1 Stellungnahme vom 06.08.2014, GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH sowie alle dort aufgeführten Unterlagen

2.1.2 Bodengutachten zum Bauvorhaben Erich-Klausener-Str. 53-56 in Blankenfelde, GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH, G 214/95 vom 28.08.1995, sowie alle darin aufgeführten Anlagen

2.1.3 Ergebnisse der am 25.03.2015 durch die BG Hill durchgeführten Kleinbohrungen und Rammsondierungen im Bereich der geplanten Klimahülle auf dem Grundstück Karl- Liebknecht-Straße 24 in Blankenfelde/Mahlow

2.1.4 Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung, M: 1:100.000, herausgegeben vom Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, 1995

2.2 Unterlagen zu Laboruntersuchungen

2.2.1 Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur Bestimmung der Kornverteilung nach DIN 18123-5, durchgeführt durch das bodenmechanische Labor der GuD im April 2015

3 ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN

Auf dem Grundstück in der Karl-Liebknecht-Str. 24 in 15827 in Blankenfelde-Mahlow befindet sich eine im Jahr 2003 gebaute, nicht unterkellerte Kindertagesstätte [U 2.1.1]. Je nachdem welcher Entwurf in die Tat umgesetzt wird soll über oder an der Kita eine „Klimahülle“ errichtet werden [U 2.1.1].

Die Grundfläche der Klimahülle variiert je nach Entwurf. Für den Ausbau der Klimahülle über die gesamte Kita beträgt die Grundfläche ca. 2.000 m². Sollte ein L-förmiger Anbau entstehen, erstreckt sich dieser auf einer Fläche von ca. 400 m².

Die uns zur Verfügung gestellten Planungsunterlagen sind in der Anlage 2 beigefügt.

4 BAUGRUND

4.1 Allgemeines

Entsprechend den Eintragungen in der geologischen Übersichtskarte [U2.1.4] liegt der zu begutachtende Standort auf der im Pleistozän gebildeten Teltow-Hochfläche. Hier werden grundsätzlich unter anthropogener Auffüllung weichselkaltzeitliche Sande über Geschiebelehm/-mergel bis in Tiefen > 10,0 m unter Gelände erwartet.

Die Ergebnisse der Sondierungen aus dem Altgutachten in der Erich-Klausener-Straße 53-56 [U 2.1.2] bestätigen diese erste Einschätzung der Bodenverhältnisse. Die jeweils 8,0 m unter Gelände abgeteuften Bohrungen bestehen fast ausschließlich aus Mittelsand als Hauptfraktion. Als Nebenfraktionen wurde Fein- und Grobsand, Kies und Schluff angetroffen. Die Auffüllung reicht bis zu 2,5 m unter GOK (+ 38,82 m NHN) und in einer Bohrung (S3) wurde zwischen 1,4 m und 1,9 m unter Gelände Geschiebelehm erkundet.

Östlich des Baugebietes befindet sich die Moorstelle Blankenfelde in der mit Torf, Mudde und Ton zu rechnen ist, es ist aber nicht zu erwarten, dass sich diese Schichten bis zum Baugebiet erstrecken.

4.2 Ergebnisse der durchgeführten Bodenaufschlüsse

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der geologischen Recherche sind zur Beurteilung der Bodenverhältnisse im Gründungsbereich des geplanten Neubaus am 25.03.2015 2 Kleinbohrungen (BS 1/14 und BS 2/14) sowie zur Überprüfung der Lagerungsverhältnisse 2 Rammsondierungen (DPH) (R 1/14 und R 2/14) bis 10,0 m unter Ansatzpunkt (AP) abgeteuft worden.

Die Untersuchungsstellen sind der Anlage 3.1 zu entnehmen. Die Schichtenprofile inklusive Schlagzahldiagramme sind in der Anlage 3.2 beigefügt.

Die Kleinbohrung BS 1/14 ist in der nord-östlichen Gebäudeecke der Kita vom Niveau ca. +41,36 m NHN bis 10,0 m unter Gelände abgeteuft worden. Auf den ersten 0,8 m (bis +40,56 m NHN) wurde eine Auffüllung erbohrt, die aus mittelsandigen Feinsanden mit humosen Bestandteilen besteht. Zudem sind vermehrt Beton-, Bauschutt, Ziegel- und Glasreste enthalten. Unterhalb der Auffüllung stehen schwach schluffige Fein- und Mittelsande bis zu einer Tiefe von 3,5 m unter Gelände an (+37,86 m NHN). Es folgen bis +35,36 m NHN (6,0 m unter AP) feinsandige Mittelsande. Ab einer Tiefe von 6,0 m unter Terrain wurde bis zur Sondierendteufe bei +31,36 m NHN eine Schicht aus Mittelsand mit schwach feinsandigen und schwach grobsandigen Anteilen sowie

vereinzelt Kohlereibseln erkundet, die ab 8,0 m unter GOK (+33,36 m NHN) auch schwach kiesige Beimengungen enthält. Das Grundwasser wurde bei 3,5 m unter Gelände (+37,86 m NHN) angetroffen.

Zur Überprüfung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden ist im Bereich der Kleinbohrung BS 1/14 die Rammsondierung R 1/14 (DPH) bis 10,0 m unter Gelände abgeteuft worden. Auf dem ersten Meter wurde aufgrund mangelhafter Informationen zum Leitungsbestand vorgeschachtet, sodass eine Aussage zur Lagerungsdichte erst darunter möglich ist. Von 1,0 m bis 3,0 m unter Gelände (bis +38,36 m NHN) steht der rollige Boden locker gelagert an. Ab 3,0 m bis 3,5 m unter GOK (bis +37,86 m NHN) ist der Boden mitteldicht gelagert. Unterhalb des Grundwasseranschnittes (unter 3,5 m unter GOK) herrschen bis +37,06 m NHN (4,3 m unter AP) zunächst dichte Lagerungsverhältnisse vor. Es folgen mitteldicht gelagerte Böden bis 6,0 m unter Terrain (+35,36 m NHN). Darunter steht der Boden bis zur Endteufe der Sondierung bei +31,36 m NHN (10,0 m unter AP) grundsätzlich dicht, partiell mitteldicht gelagert an.

Die Kleinbohrung BS 2/14 ist in der süd-westlichen Gebäudeecke von ca. +41,27 m NHN bis 10,0 m unter GOK abgeteuft worden. Die 2,5 m mächtige Auffüllung setzt sich aus Fein- und Mittelsand mit schwach schluffigen und schwach humosen Anteilen zusammen. Zudem sind Ziegel- und Porzellanreste enthalten. Ab +38,77 m NHN (2,5 m unter AP) stehen feinsandige Mittelsande bis 3,6 m unter Gelände (+37,67 m NHN) an. Diese werden unterlagert von schwach schluffigen, feinsandigen Mittelsanden bis zu einer Tiefe von 6,0 m unter Gelände (+25,27 m NHN). Darin enthalten ist eine Schlufflage, die von 4,70 m – 4,75 m unter GOK ansteht. Unterhalb schließen sich schwach schluffige Fein- und Mittelsande bis +23,27 m NHN (8,0 m unter AP) an, welche bis zur Sondierendteufe bei +31,27 m NHN von feinsandigen Mittelsanden mit Kohlereibseln unterlagert werden. Das Grundwasser wurde bei 3,5 m unter Gelände (+37,77 m NHN) erbohrt.

Die Lagerungsdichteüberprüfung erfolgte an dieser Stelle mittels der Rammsondierung R 2/14 (DPH). Nach dem ersten vorgeschachteten Meter ist die anstehende Auffüllung (bis 2,5 m unter GOK) und der darunter gelagerte Boden bis zu einer Tiefe von ca. 3,5 m unter GOK (+37,77 m NHN) locker gelagert. Ab einer Tiefenlage von +37,77 m NHN (3,5 m unter AP) sind die anstehenden rolligen Böden zunächst kurzzeitig mitteldicht und anschließend bis +36,27 m NHN (5,0 m unter Gelände) überwiegend dicht gelagert. Bis 6,2 m unter Gelände (+35,07 m NHN) steht der Boden wiederum mitteldicht gelagert an. Ab 6,2 m unter Abteufpunkt wurden bis zur Sondierendteufe bei +31,27 m NHN (10,0 m unter GOK) grundsätzlich dicht, partiell mitteldicht gelagerte Böden erkundet.

Die Auswertung der im März 2015 abgeteufte Bodenaufschlüsse führt zu nachfolgender prinzipieller Schichtenfolge im Bereich der geplanten Klimahülle auf dem Grundstück Karl-Liebknecht-Straße 24 in Blankenfelde.

Auffüllung

Die erkundete Auffüllung reicht im betreffenden Grundstück bis ca. 0,8 m / 2,5 m unter Geländeoberkante (Ordinate +40,56 m NHN / 38,77 m NHN). Die anthropogene Auffüllung besteht aus locker gelagerten, sandigen Auffüllböden mit Beimengungen von Ziegel- und Keramikresten sowie organischen Einschlüssen.

Fein- und Mittelsande

Unterhalb der Auffüllung folgen bis zur Endtiefe der Sondierung bei 10,0 m unter GOK (31,36 m NHN / 31,27 m NHN) überwiegend mitteldicht gelagerte Fein- und Mittelsande. In tieferen Bereichen (ab 8,0 m / 8,5 m unter GOK) wurden dichte Lagerungsverhältnisse festgestellt. Die anstehenden Fein- und Mittelsande sind vereinzelt mit Kohlereibsel versetzt.

4.3 Laboruntersuchungen

Körnungslinien nach DIN 18123-5

Für die aus repräsentativen Tiefen gewonnenen Bodenproben sind Körnungslinien nach DIN 18123 in unserem bodenmechanischen Labor erstellt und bei der Endauswertung der organoleptischen Ansprache der angelieferten Bodenproben berücksichtigt worden. Die Körnungslinien sind in der Anlage 4.1 dem Gutachten beigelegt.

Die Körnungslinien BS 1/15 - Tiefe 0,8 m – 3,5 m, BS 1/15 – Tiefe 3,5 m – 6,0 m, BS 1/15 – Tiefe 6,0 m – 8,0 m und BS 2/15 – Tiefe 8,0 – 10,0 m zeigen die Kornzusammensetzung der gewachsenen Böden unterhalb der Auffüllung in den Tiefenbereichen 0,8 m bis 10,0 m unter GOK. Die ermittelten Fraktionen entsprechen hauptsächlich Fein- und Mittelsanden.

Die im Labor ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f nach Hazen) für die jeweiligen Bodenschichten sind im unteren Bereich der Tabellen in der Anlage 4.1 zu finden. Die Durchlässigkeitsbeiwerte liegen in einem Spektrum von $1,1 \times 10^{-4}$ bis $4,5 \times 10^{-4}$ bis m/s.

5 GRUNDWASSER

5.1 Archivrecherche

Laut Grundwassergleichenkarte vom geologischen Atlas von Berlin (Stand Mai 2014) steht das Grundwasser bei ca. +38,00 m NHN an. Dies ließ sich während der im März 2015 durchgeführten Sondierungsarbeiten bestätigen.

5.2 Vor Ort eingemessene Grundwasserstände (März 2015)

Während der im März durchgeführten Bodenuntersuchungen wurden die Grundwasserstände vor Ort eingemessen und in den Schichtenprofilen vermerkt (Anlage 3.2). Die nachfolgende Tabelle 1 beinhaltet das eingemessene Grundwasserniveau mit Zuordnung zur Untersuchungsstelle.

Tabelle 1: Aktuelle Grundwasserstände (Stand: März 2015)

Bauteil Untersuchungsstelle	GW-Stand	GW-Stand
	[m unter AP]	[m NHN]
BS 1/14	3,5	+37,86
BS 2/14	3,5	+37,77

Die o. g. GW-Stände zeigen Schwankungsbreiten im Bereich des betrachteten Grundstückes von +37,77 bis 37,86 m NHN. Die Schwankungen sind sowohl auf die Ungenauigkeit der Messmethode als auch auf die unterschiedliche Durchlässigkeit der Böden zurückzuführen.

6 EIGENSCHAFTEN DER BAUGRUNDSCHICHTEN

6.1 Auffüllung

Bodengruppe nach DIN 18196:	<u>A/SE</u> , sandige Auffüllung Der Auffüllboden ist inhomogen. Er besteht grundsätzlich aus Sanden z. T. mit Ziegel-, Glas-, Porzellan- und Bauschuttresten sowie geringen organischen Einschlüssen.
Bodenart nach DIN 4022:	A, Fein-/ und Mittelsande
Lagerungsdichte:	locker
Frostempfindlichkeit nach DIN 18196:	wegen der inhomogenen Struktur mittel frostempfindlich bis sehr frostempfindlich
Bodenklasse nach DIN 18300:	3

6.2 Rollige Böden – Sand

Bodengruppe nach DIN 18196:	<u>SE / SU</u> , Sand enggestuft z. T. mit organischen Ablagerungen
Bodenklasse nach DIN 18300:	3
Ungleichförmigkeitsgrad:	2,0 bis 2,4
Krümmungszahl C_c:	0,9 bis 1,1
Lagerungsdichte:	Unterhalb der Auffüllung grundsätzlich mitteldicht gelagert; z T. locker und dicht gelagert, siehe Schlagzahlendiagramme in der Anlage 3.2
Verdichtbarkeit:	SE-Böden sind nur unvollständig verdichtbar, nur mittlere Eignung als Schüttmittel
Verformungsverhalten:	Für mitteldicht gelagerte Böden der Klasse SE und $U < 3$ kann ein Verdichtungsgrad von $D_{PR} \geq 95 \%$ angesetzt werden. Dem dichten SE-Boden kann $D_{PR} \geq 98 \%$ zugeordnet werden.
Frostsicherheitsklasse :	F1 frostsicher
Durchlässigkeit – k_f [m/sec]:	$k_f = 4,5 \times 10^{-4}$ bis $1,1 \times 10^{-4}$ m/s Der Boden ist durchlässig

7 BODENKENNWERTE

Aufgrund der erzielten Ergebnisse der Bodensondierungen und Laboruntersuchungen wie auch aus Erfahrung mit entsprechenden Böden können den erkundeten Bodenarten für die statische Berechnung die in der Tabelle 2 nachfolgenden zusammengestellten charakteristischen Bodenwerte zugewiesen werden.

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkenwerte entsprechend der DIN EN 1997-1, (Eurocode 7) und DIN 1054: 2010-12

Bodenart	Bodenkenwerte				
	Wichte feucht γ_k [kN/m ³]	Wichte Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifekenn- wert E_0 [MN/m ² ·√m]
Auffüllung Fein-/Mittelsande mit Ziegelresten und organischen Einschlüssen, locker	18	10	28	-	-
Fein-/Mittelsande locker	17,5	9,5	28,5	-	10
mitteldicht	18	10	31,5	-	15
dicht	18,5	10,5	33,5	-	30

Der Steifemodul der Sande kann mit Hilfe des Steifekennwertes aus Tabelle 2 wie folgt berechnet werden:

$$\text{Steifemodul } E_{s,k} = E_{0,k} \cdot \sqrt{t} \text{ [MN/m}^2\text{]}$$

t = Tiefe in [m] unterhalb des Niveaus der Auffüllschicht

Für Ent- und Wiederbelastung gilt vereinfacht:

$$E_{sw,k} = 3 \times E_{s,k}$$

8 GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG

8.1 Allgemeines

Die geplante Klimahülle kann sowohl flach als auch tief gegründet werden. Die Flachgründung sollte möglichst in mitteldicht gelagerten Böden bzw. auf einem Gründungspolster liegen. Sollten aus dem statischen System der Klimahülle relativ hohe Einzellasten resultieren, so könnte eine Tiefgründung preisgünstiger werden. Die Kraftereinleitungsstrecke für eine Tiefgründung liegt ebenfalls unterhalb der Auffüllhorizonte. Weitere Details und Varianten sind unter den folgenden Punkten 8.2 und 8.3 erläutert.

8.2 Flachgründung der Fundamente

Unter Beachtung der oben dargestellten Untersuchungsergebnisse ist die Errichtung des Neubaus auf einem lastverteilenden Gründungspolster möglich.

Im Zusammenhang mit der bis ca. 2,5 m unter AP festgestellten anthropogenen sandigen Auffüllung und insbesondere auch im Hinblick auf die herrschenden lockeren Lagerungsverhältnisse wird zur Schaffung einer verlässlichen Gründungsebene empfohlen zumindest die Auffüllung bis zum gewachsenen Boden (+38,77 m NHN – BS 2/14) auszuheben. Zur Gewährleistung der notwendigen Lagerungsverhältnisse der darunter anstehenden locker/mitteldicht gelagerten gewachsenen Böden ist eine ausreichende Oberflächenverdichtung der Aushubsohle zwingend erforderlich.

Vor der Oberflächenverdichtung der Aushubfundamente ist auf mögliche Inhomogenitäten der Bodenzusammensetzung (z.B. kompakte Restbaustoffe wie Mauern, Betonblöcke) zu achten und gegebenenfalls zu beseitigen.

Für die Durchführung der Oberflächenverdichtung der Aushubfundamente ist eine Grundwasserfreiheit von min. 0,5 m erforderlich, welche aufgrund des deutlich unterhalb der Gründungsebene anstehenden Grundwassers (ca. +37,86 m NHN – Stand 03/2015) gegeben ist. Die Einwirkungstiefe der in den Fundamenten durchzuführenden Verdichtung sollte mindestens 0,5 ÷ 0,8 m betragen. Eine mindestens mitteldichte Lagerung in der Aushubsohle $D_{Pr} > 95\%$ ist zu fordern.

Auf dieser Ebene ist ein Gründungspolster bis zur geplanten Gründungsebene aufzubauen. Für das Gründungspolster sollten zur Gewährleistung der Frostsicherheit nur gut abgestufte und frostsichere (F 1-Böden) Sand-Kies-Gemische SE, SW bis GE/GW verwendet werden. Bei Verwendung von Recyclingmaterial sollte ein Nachweis zur Frostsicherheit des verwendeten Materials vorliegen. Der Einbau des

Gründungspolsters muss lagenweise bei entsprechender Verdichtung erfolgen. Für das gesamte Gründungspolster ist eine Verdichtung von mindestens $D_{Pr} \geq 98\%$ zu fordern. Beim Polstereinbau muss der Lastausbreitungswinkel 1:2 eingehalten werden. Eine entsprechende Flächenvergrößerung des Polsters ist vorzunehmen.

8.3 Tiefgründung der Fundamente

8.3.1 Tiefgründung mittels Verpresspfählen

Mittels Verpresspfählen können Bauwerklasten in die tiefer liegenden tragfähigen Horizonte eingeleitet werden.

Angaben zur Herstellung, Bemessung und Tragfähigkeit von Verpresspfählen sind den Normen:

- DIN EN 1997-1, Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik,
- DIN 1054 (2010-12) – Baugrund – Standsicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- Empfehlung des Arbeitskreises „Pfähle“ EA-Pfähle und
- EN 14199 (Januar 2012) - Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten - Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle) -
- DIN SPEC 18537 (2012-02) Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2001-01, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker

zu entnehmen.

Die Krafteinleitungslänge der Verpresspfähle muss im ausreichend tragfähigen Baugrund liegen und mindestens 3,0 m betragen. Der tragfähige Baugrund im Sinne der DIN 1054/EC7 steht im betreffenden bebauten Bereich ab ca. 4,0 m unter Gelände (ca. +37,27 m NHN) an.

Die Mikropfähle haben in der Regel einen Durchmesser von 150 mm bis 250 mm. Der Verpresspfahl gibt im Krafteinleitungsbereich die Last über Mantelreibung ab. Die Achsabstände der Pfähle im Bereich der Krafteinleitungsstrecke sollten mindestens 0,8 m betragen.

Für die Ermittlung der Tragfähigkeit und Krafteinleitungslänge des Pfahles können die Werte der EA-Pfähle, Pkt. 5.4.9.4, Tabelle 5.29 - Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für verpresste Mikropfähle in nichtbindigen Böden angesetzt werden. Für die innere

Tragfähigkeit ist die bauaufsichtliche Zulassung für GEWI-Pfähle heranzuziehen. Pro Pfahl kann eine Gebrauchslast von bis zu 1.100 kN aufgenommen werden. Die Weiterleistung in den Boden muss mit den o. g. Kennwerten nachgewiesen werden. Zum Nachweis der Kraffteinleitung in den Pfahl über die Kopfplatte oder Verbund kann die Zulassung herangezogen werden.

Das zu erwartende Setzungsmaß für die auf Verpresspfählen gegründeten Bauwerke liegt bei zulassungskonformem Einbau unterhalb von 2,0 cm.

Werden die Pfahlbemessungen nicht nach den v. g. Normen vorgenommen und liegen keine Erfahrungen aus vergleichbaren Verhältnissen vor, so sollten Pfahlprobelastungen vor Ort durchgeführt werden. Diese Empfehlung gilt auch wenn höhere Tragfähigkeiten erwartet werden.

Das aktuelle GW-Niveau liegt bei ca. 3,5 m unter Gelände (Stand März 2015). Bei der Ausführung oberflächennaher Fundamente ist für die Tiefgründungsmaßnahme mittels Verpresspfählen keine Wasserhaltung erforderlich. Die Zustimmung der Umweltbehörde gemäß WHG §§ 8, 9 und 49 zum Einbringen von Fremdstoffen in das Grundwasser muss jedoch eingeholt werden. Lage/Anordnung, Länge, Durchmesser und Anzahl der herzustellenden Verpresspfähle sowie Beschreibung der einzupressenden Suspension ist der zuständigen Wasserbehörde vorzulegen.

Der Herstellpreis für Verpresspfähle liegt zurzeit bei ca. 100 €/m bis 150 €/m.

Die bisherigen Untersuchungen sind lediglich bis 10,0 m unter Gelände durchgeführt worden. Sollte eine Tiefgründung ausgeführt werden, so sind nach Vorlage der Vorstatik ergänzende Bodenuntersuchungen bis 3,0 m unterhalb der dort ermittelten Endteufe des Pfahles durchzuführen.

8.3.2 Tiefgründung mittels Ramppfähle aus duktilem Gusseisen

Bei diesem Verfahren wird durch das Einrammen von Gusspfahlelementen (Segmentlänge = 5,0 m), die zu beliebigen Längen gestoßen werden können, der nicht tragfähige Boden überbrückt. So entstehen beim Einschlagen der Gussrohre mit relativ kleinen Querschnitten (118 bzw. 170 mm) nur sehr geringfügige Erschütterungen. Aufgrund der relativ kurzen Elemente entsprechen die für den Transport und der Ausführung notwendigen Baufahrzeuge den üblichen im Straßenverkehr zugelassenen Fahrzeugen und benötigen nur eine relativ keine Baustelleneinrichtung.

Der Pfahl wird auf die jeweilige Pfahltragfähigkeit erforderliche Tiefe gerammt, wobei der Eindringwiderstand als Kriterium für die Tragfähigkeit der angefahrenen Bodenschichten herangezogen wird.

Aufgrund der fehlenden bindigen Böden können die duktilen Pfähle verpresst werden. Die fertig gerammten Pfähle werden mit Beton (C 20/25 oder C 25/30) ausgefüllt und der Pfahlkopf mit einer für die Abtragung der Bauwerkslasten erforderlichen Anschlussbewehrung versehen.

Im Abhängigkeit der Art, Durchmesser und Betonverfüllung der Gusspfähle kann eine Querschnittstragfähigkeit von bis zu ca. 1.600 kN erreicht werden.

Angaben zur Herstellung, Bemessung und Tragfähigkeit von duktilen Pfählen sind der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung (bspw. der Fa. TRM Tiroler Rohre GmbH, Z- 34.25-230 vom 04.11.2013) geregelt.

Der Herstellpreis für duktile Pfähle liegt zurzeit bei ca. 60 €/m.

8.3.3 Tiefgründung mittels Fundexpfählen

Der FUNDEX-Pfahl ist ein erschütterungsfrei hergestellter Ortbeton-Verdrängungspfahl im Sinne der DIN 4014 (Sonderpfahl). Er bedarf keiner besonderen Zulassung. Die Standardmaße der FUNDEX-Pfähle betragen 380 mm bzw. 440 mm mit einem Pfahlfuß von 450 mm bzw. 560 mm. Das Vortreiberrohr, das durch eine wendeförmig abgestufte Spitze verschlossen ist, wird in den Boden bis zur erforderlichen Tiefe gedreht und gedrückt. Der Boden wird dabei vollständig verdrängt. Nach Erreichen der Endtiefe wird in das Vortreiberrohr der Bewehrungskorb gestellt und das Rohr parallel zur Betonage gezogen. Dabei verbleibt die Pfahlspitze zur Lastübertragung im Boden.

Die üblichen charakteristischen Pfahlwiderstände im Gebrauchszustand liegen in Abhängigkeit der Baugrundverhältnisse und Durchmesser zwischen 0,5 und 1,5 MN.

Der Herstellpreis für Fundexpfähle liegt zurzeit bei ca. 90 €/m.

8.3.4 Tiefgründung mittels Brunnengründung

Brunnengründungen sind tiefliegende Flächengründungen. Die erforderliche Größe der Grundfläche des Einzelbrunnens errechnet sich aus den abzutragenden Lasten und zulässigen Sohlspannungen.

Beim Aushub des Bodens unter Wasser muss der Wasserspiegel im Brunnen ständig über den Grundwasserstand liegen, da sonst die Gefahr eines hydraulischen Grundbruches durch eingespülten Boden besteht.

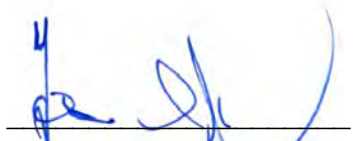
Es sollten Brunnenringe mit einem Durchmesser $> 1,5$ m zur Ausführung kommen. Eine Schiefstellung während des Aushubes ist zu vermeiden. Es wird der Einsatz eines Rundgreifers empfohlen. Der unter Wasser einzubauende Beton ist mittels Contractor- Verfahren vorzunehmen.

Die Leistung wird durch zertifizierte Brunnenbaufirmen ausgeführt.


9 ERGÄNZENDE HINWEISE

- Aufschlüsse im Boden sind als Stichprobe zu bewerten. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt. Sollten sich im Verlauf der Arbeiten die Bodenverhältnisse anders als von uns beschrieben darstellen, so müssen die Änderungen und Schlussfolgerungen zum Baugrund in diesem Bericht überprüft, ggf. verifiziert und angepasst werden.
- Wir empfehlen nach Vorlage der Lasten das tatsächliche Setzungsmaß zu ermitteln.

Für ergänzende Erläuterungen zum vorliegenden Gutachten stehen wir gerne zur Verfügung.



ppa. Dipl.-Ing. J.-A. Patron



M. Sc. C. Eberlein

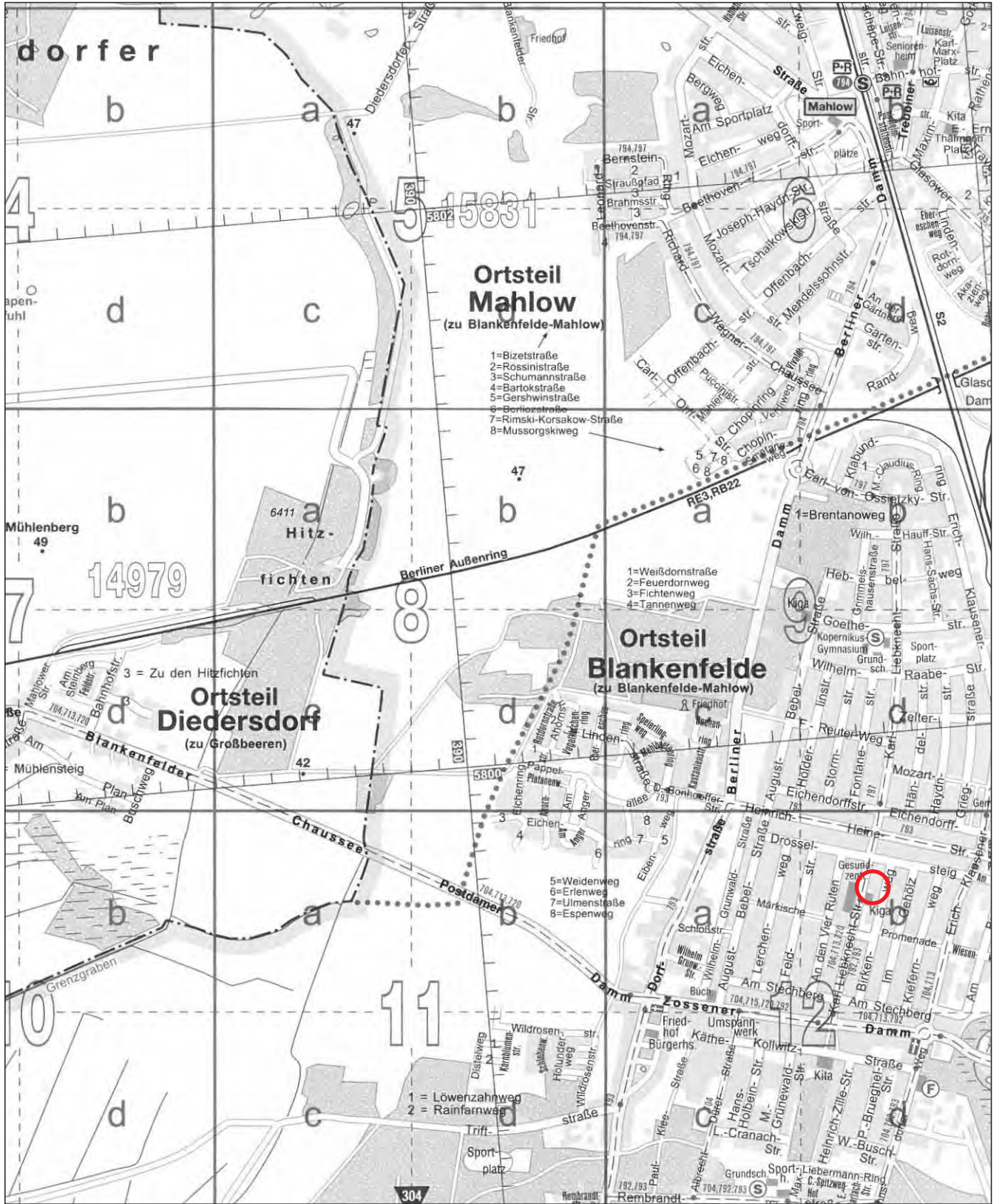
VERZEICHNIS DER ANLAGEN

	Seiten- anzahl
1 Übersicht	1
2 Planungsunterlagen	
2.1 Lageplan, Grundriss, Ansichten und Schnitt	2
2.2 Ausführungsvarianten der Klimahülle	2
2.3 Aufsichten der Ausführungsvarianten für die Klimahülle	3
3 Baugrund	
3.1 Ergebnisse der Archivrecherche und der Altaufschlüsse	3
3.2 Lage der Baugrunduntersuchungen (März 2015)	1
3.3 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen (März 2015)	2
4 Laboruntersuchungen	
4.1 Kornverteilungskurven nach DIN 18 123	1

ANLAGE 1



ÜBERSICHT M 1 : 20.000



Quelle: K5 RD / DVD 122, Stand: Januar 2012, Bezirksämter von Berlin und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung III, Maßstab 1:5000

ANLAGE 2

ANLAGE 2.1

Legende

- abgemerkter Grenzpunkt
- Flurstücksgrenze
- Hecke
- Zaun
- Mauer / Stützmauer
- Grenze des Baugrundstückes
- Wi Wirtschaftsgebäude
- Whs I Wohnhaus mit Geschößzahl
- KIGA I Kindergarten mit Anzahl der Vollgeschosse
- Schp Schuppen
- Ga Garage
- Winterg Wintergarten
- SD Satteldach
- WD Walmdach
- PD Pultdach
- H Holz
- m massiv (2,5) Gebäudehöhen relativ
- Z Ziegel 42,48 Gebäudehöhen ü. DHNN 92
- Wa Wellasbest 42,48 Gebäudehöhen
- Bl Blech
- Wp Wellpappe
- ▲ Haupteingang
- SB Straßenbeton
- BB Bituminöser Belag
- BVP Betonsteinpflaster
- PB Betonplatten
- ☀ Nadelbaum
- ☀ geplante Baumfällung
- ☀ Laubbaum
- ☀ Straßenabfluß
- ⊗ 42,48 Schacht, rund/eckig mit Höhenangabe
- ⊗ Wasserschieber
- ⊗ Wasserhahn
- HA Elektrohausanschluß
- ⊗ Unterflurhydrant
- ⊗ Verkehrszeichen
- ⊗ Laterne
- ⊗ Wegbegrenzer
- ⊗ Schalkasten

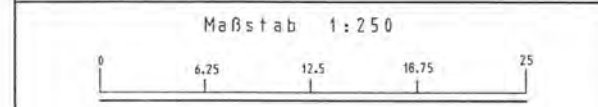
Leistung: Teflow-Flämung
 Untere Bauphase
 E. Escher
 vom 20.05
 42 6301/004/2105
 2105
 Unterschrift

Projektunterlagen (Grundrisse, Ansichten, Schnitte) des Architekten - Stand 25.02.03

Hinweis: Laut Vermessungs- und Liegenschaftsgesetz ist der Eigentümer nach Fertigstellung des Gebäudes verpflichtet, dieses durch die Katasterbehörde oder einem ObVI einmessen zu lassen.

Es kann keine Gewähr dafür übernommen werden, daß das dargestellte Baugelände frei von unterirdischen Leitungen und Bauwerken ist. Sofern der Plan nicht innerhalb eines Jahres nach Fertigstellung verwendet wird ist eine Überprüfung insbesondere der Höhenangaben erforderlich.

Vermessungsbüro Jänicke
 Öffentlich best. Vermessungsingenieur
 Dipl.-Ing. Christian Jänicke
 Bahnhofstraße 56 15827 Dannewitz
 Tel. 0337401 5001-8 Fax 5001-19
 E-Mail: vermessung.jaenicke@t-online.de



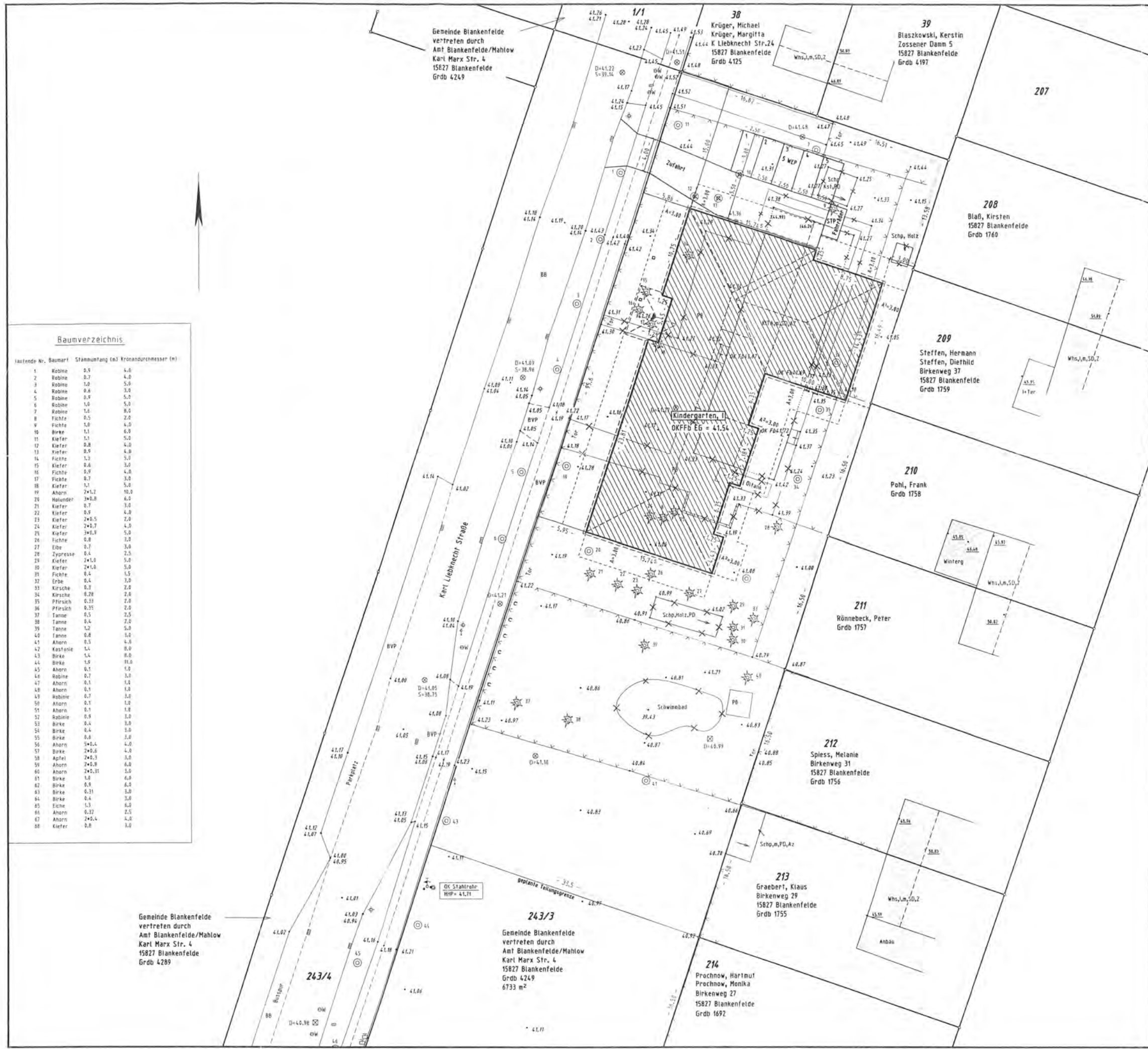
Amtlicher Lageplan zum Bauantrag
 Gemarkung: Blankenfelde
 Karl Liebknecht Straße

Flur 14, Flurstück 243/3 Teilstück	
Bauherr: Wohnungs-Verwaltungs- u. Baugesellschaft mbH Blankenfelde Moeselstraße 45 a 15827 Blankenfelde	Architekt: Dipl. Ing. Günter Nussinke Freier Architekt VDA Santiststraße 139 12277 Berlin
Unterschrift: <i>[Signature]</i>	Unterschrift: <i>[Signature]</i>
Örtliche Messung vom: 22.01.2003	Ich übernehme die Verantwortung für die Richtigkeit Dannewitz, den 27.05.2003
Katasternachweis vom: 15.01.2003	
Höhenbezug: DHNN 92	
Änderungen / Ergänzungen	
Nr. Datum	
1. 16.04.2003	Einordnung gepl. Geb. zur Grenze
2. 27.05.2003	Eintrag Zufahrt + Stellplätze
3.	
4.	
Stempel / Unterschrift	
CAD 16 Plan-Nr. 3CJ004AL4.PIC	03 CJ 004 ALP

Urheberrechtlich geschützt!
 Dieser Plan darf ohne schriftliche Genehmigung weder vervielfältigt, Dritten zugänglich noch zu einem anderen, als dem vereinbarten Zweck verwendet werden.

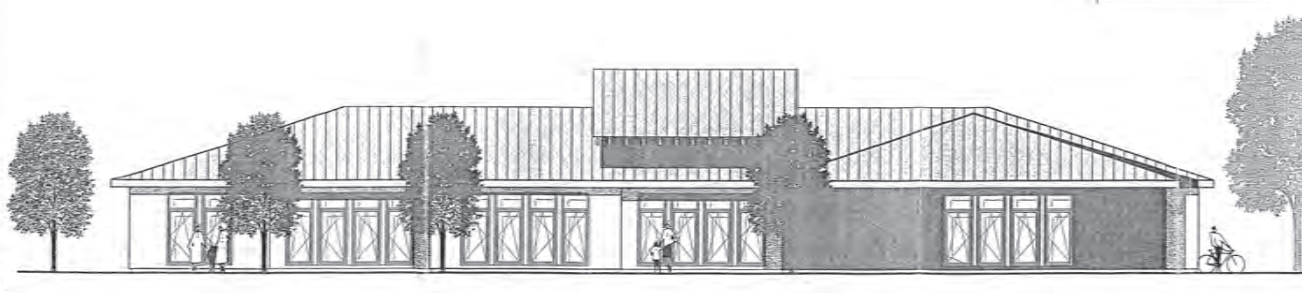
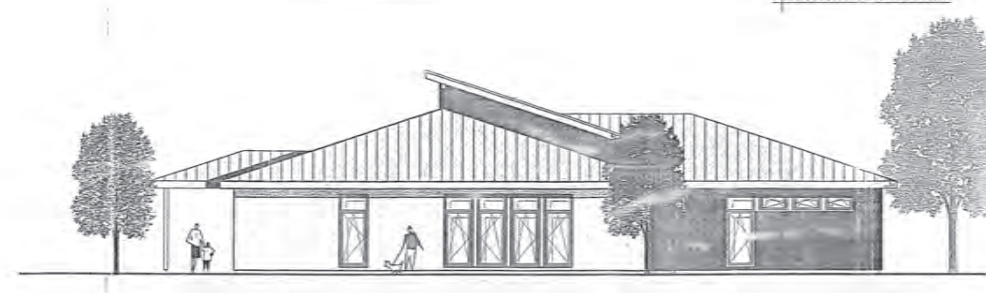
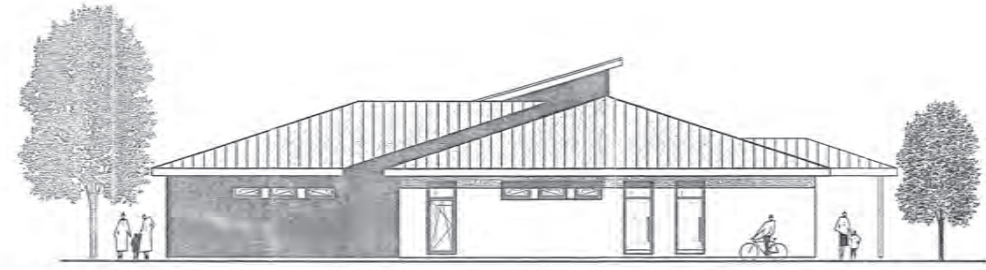
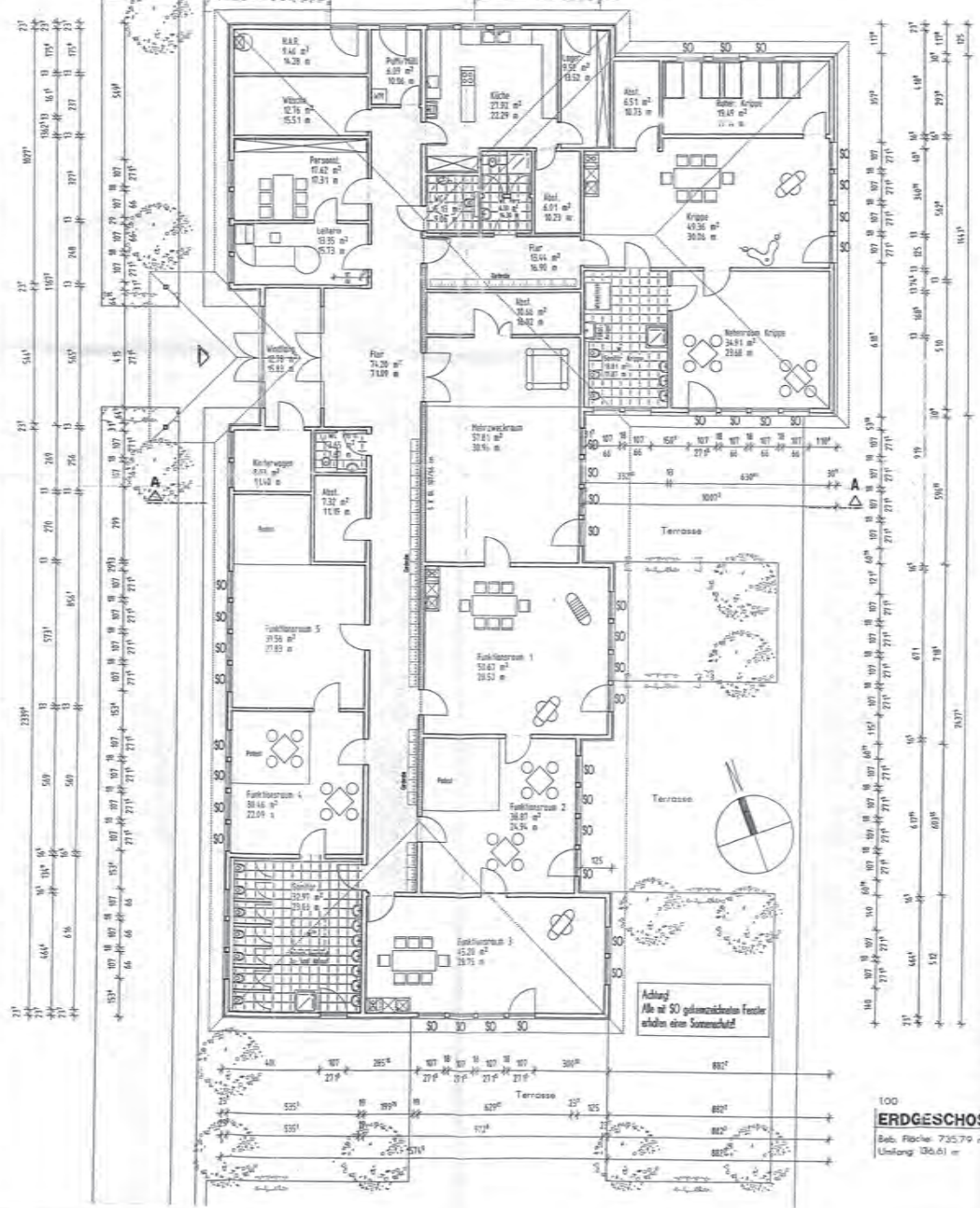
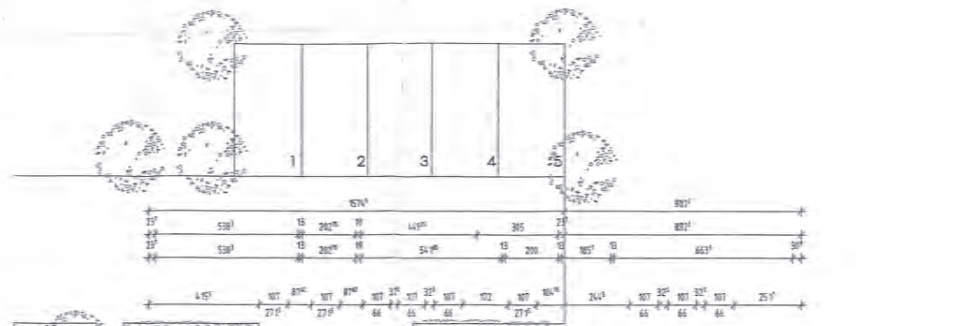
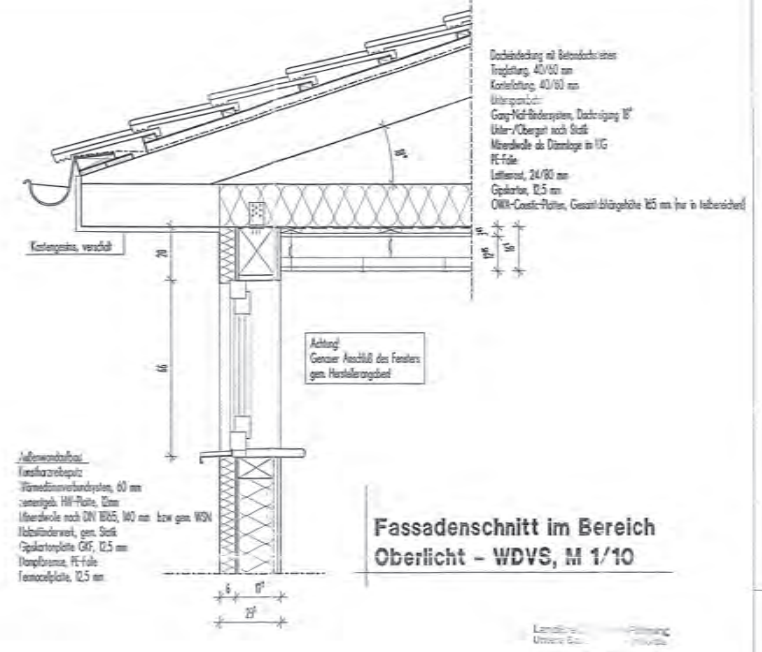
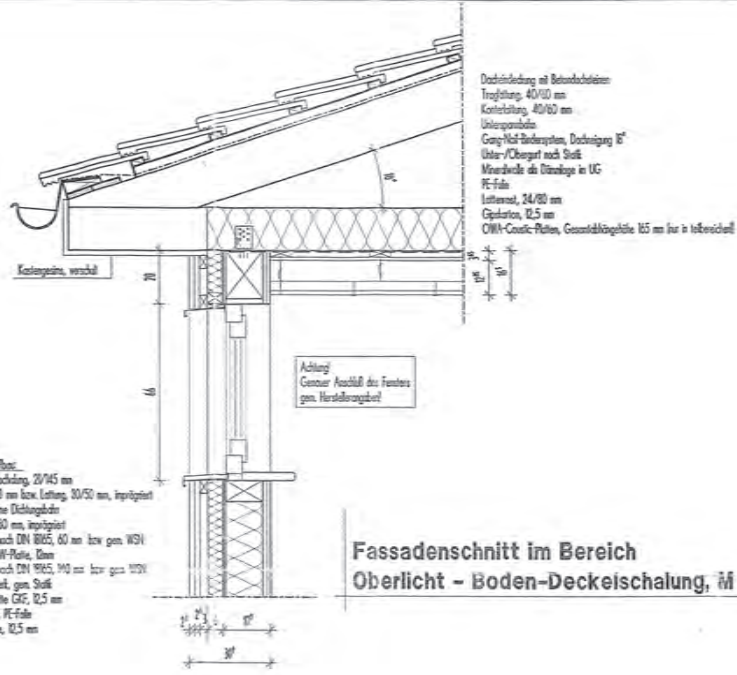
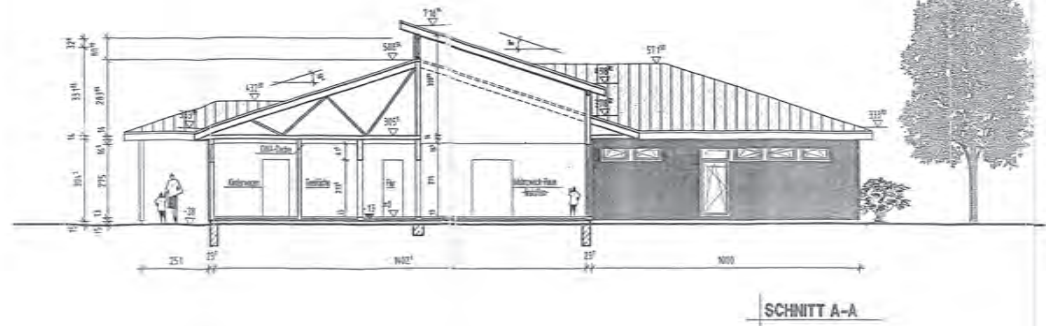
Baumverzeichnis

laufende Nr.	Baumart	Stammumfang (cm)	Kronendurchmesser (m)
1	Robine	0,9	4,0
2	Robine	0,7	4,0
3	Robine	1,0	5,0
4	Robine	0,8	3,0
5	Robine	0,9	5,0
6	Robine	1,0	5,0
7	Robine	1,5	8,0
8	Fichte	0,5	2,0
9	Fichte	1,0	4,0
10	Birke	1,1	4,0
11	Kiefer	1,1	5,0
12	Kiefer	0,8	4,0
13	Kiefer	0,9	4,0
14	Fichte	1,2	5,0
15	Kiefer	0,8	3,0
16	Fichte	0,9	4,0
17	Fichte	0,7	3,0
18	Kiefer	1,1	5,0
19	Ahorn	24,2	10,0
20	Hainbuche	24,8	6,0
21	Kiefer	0,7	3,0
22	Kiefer	0,9	4,0
23	Kiefer	24,5	2,0
24	Kiefer	24,7	4,0
25	Kiefer	24,9	5,0
26	Fichte	0,8	3,0
27	Eibe	0,7	3,0
28	Zypresse	0,4	2,5
29	Kiefer	24,0	5,0
30	Kiefer	24,0	5,0
31	Fichte	0,4	1,5
32	Erde	0,4	3,0
33	Kirsche	0,3	2,0
34	Kirsche	0,28	2,0
35	Pflaume	0,33	2,0
36	Pflaume	0,35	2,0
37	Tanne	0,5	2,5
38	Tanne	0,4	2,0
39	Tanne	1,2	5,0
40	Tanne	0,8	3,0
41	Ahorn	0,5	4,8
42	Kastanie	1,4	8,0
43	Birke	1,4	8,0
44	Birke	1,9	10,0
45	Ahorn	0,1	1,0
46	Robine	0,7	3,0
47	Ahorn	0,1	1,0
48	Ahorn	0,1	1,0
49	Robine	0,7	3,0
50	Ahorn	0,1	1,0
51	Ahorn	0,1	1,0
52	Robine	0,9	3,0
53	Birke	0,4	3,0
54	Birke	0,4	3,0
55	Birke	0,8	3,0
56	Ahorn	24,4	4,0
57	Birke	24,6	4,0
58	Apfel	24,5	3,0
59	Ahorn	24,9	4,0
60	Ahorn	24,31	3,0
61	Birke	1,8	6,0
62	Birke	0,9	6,0
63	Birke	0,31	3,0
64	Birke	0,4	3,0
65	Eiche	1,3	4,0
66	Ahorn	0,32	2,5
67	Ahorn	24,4	4,0
68	Kiefer	0,8	3,0



Gemeinde Blankenfelde vertreten durch Amt Blankenfelde/Mahlow Karl Marx Str. 4 15827 Blankenfelde Grdb 4289

Gemeinde Blankenfelde vertreten durch Amt Blankenfelde/Mahlow Karl Marx Str. 4 15827 Blankenfelde Grdb 4249 6733 m²



Netto-Grundrissfläche (P8538) Whge- u. BouGmbH Blankenfeld

ZEICHNUNG: DATUM/ZEIT: 24.04.2003 11:43
 ERSTELLER: G. NOSSINSKE

BEZUEHNUNG	FUNKTION	ANZ.	GRUNDFLÄCHE
1.01	Kindflanz	1	12,76 m ²
1.02	Fur	1	74,20 m ²
1.03	Leitern	1	13,35 m ²
1.04	Personen	1	17,62 m ²
1.05	Wäsche	1	12,76 m ²
1.06	H.K.R.	1	9,46 m ²
1.07	Pull-/Müll	1	6,09 m ²
1.08	Küche	1	27,92 m ²
1.09	Lager	1	9,52 m ²
1.10	Abst.	1	6,01 m ²
1.11	WC	1	5,15 m ²
1.12	WC Pers.	1	6,32 m ²
1.13	Krippe	1	45,36 m ²
1.14	Abst.	1	6,51 m ²
1.15	Schlür Krippe	1	18,81 m ²
1.16	Ruher Krippe	1	19,49 m ²
1.17	Nebenraum Krip	1	34,91 m ²
1.18	Abst.	1	10,66 m ²
1.19	Nebenraum	1	57,81 m ²
1.20	Funktionsraum	1	50,60 m ²
1.21	Funktionsraum	1	36,87 m ²
1.22	Funktionsraum	1	45,20 m ²
1.23	Schlür	1	32,97 m ²
1.24	Funktionsraum	1	30,46 m ²
1.25	Funktionsraum	1	39,56 m ²
1.26	Abst.	1	7,32 m ²
1.27	WC Pers.	1	3,65 m ²
1.28	Kindertwagen	1	6,03 m ²
SUMME			655,35 m ²

**NEUBAU EINER KINDERTAGESSTÄTTE FÜR 80 KINDER
 KARL-LIEBKNECHT-STR. 20A
 15827 BLANKENFELDE**

Bauherr: Wohnungsverwaltungs- und Baugesellschaft Blankenfelde-Beag
 Mosestraße 43a, 15827 Blankenfelde

Architekt: Dipl.-Ing. Günter Nossinske -Freier Architekt VDA-
 Schützstraße 139, 12277 Berlin

Projektleitung:

Projekt: (P8538) Whge- u. BouGmbH Blankenfelds
 Standort: Grundriss, Ansichten und Schnitt

Projektnummer: Forst: 51W A3

Datum: 24.04.03
 Maßstab: 1/100
 Bearbeiter: S. St.-S.

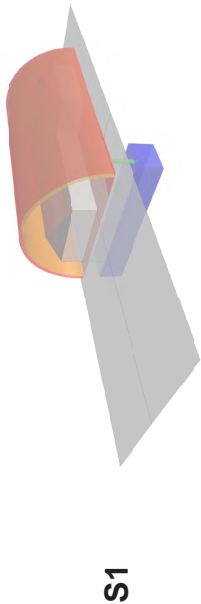
Plan: 7

023208(12) Grundriss, Ansichten u. Schnitt

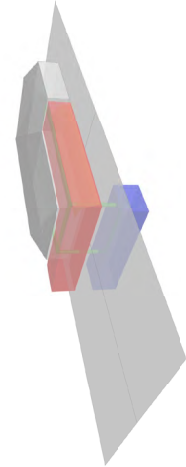
ANLAGE 2.2

5 Varianten

System

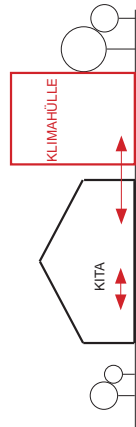
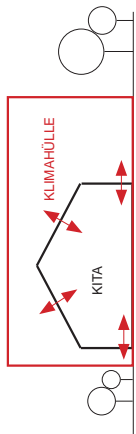


S1



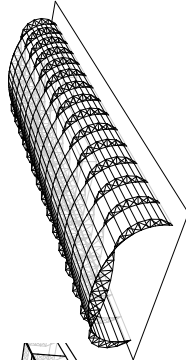
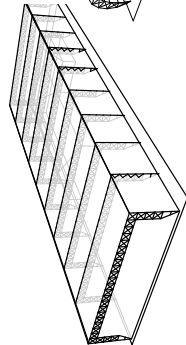
S2

Variante

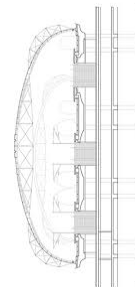
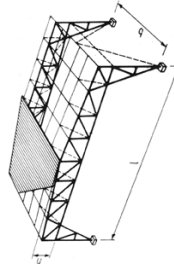


1.1 Rahmen

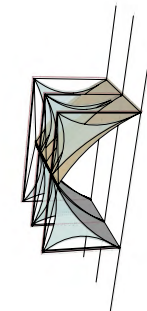
1.2 Korbboogen



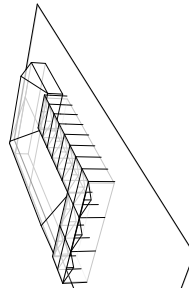
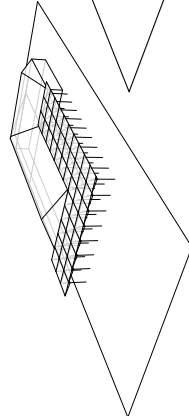
Tragwerk



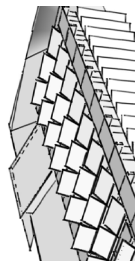
Module



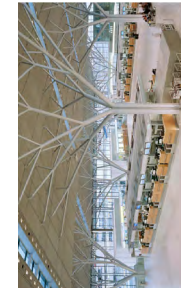
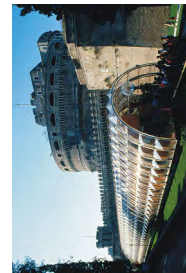
3.1 Schirme



3.2 Faltung

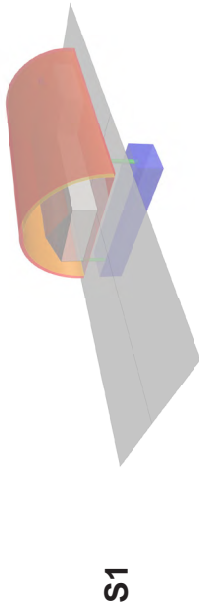


Beispiele

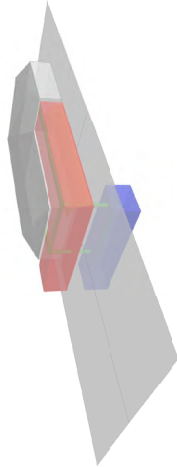


5 Varianten

System

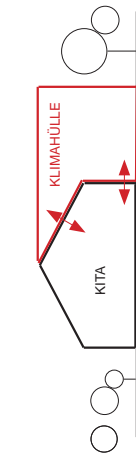
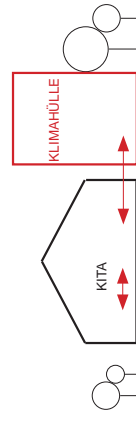
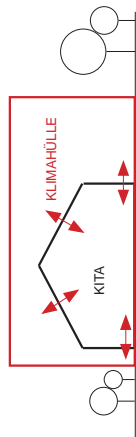


S1



S2

Variante



1.1 Rahmen

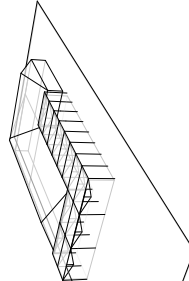
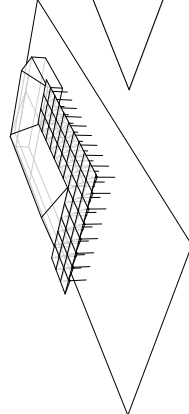
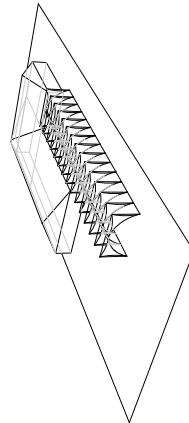
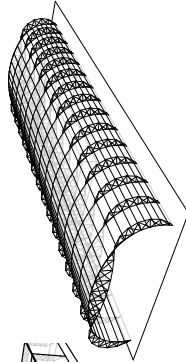
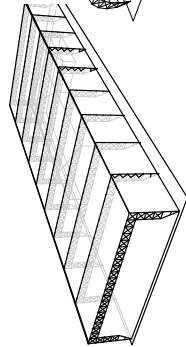
1.2 Korbbogen

2.1 Rahmen

3.1 Schirme

3.2 Faltung

Tragwerk



Stahlfachwerkrahmen

Klimatechnik-Ebene

Glaseindeckung oben
Schallmembran unten

Fläche: 2.150 m²

Raum: 19.500 m³

Klimaschicht: 9.000m³

Stahlbögen I-Träger

unter und überspannt
mit Stahlseilbindern

Glaseindeckung oben
Schallmembran unten

Fläche: 1.950 m²

Raum: 25.200 m³

Klimaschicht: 1.530 m³

Holzrahmen / Segel

Holz mit beweglicher
Membran und
Schallmembran
(Glaseindeckung) oben
Schallmembran unten

Fläche: 400 m²

Raum: 1.050 m³

Klimaschicht: 750m³

Stahlrundstützen

wandelbare Membranschirme
in Baumstütze

Glaseindeckung oben
Schallmembran unten

Fläche: 400 m²

Raum: 1.400 m³

Klimaschicht: 600 m³

Stahlrahmen

Rechteckhohlprofile
unterspannt mit Stahlseilbindern

Glaseindeckung oben
Schallmembran unten

Fläche: 400 m²

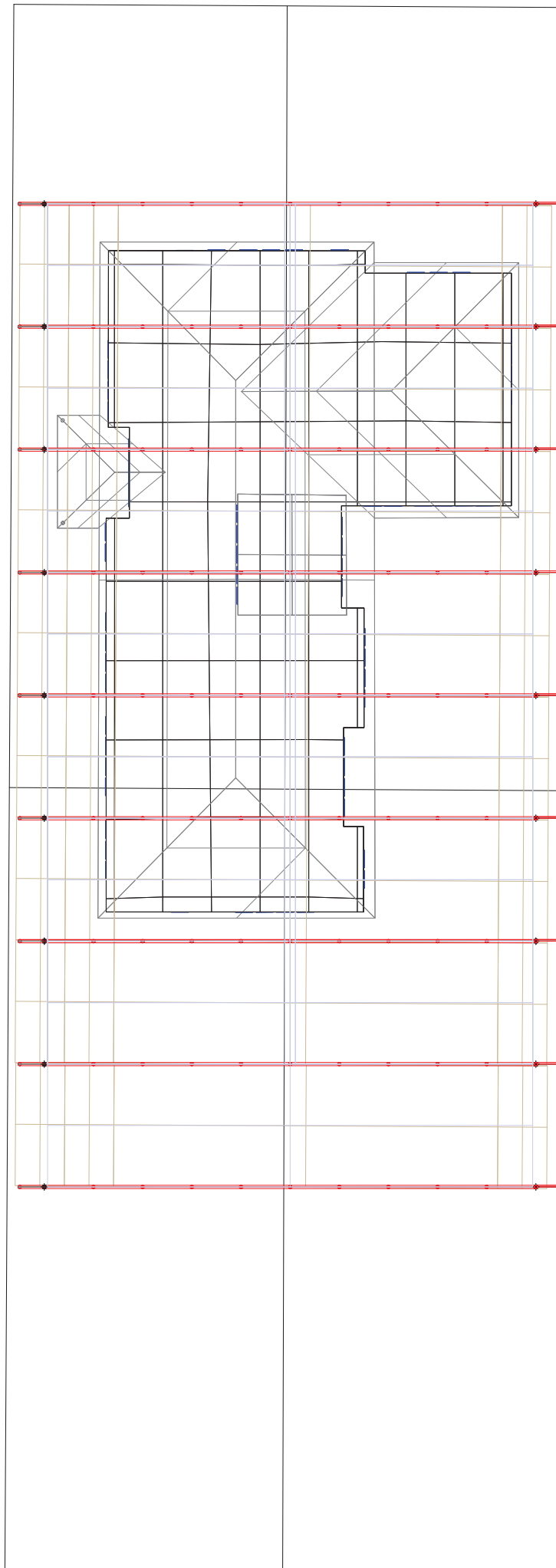
Raum: 1.800 m³

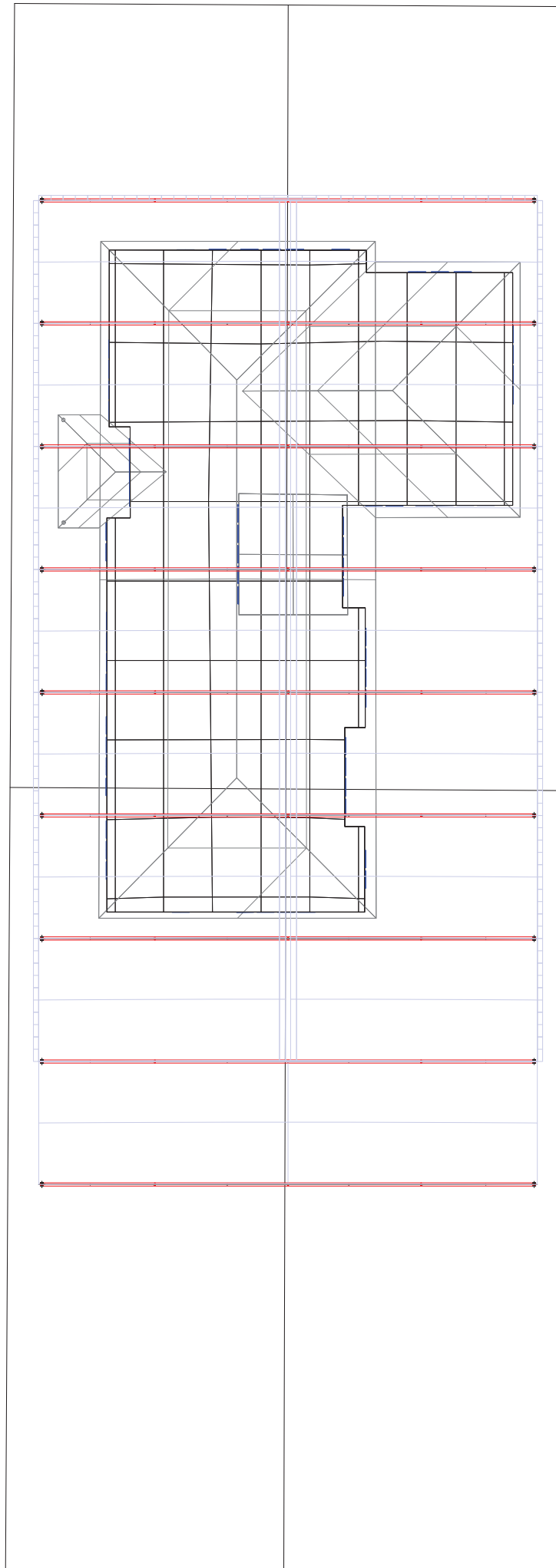
Klimaschicht: 600m³

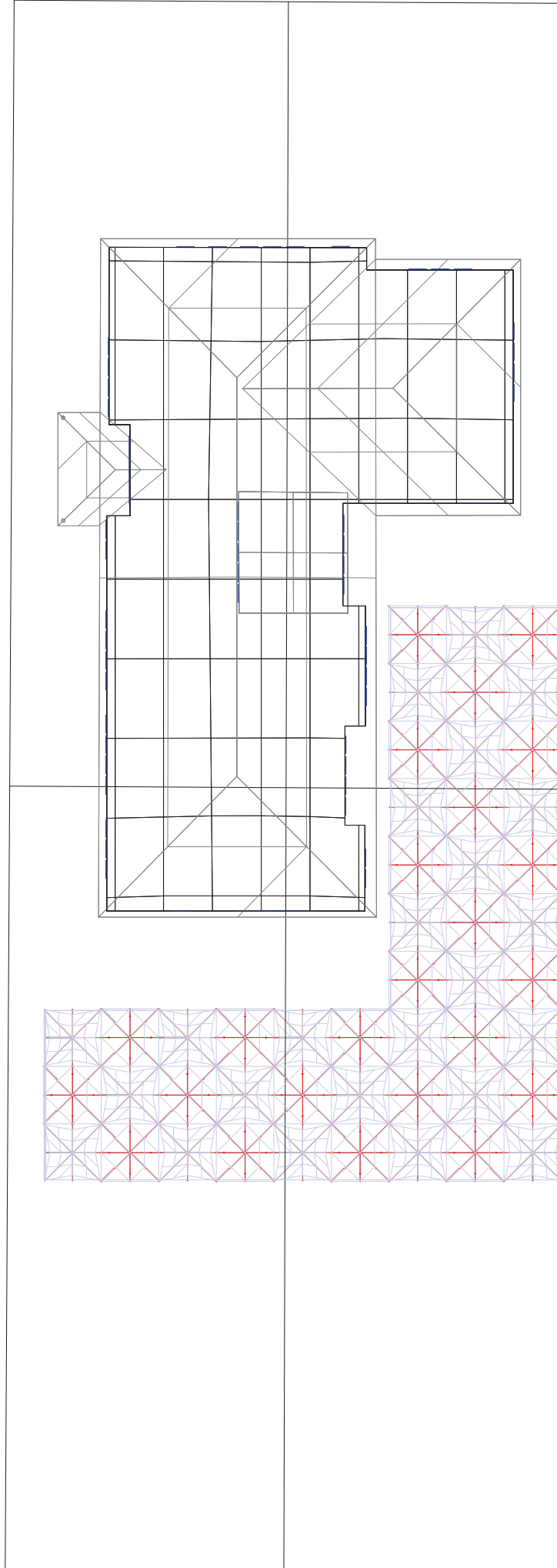
Materialität

Volumen

ANLAGE 2.3







ANLAGE 3

ANLAGE 3.1

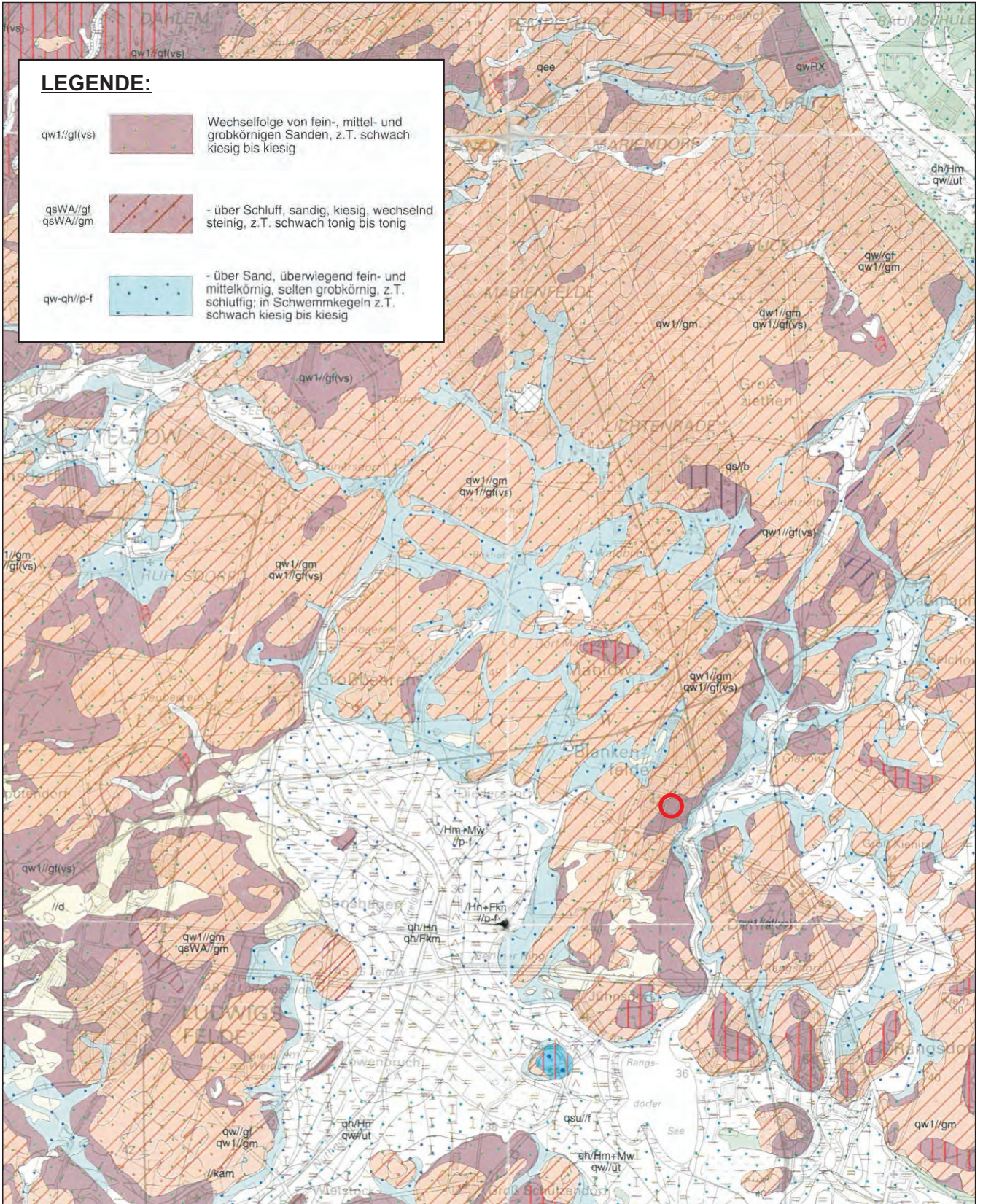


AUSZUG AUS GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE VON 1995
M 1 : 100.000



LEGENDE:

- qw1//gf(vs)  Wechselfolge von fein-, mittel- und grobkörnigen Sanden, z.T. schwach kiesig bis kiesig
- qsWA/gf
qsWA/gm  - über Schluff, sandig, kiesig, wechselnd steinig, z.T. schwach tonig bis tonig
- qw-gh//p-f  - über Sand, überwiegend fein- und mittelkörnig, selten grobkörnig, z.T. schluffig; in Schwemmkegeln z.T. schwach kiesig bis kiesig





AUSZUG AUS TOPOGRAPHISCHER STADTPLAN VON 1988
M 1 : 10.000



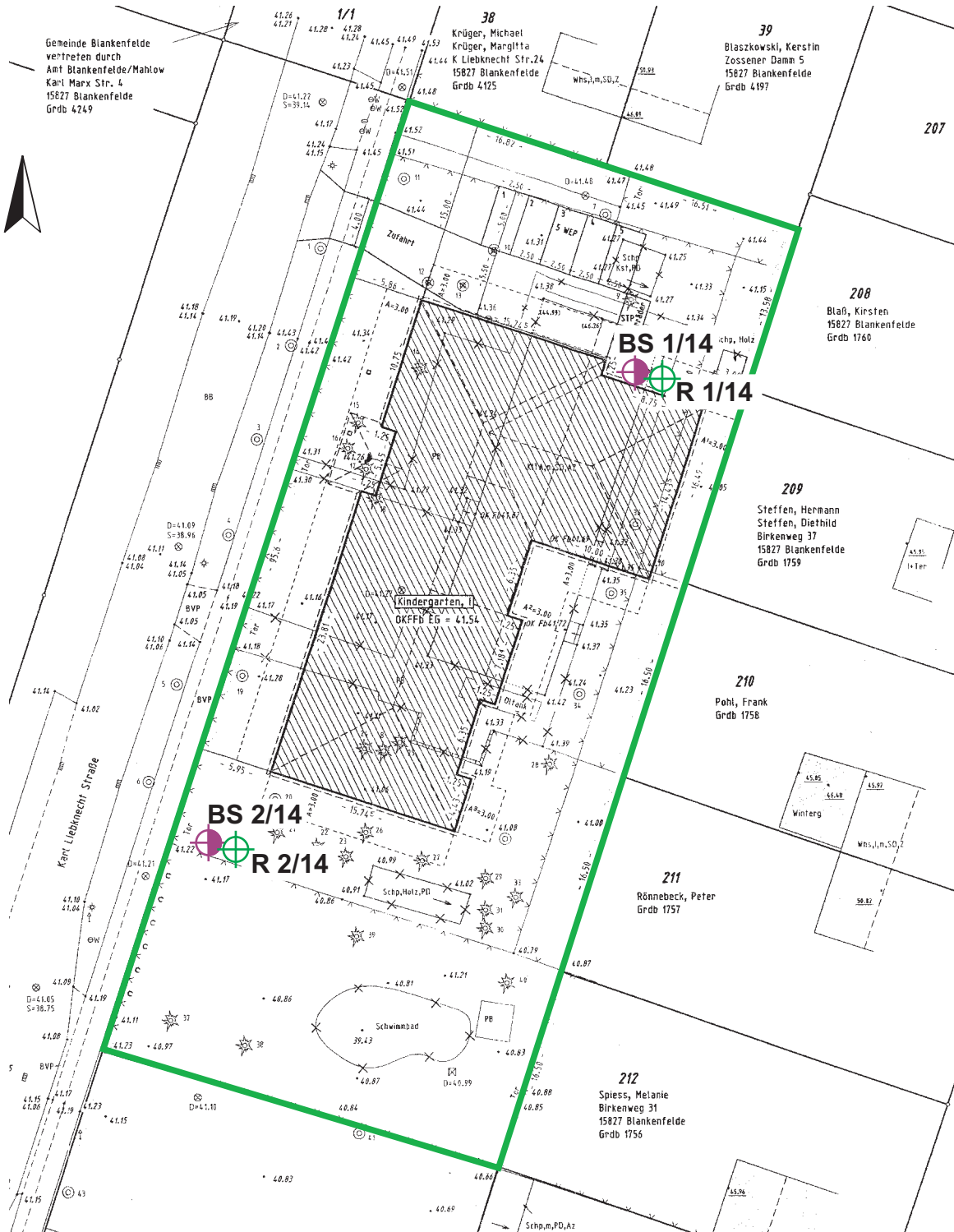
Altgutachten G 214/95

Karl-Liebkecht-Straße 24



ANLAGE 3.2



Lage- und Aufschlussplan M 1 : 500



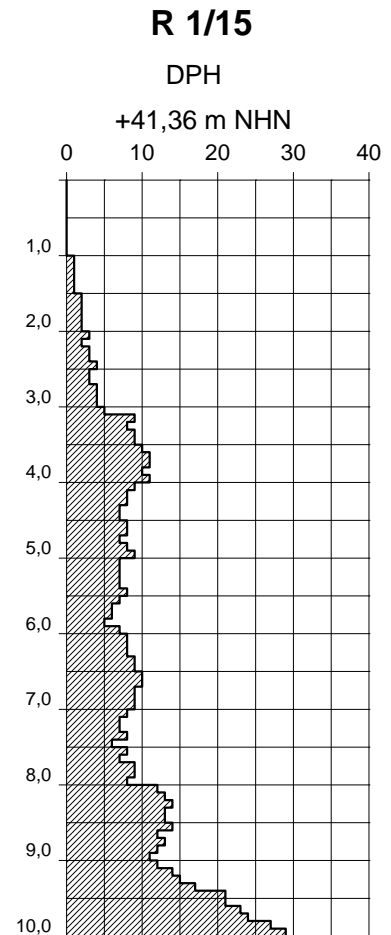
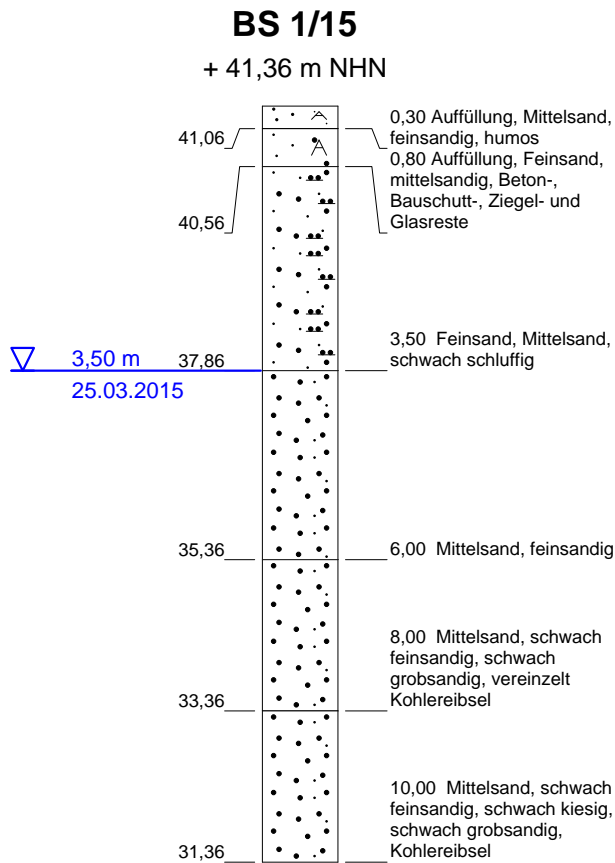
LEGENDE:

-  (BS 1/14) Kleinbohrung (Rammkernsondierung)
-  (R 1/14) Rammsondierung mit der schweren Rammsonde

ANLAGE 3.3



Ergebnisse der Aufschlüsse



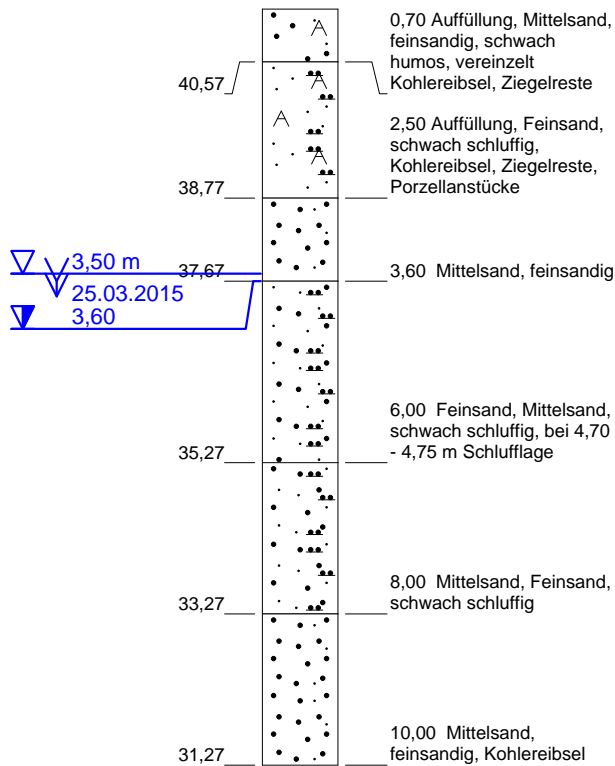
Höhenmaßstab: 1:100



Ergebnisse der Aufschlüsse

BS 2/15

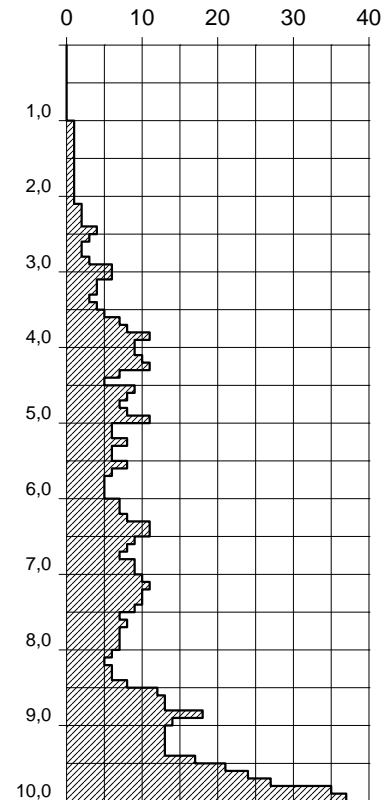
+ 41,27 m NHN



R 2/15

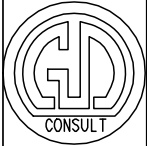
DPH

+41,27 m NHN



Höhenmaßstab: 1:100

ANLAGE 4

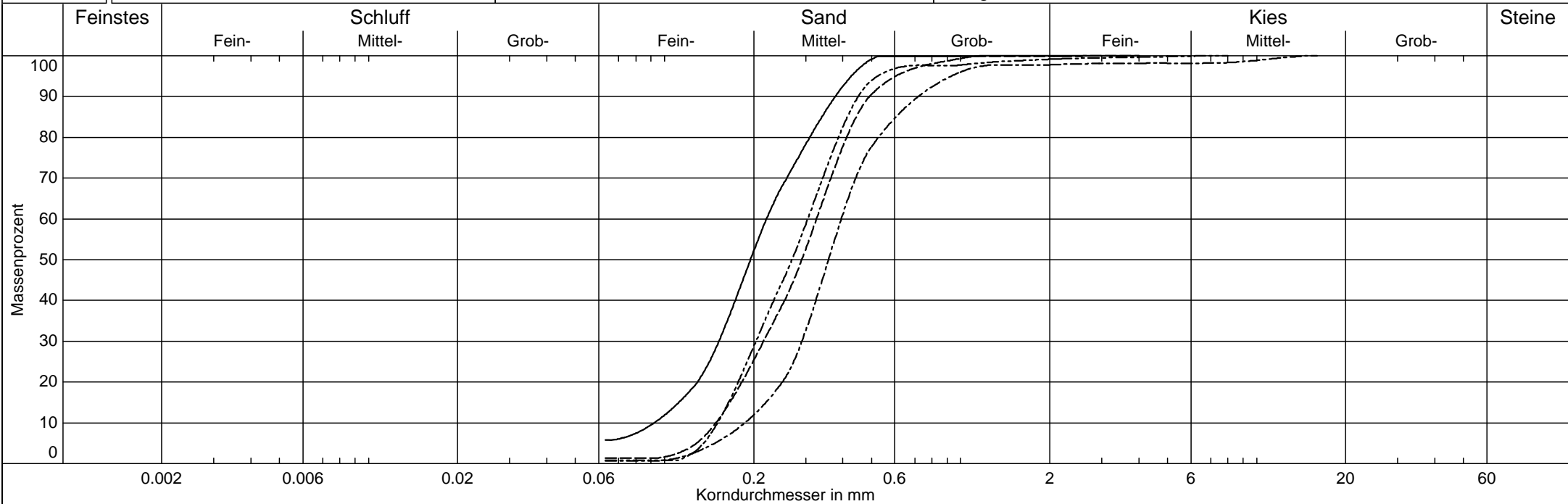


GuD Geotechnik u. Dynamik GmbH
 Darwinstr. 13
 10589 Berlin
 Tel/Fax: 7890890 / 78908989

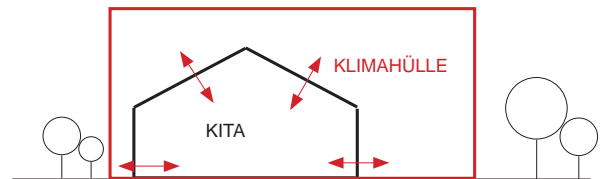
Kornverteilung

DIN 18 123-5

Projekt : Kita Blankenfelde/Mahlow - Klimahülle
 Projektnr.: G 19/14
 Datum : 08.04.2015
 Anlage : 4.1



Labornummer	———— BS1/15-3,5	----- BS1/15-6,0	----- BS1/15-8,0	----- BS2/15-10,0	
Entnahmestelle	BS 1/15	BS 1/15	BS 1/15	BS 2/15	
Entnahmetiefe	0,80 - 3,50 m	3,50 - 6,00 m	6,00 - 8,00 m	8,00 - 10,00 m	
Ungleichförm. U	U = 2.4	U = 2.2	U = 2.1	U = 2.0	
Krümmungszahl Cc	Cc = 1.1	Cc = 1.0	Cc = 1.1	Cc = 0.9	
Bodenart	mS+fS,u'	mS,fs	mS,gs',fs'	mS,fs	
Bodengruppe	SU	SE	SE	SE	
d10 / d60	0.092/0.221 mm	0.149/0.326 mm	0.187/0.395 mm	0.151/0.305 mm	
Frostempfindl.klasse	F1	F1	F1	F1	
Anteil < 0.063 mm	5.7 %	1.4 %	0.7 %	0.8 %	
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/5.7/94.3/0.0 %	0.0/1.4/98.4/0.2 %	0.0/0.7/97.0/2.2 %	0.0/0.8/98.3/0.9 %	
kf nach Hazen	9.9E-005 m/s	2.6E-004 m/s	4.0E-004 m/s	2.6E-004 m/s	
kf nach Beyer	1.1E-004 m/s	2.9E-004 m/s	4.5E-004 m/s	3.0E-004 m/s	
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)	



A6 Anhang zum Themenbereich: Kostenschätzung

Verfasser: **TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau, sbp sonne gmbh**

Inhalt (S1. - S 3):

- Kostenschätzung : **Baukonstruktion** (Kostengruppe 300)
- Kostenschätzung : **Technische Anlagen** (Kostengruppe 400)
- Kostenschätzung : **Klimahülle Gesamt** (alle Kostengruppen)

(alle Angaben gemäß DIN 276- Kosten im Bauwesen, Teil 1: Hochbau, Teil 4: Ingenieurbau)

Klimahülle ab 2016_Kostenschätzung nach DIN 276*

Kostengruppe	Beschreibung	Kosten (EUR)
100 Grundstück	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten, die im Zusammenhang mit dem Erwerb eines Grundstücks entstehen - Untersuchungen zu Altlasten und deren Beseitigung - Baugrunduntersuchungen 	~ 0
200 Herrichten und Erschließen	<ul style="list-style-type: none"> - die Beschaffung oder den Erwerb der Erschließungsflächen - die Herstellung oder Änderung gemeinschaftlich genutzter technischer Anlagen: z. B. Abwasserentsorgung, Stromversorgung, Abfallentsorgung etc. 	~ 40.000
300 Bauwerk - Baukonstruktionen	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten von Bauleistungen und Lieferungen zur Herstellung des Bauwerks - Tragwerk, Gebäudehülle aus Glas, Sonnenschutz Membrane - Umbauten und Modernisierungen: Kosten von Teilabbruch-, Instandsetzungs-, Sicherungs- und Demontearbeiten 	~ 2.440.000
400 Bauwerk - Technische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten für technischen Anlagen enthalten: - die zugehörigen, Befestigungen, Armaturen, Wärme- und Kälte­dämmung, Schall- und Brandschutzvorkehrungen, Verkleidungen, anlagenspezifischen, Steuer- und Regelanlage 	~530.000
500 Außenanlagen	<ul style="list-style-type: none"> - Geländeflächen, Oberbodenarbeiten, Bodenarbeiten, Pflanz- und Saatflächen - Wege, Straßen, Plätze, Höfe, Spielplätze, etc. - Technische Anlagen in Außenanlagen, Wasserflächen, etc. 	~ 40.000
600 Ausstattung und Kunstwerke	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten für alle beweglichen oder ohne besondere Maßnahmen zu befestigenden Sachen, die zur Ingebrauchnahme, zur allgemeinen Benutzung oder zur künstlerischen Gestaltung des Bauwerks und der Außenanlagen erforderlich sind 	~ 30.000
700 Baunebenkosten	<ul style="list-style-type: none"> - Projektleitung, Projektsteuerung, Überwachung und Vertretung der Bauherreninteressen - Architekten- und Ingenieurleistungen - Gutachten und Beratung (Bauphysik, Brandschutz, Vermessung, etc.) 	~780.000
800 Unvorhergesehenes	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten zur Absicherung möglicher unvorhergesehener Ereignisse in Bau und Planung 	~ 80.000
Gesamtkosten		~ 3.940.000
(mit Sonderbauteilen, siehe gesonderte Aufstellung der Kostengruppen 300 und 400)		(+ ~ 360.000)

* gerundete Werte, Brutto

Klimahülle ab 2016_Kostenschätzung nach DIN 276*

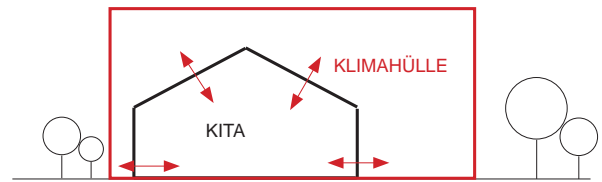
300 Baukonstruktion	Material	Spezifikation	Massen		Kosten (EUR)	
			1 Modul	10 Module	1 Modul	10 Module
1. Gründung	Stahlbeton	C 25/30	~ 14,0 m ³	~ 140,0 m ³	~ 12.000 (850 EUR/m ³)	~ 120.000 (850 EUR/m ³)
1.1 Streifenfundamente			2 x 2,8 m ³			
1.2 Köcherfundamente			2 x 4,2 m ³			
2. Tragwerk	Baustahl	S 235	~ 14 t	~ 140,0 t	~ 49.000 (3500 EUR/t)	~ 490.000 (3500 EUR/t) (2.100 m ² -> 67kg / m ²)
2.1 Stützen/ Dachbinder			8,5			
2.2 Pfosten-Riegel (Dach/ Fassade)			4,5			
2.3 Seile (Dach/ Fassade)			1,0			
3. Gebäudehülle	Glas	2-fach VSG	277,0 m ²	3.160,0 m ²	~ 110.000 (400 EUR/m ²)	~ 1.270.000 (400 EUR/m ²)
3.1 Fassade Ost/ West			84,5 m ²	845,0 m ²		
3.2 Fassade Süd/ Nord			-	2 x 195,0 m ²		
3.3 Dach			192,5 m ²	1.925,0 m ²		
4. Sonnenschutz	Membrane	PTFE	255,5 m ²	2.554,0 m ²	~ 38.000 (150 EUR/m ²)	~ 380.000 (150 EUR/m ²)
4.1 Fassade Ost/ West			58,5 m ²	584,0 m ²		
4.2 Dach			197,0 m ²	1.970,0 m ²		
5. Bestandsarbeiten KITA				650m ²		~ 180.000
5.1 Abnehmen Bestandsdach				650 m ²		
5.2 Neubauten Dach		C 25/30		650 m ²		
(6. Sonderbauteile)	Material	Spezifikation			+ ~ 28.000	+ ~ 280.000
5.1 verschiebbares Hangartor (Süd)				194,0 m ²		+ ~ 75.000
5.2 verschiebbare Fassadenmodule			43,0 m ²	+ ~ 10.000	(10) 423,0 m ²	+ ~ 100.000
5.3 verschiebbare Dachmodule			96,2 m ²	+ ~ 10.000	(10) 962,0 m ²	+ ~ 100.000
Gesamt					~ 195.000	~ 2.440.000
(mit Sonderbauteilen)					(+ ~ 28.000)	(+ ~ 280.000)

* gerundete Werte, Brutto

Klimahülle ab 2016_Kostenschätzung nach DIN 276*

400 Technische Anlagen	Größe/ Anzahl	Einzelkosten (EUR)	Beschreibung	Kosten (EUR)
1. baukonstruktive Maßnahmen				
1.1 Aushub Erdkanal + Eisspeicher	je 1	~ 65.000	Erdkanal versorgt die KITA, die über einen Luftkreislauf mit dem Eisspeicher gekoppelt ist, bei extremen Temperaturen mit vorgekühlter bzw. vorgewärmter Frischluft	~ 95.000
1.2 Luftkreislauf (Einlässe/ Auslässe)	1	~ 30.000		
2. Photovoltaik				
2.1 Photovoltaik	130m ²	~ 40.000	Installation am östlichen und westlichen Rand des Daches. Ausreichend für elektr. Bedarf der KITA: 130 m ² = 20 kW -> 60 % Einsparung ~ 3.000 €/ Jahr	~60.000
2.2 elektr. Speicher	1	~ 20.000		
3. Eisspeicher				
3.1 Betonbehälter	200 m ³	~ 90.000	Der Eisspeicher ist ein mit Trinkwasser gefüllter Tank, dem man über eine Wärmetauscher bei Bedarf die Wärme entziehen kann. Im Sommer kann der Eisspeicher regeneriert werden, wobei die „Kälte“ als „Abfallprodukt genutzt werden kann.	~ 180.000
3.2 Wärmetauscher	1	~ 45.000		
3.3 Sole (Tyfocor) Füllstandssensor	4800 l	~ 30.000		
3.4 Regelungstechnik	1	~ 15.000		
4. Betonkernaktivierung				
4.1 Betonkern mit Leitungen	1000 m ²	45.000	Die neue Massivdecke der KITA wird durch wasserführende Leitungen thermisch aktiviert und mittels einer Wärmepumpe mit dem Eisspeicher gekoppelt.	~65.000
4.2 Wärmepumpe	1	20.000		
5. Kühlsegel				
	120 m ²	500	Kühlsegel sind abgehängte Teilbereiche der Decken, die mit Luft oder Wasser kühlen. Praktisch sind Kühldecken auch als Strahlungsheizflächen nutzbar.	~ 40.000
6. Schall- und Brandschutz				
	1	60.000	Steuer- und Regelungsanlage,	~ 90.000
(7. Sonderbauteile)				
5.1 weitere Erdkanäle	40 (DN32)	60.000	Erdkanäle: Luft wird aus der Umwelt durch unter die Erde gelegte Kanäle in das Innere der Klimahülle gesaugt dabei kühlt sich die Außenluft ab Solarthermie: im Dach zur Warmwassererzeugung	(+ ~ 75.000)
5.2 Solarthermie	80 m ²	20.000		
Gesamtkosten				~ 530.000
(mit Sonderbauteilen)				(+ ~ 80.000)

* gerundete Werte, Brutto



A7 Anamnese des Bestandgebäudes

Verfasser: TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau, sbp sonne gmbh

Inhalt (S1. - S 3):

- Architektur:

- Grundrisse,
- Schnitte
- Ansichten
- baukonstruktive Details

- Energiehaushalt:

- Energiekosten
- Bewertung des Bestands

Anhang A7 - Anamnese des Bestandsgebäudes

Architektur

Das 2003 fertiggestellte Gebäude der Kita Tabaluga besteht aus einem eingeschossigen Baukörper mit einem flach ausgeführten Satteldach mit knapp 6m Firsthöhe. Die lichte Höhe der Räume beträgt 2,70 m. Einzige Ausnahme bildet der Turn- und Bewegungsraum in Gebäudemitte, dessen schräg ausgeführten Decke mit einem Oberlicht am Dachfirst abschließt.

Doch ansonsten sind sämtliche Räume des I-förmigen Baukörpers der Kita mit raumhohen Fenstern ausgestattet. Die Grundfläche der Kita besteht aus ca. 730 m² und bietet Platz für 95 Kinder.

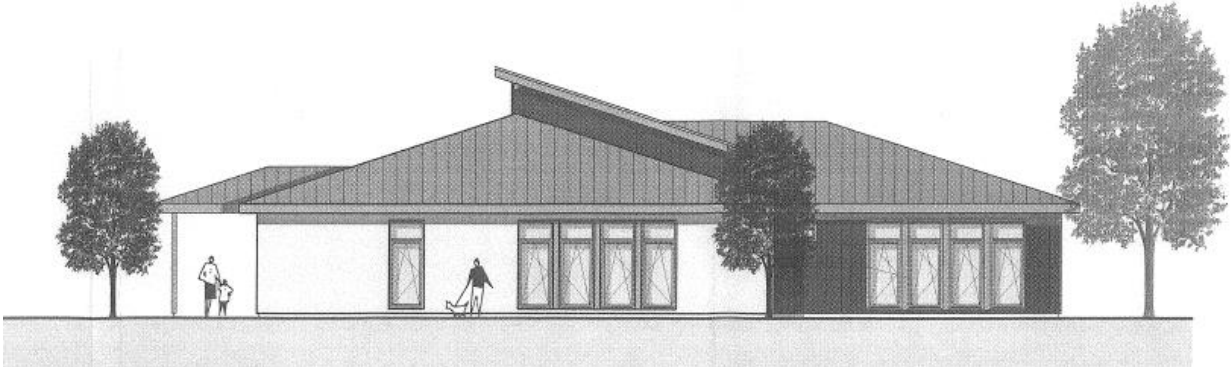


Abb. 01 Ansicht des Kita-Gebäudes

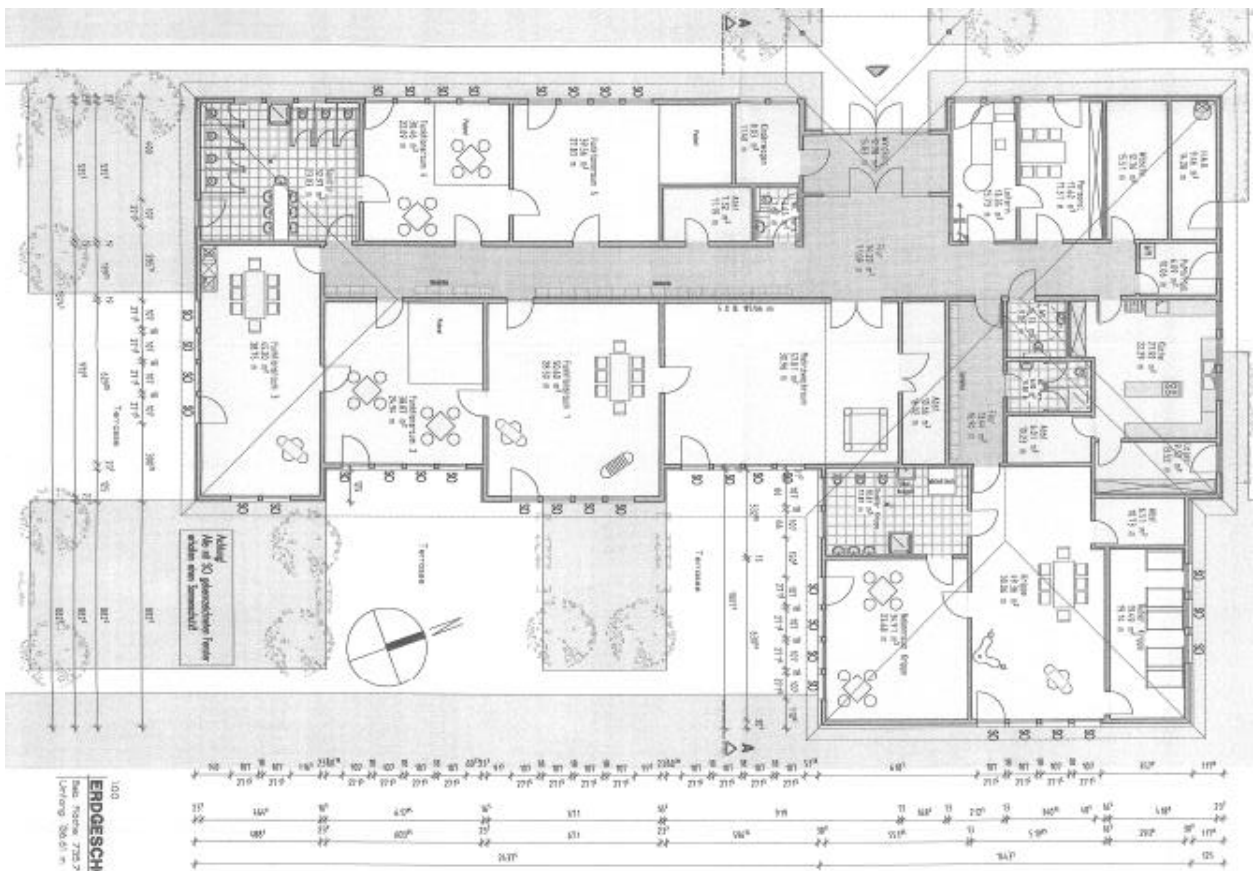


Abb. 02 Grundriss des Kita-Gebäudes

Die Konstruktionsweise des Bestandsgebäudes der Kita ist ein simpler Holzständerbau mit einem Holzbindertragwerk als Dachkonstruktion.

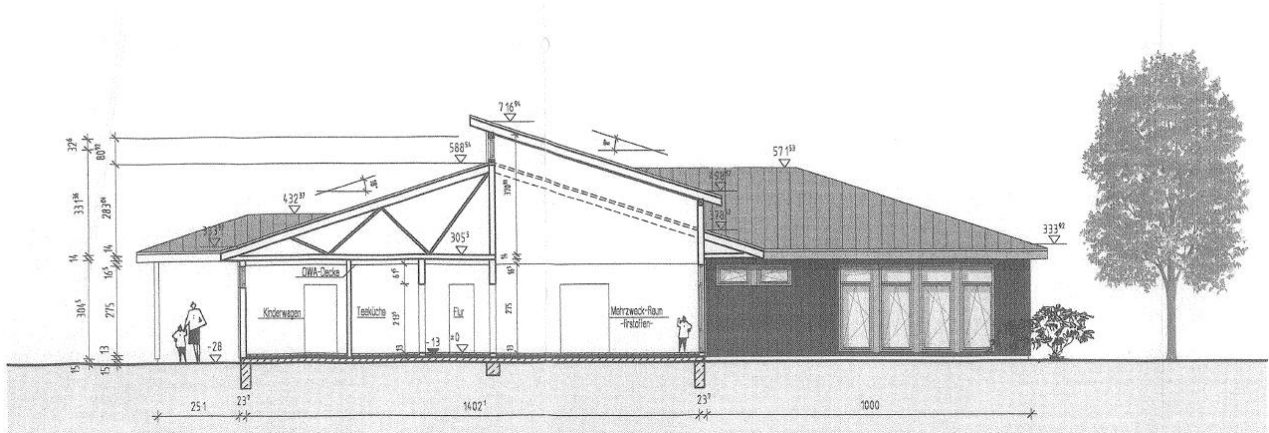


Abb. 03 Schnitt A-A durch das Gebäude

Die Außenwände sind insgesamt 30 cm dick und besitzen eine Wärmedämmschicht aus Mineralwolle von 20 cm. Die Dachneigung beträgt 18° und die Dämmebene zur Geschossdecke ist ebenfalls aus Mineralwolle und beträgt ca. 20 cm.

Sämtliche großen Fenster der Kita sind als 3-Scheiben, die kleineren in 2-Scheiben-Isolier-Verglasung ausgeführt.

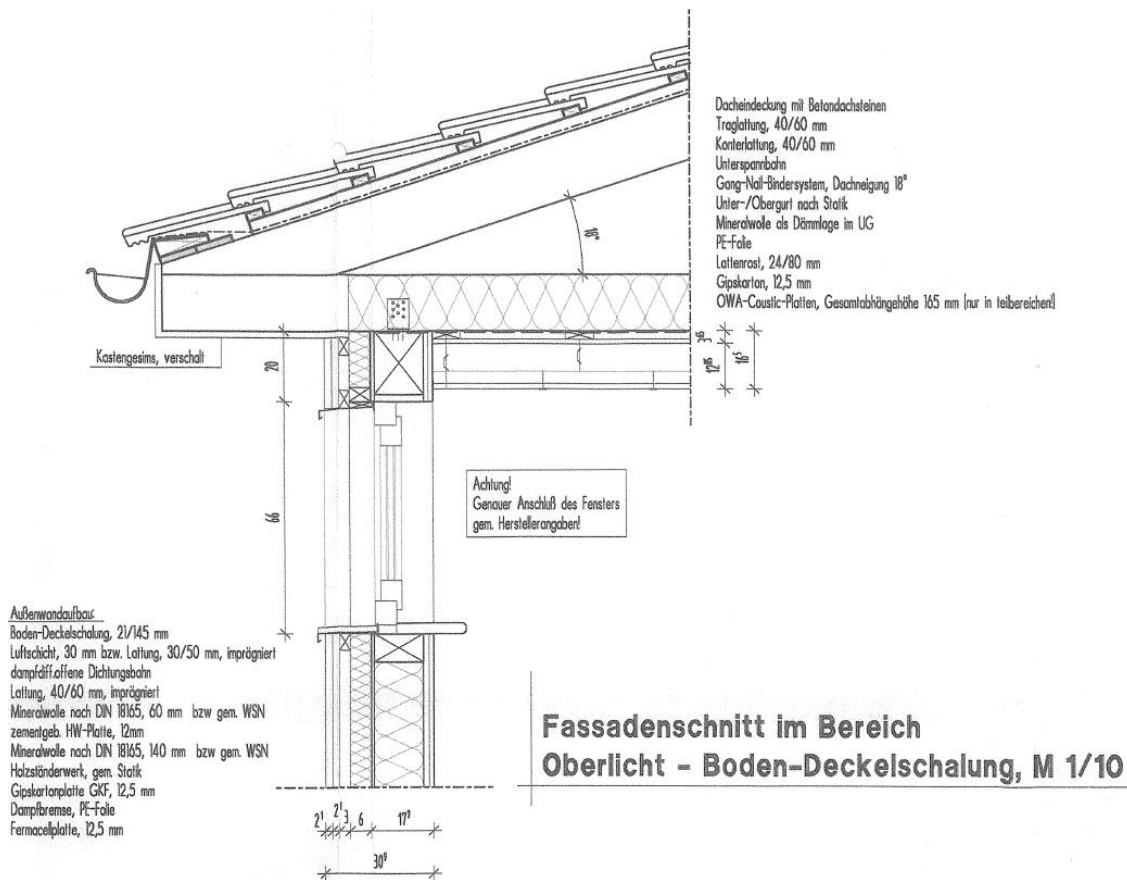


Abb. 04 Fassadenschnitt mit Wand- und Deckenaufbau

Energie

Die Kita Tabaluga wurde 2003 nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV vom 16.11.2001) [1] gebaut. Die folgende Tabelle enthält die wesentlichen energetischen Kenngrößen [2].

Tabelle der verwendeten Bauteile

	Bauteil	Fläche [m ²]	U-Wert * Faktor [W/m ² K]	Gewinn in %	Verlust in %
1	Wand	356.21	0.193	0.89%	13.15%
2	Fenster, Fenstertüren	138.46	1.129	33.90%	29.91%
3	Decke zum Dachge., Dach	732.00	0.181	0.58%	25.30%
4	Grundfläche, Kellerdecke	725.29	0.154	-----	21.31%
Summe:		1951.96	0.240		

Jahresprimärenergiebedarf Q_p = 21.5 [kWh/m²a]
 Q_pmax = 28.4 [kWh/m²a]
 spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T = 0.290 [W/m²K]
 H_Tmax = 0.496 [W/m²K]

Abb. 05 Energieeinsparnachweis nach der Energieeinsparverordnung EnEV – „KITA Blankenfelde“ [2]

Der Jahresprimärenergiebedarf ist dementsprechend niedrig: Aktuell beträgt der spezifische Bedarf der Kita an Heizenergie etwa 93 kWh/m²a, entsprechend knapp 9 l Heizöl/m²a bzw. etwa 9 m³ Erdgas/m²a. Der jährliche Stromverbrauch beträgt insgesamt knapp 20.000 kWh/a.

Die jährlichen Kosten für Energie- und Wasser sind in Abb. 06 dargestellt. Am höchsten sind die Stromkosten mit knapp 5000 € pro Jahr; diese werden tendenziell wegen steigender Bezugskosten steigen. Dem kann voraussichtlich nur begrenzt durch Energieeffizienzmaßnahmen (z.B. LED-Leuchtmittel) entgegengewirkt werden.

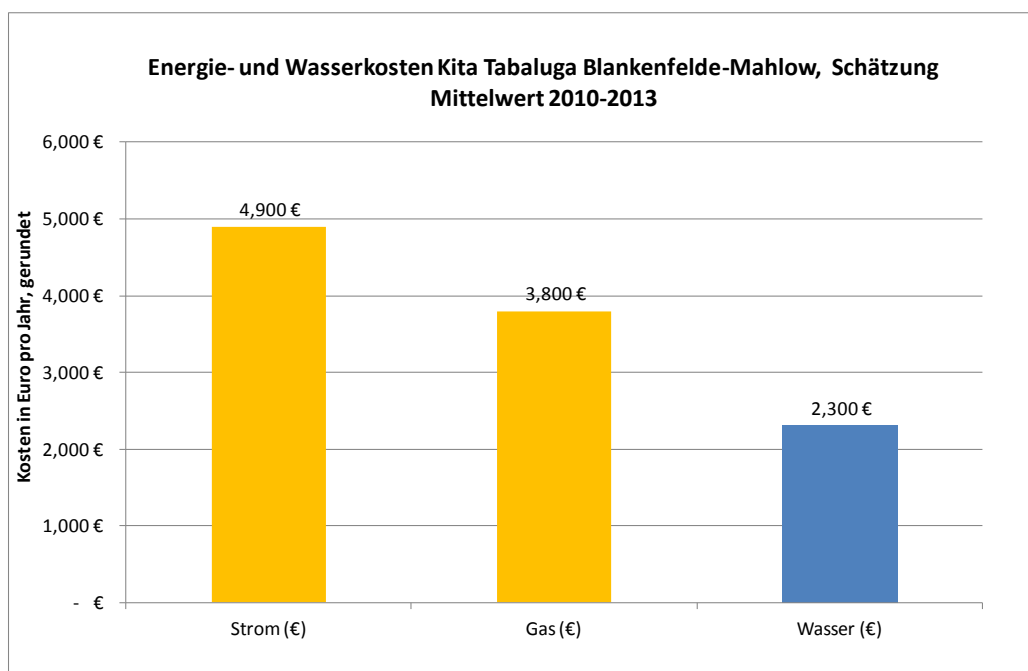


Abb. 06 : Jährliche Energie- und Wasserkosten für Kita Tabaluga, Mahlow

Nach Annahme eines Bewertungshorizonts von zehn Jahren und einer anzusetzenden Verzinsung von 2,5 % wurden daraus die Barwerte bestimmt. Diese sind in Abb. 07 dargestellt.

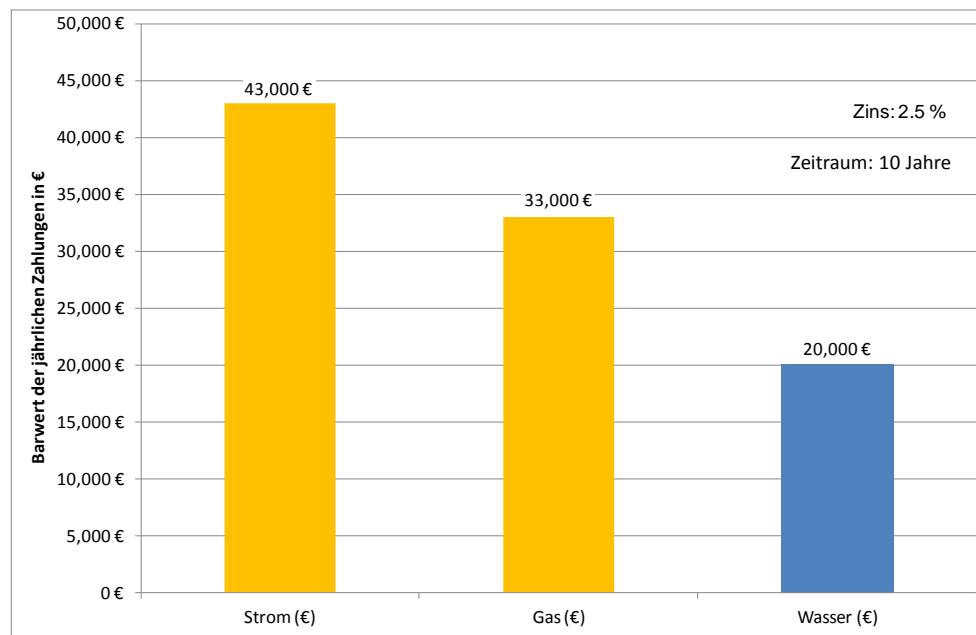


Abb. 08: Barwert der Energie- und Wasserkosten für Kita Tabaluga, Mahlow

Bewertung des Bestandsgebäudes im Kontext des Gesamtprojektes Klimahülle:

Da die Kita Tabaluga 2003 gemäß einer aktuellen EnEV gebaut wurde, ist die mögliche Energieeinsparung vergleichsweise niedrig.

Das rein rechnerische Kosten-Nutzenverhältnis spielt jedoch in diesem Projektkontext gemessen an der eine untergeordnete Rolle. Im Vordergrund stehen primär der Lärmschutz und die qualitative Verbesserung des Lebensraumes der Kinder, der sich eben nicht (einfach) monetarisieren lässt, und der im Folgenden näher beschriebene Modellcharakter der Klimahülle.

Hinsichtlich Schall- und Wärmeschutz kann bei der Kita-Tabaluga- jedoch nur bei geschlossenen Fenstern (!) - von einer ausreichenden baulichen Situation für die Kinder ausgegangen werden.

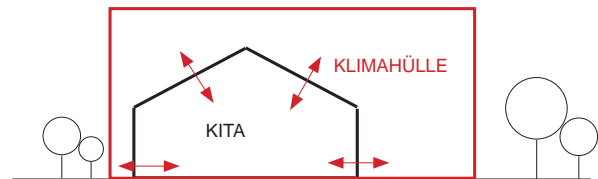
Sobald jedoch irgendwo ein Fenster geöffnet wird, was bei einer Kita mit einer hohen Luftwechselzahl (3-4) bei jeder Jahreszeit empfehlenswert und somit hier stets der Fall ist, wird der tagsüber maximal zulässige Dauerschallpegel von 38 dB(A) am Standort der Kindertagesstätte mit 76 dB(A) deutlich überschritten!

Dieses Kriterium begründet somit ebenfalls den Bau einer komplett umschließenden Klimahülle.

Die Abnahme des Bestandsdaches stellt hinsichtlich der einfachen Konstruktionsweise mit vorgefertigten Holzbindern keine bautechnischen Probleme dar und ist einfach, schnell und kostengünstig durchzuführen. Die Materialien des entfernten Bestandsdaches sind alle komplett wiederverwertbar und stellen somit keine Umweltbelastung bei der Maßnahme dar.

[1] „Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 und 2004 - Gesetze, Studien, Verordnungen: Zukunft Haus“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-historie/enev-2002-und-2004.html>. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].

[2] ALHO GmbH, „Energieeinspar nachweis nach der Energieeinsparverordnung EnEV - KITA Blankenfelde“, ALHO GmbH, Morsbach, Apr. 2003.



A8 Systemgedanke Klimahülle Projektspezifika vs. Modellhaftigkeit

Verfasser: **TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau, sbp sonne gmbh**

Inhalt (S1. - S 11):

- Spezifika der Klimahülle für die Kita Tabaluga:

- Angemessenheit der Baumaßnahme
- wesentliche Projektcharakteristika
- Wirtschaftlichkeitsanalyse
- Innovationshöhe
- Architektur und Didaktik

- Multiplikationsfähigkeit der Klimahüllenforschung:

- Modellhaftigkeit
- Anwendbarkeit auf andere Nutzungsszenarien:
 - > Energetische Sanierung von (denkmalgeschützter) Altbausubstanz
 - > Vertikale Klimahüllen
- Anwendbarkeit auf andere Arten von Emissionsbelastung neben Lärmschutz
- weitere Umweltentlastungspotentiale

Anhang A1 - Systemgedanke Klimahülle

Teil 1: **Projektspezifika** und Innovationshöhe der Klimahülle - Angemessenheit der Baumaßnahme

Teil 2: **Modellhaftigkeit** des Systems Klimahülle - Multiplikations- und Umweltentlastungspotentiale

Neben den bereits im Hauptteil erörterten und in den jeweiligen Abschnitten der Fachingenieure für Akustik, Brandschutz und Geologie weiter detailliert ausgeführten Studien, dient dieser Anhang 8 insbesondere der Differenzierung zwischen der gezielten Beschreibung spezifischer Projektcharakteristika und der Innovationshöhe der Klimahülle in Blankenfelde-Mahlow (Teil 1) einerseits und der Beurteilung von Modellhaftigkeit und Multiplikationsfähigkeit des Systems Klimahülle im Hinblick auf relevante Umweltentlastungspotentiale und dessen Übertragbarkeit auf weitere Bereiche (Teil 2).

Teil 1: Projektspezifika und Innovationshöhe der Klimahülle Kita Tabaluga

Um die Angemessenheit der Baumaßnahme aus technischer, ökologischer, sozialpolitischer und ökonomischer Sicht sinnvoll einschätzen und bewerten zu können, sei hiermit noch einmal auf die Projektausgangslage verwiesen, als verschiedene Standorte mit unterschiedlichen Nutzungen für das Pilotprojekt einer vor Fluglärm schützenden Klimahülle diskutiert wurden.

Hierbei entschied man sich bewusst für die vom Fluglärm künftig hoch belastete Kita Tabaluga, wobei sowohl die Notwendigkeit und Dringlichkeit, als auch die Größenordnung der Baumaßnahme schon vor Projektstart als besonders sinnvoll für die Kita und ebenso finanzierbar eingeschätzt wurde.

Im Forschungsprojekt wurde schließlich nach umfangreichen Bestandsanalysen und Variantenstudien eine von der Gemeinde und allen Planungsbeteiligten gleichermaßen präferierte Vorzugsvariante herausgearbeitet und weiterentwickelt.

Exponierte Lärmsituation

Dieser Klimahüllenentwurf reagiert in seiner Form, Größe und technischen Ausprägung primär auf die extrem exponierte Fluglärmsituation am Kitastandort.



Abb. 01 Fluglärm über der Kita



Abb. 02 Innenperspektive der künftigen Klimahülle

Der für Kitas tagsüber zulässige Maximalpegel von 55 dB(A), sowie der maximale Dauerschallpegel von 40 dB(A) wird nach Eröffnung des BER Flughafens und mit Inbetriebnahme der 2. Start- und Landebahn, sowie einer erheblichen Erhöhung der Überflugfrequenz mit einem prognostizierten Maximalpegel von 76 dB(A) und einem errechneten Dauerschallpegel von 60 dB(A) am Standort der Kita Tabaluga in Blankenfelde-Mahlow deutlich überschritten.

Das 2003 fertiggestellte Bestandsgebäude der Kita genügt zwar den seinerzeit gültigen EnEV- und Lärmschutzstandards (2- und teilweise 3-Scheiben Verglasung der Fenster und Türen) doch kann die zu jeder Jahreszeit notwendige hohe Luftwechselrate zur Einhaltung der vorgeschriebenen Luftqualität für Kitaräume lediglich durch häufiges Öffnen der Fenster und Türen erfolgen, was einerseits hohe Energieverluste in der Heizperiode und andererseits einen hohen Außenlärm eintrug zur Folge hat. Weiter verfügt die Kita mit einer für 95 Kinder relativ knapp bemessene Bruttoinnenraumfläche von ca. 700 m², wovon außerdem weitere große Nutzflächen für die eigene im Haus befindliche Kitaküche und Verwaltung abgehen, über kaum ausreichende Maßnahmen zur Reduzierung des teilweise erheblichen Innenraumschalls durch die Kinder.

Der verhältnismäßig geringen Nutz- und Spielfläche für die Kinder im Innenraum steht eine überdurchschnittlich große, jedoch gleichzeitig vom Fluglärm völlig ungeschützte Außenspielfläche von zusätzlich ca. 2500 m² gegenüber.

Die erhebliche Steigerung der künftigen Fluglärmbelastung würde hierbei zu einer weiteren Verschärfung dieser bereits aktuell bestehenden Problematik führen und somit die Aufenthaltsqualität sowohl im Innen- als auch Außenraum weiter deutlich verschlechtern.

Somit spielte beim Klimahüllenentwurf die Schaffung eines möglichst großen, lärmgeschützten (Innen- und Außenschall) und komplett transparenten (Spiel-) Raumes, der über den Fluglärm hinaus ebenfalls vor aus dem Überflug der Flugzeuge resultierenden Ultrafeinstaub mit gesundheitsgefährdenden Nanopartikeln schützt eine wichtige und übergeordnete Rolle.

Die komplett transparente Klimahülle überdeckt hierbei nicht nur das bestehende Kitagebäude mit einer Grundfläche von etwa 700 m², sondern auch noch große Teile des Außenraumes auf einer Gesamtfläche von ca. 2000 m².

Durch Entfernen des somit nicht mehr benötigten Bestandsdaches der Kita und gleichzeitiger Schaffung eines für die Kinder nutzbaren Dachgartens, wird die Fläche des vor Fluglärm geschützten Bereiches annähernd verdreifacht und das Raumvolumen auf gut 12.500 m³ sogar verfünffacht (!).

Ganzjährige Nutzung des Klimahüllenraumes

Einen weiteren zentralen Mehrwert bietet hierbei die ganzjährig mögliche Nutzung des Klimahülleninnenraumes, der selbst bei extremer Außenhitze- und Kälte einen lärmgeschützten und klimatisch gepufferten Aufenthalt der Kinder durch ein Temperaturniveau welches nie unter 0°C fällt und 30 °C nicht übersteigt ermöglicht.

Durch den ganzjährigen, witterungsunabhängigen Aufenthalt in der Klimahülle, wodurch den Kindern stets ausreichende Licht- und Frischluftverhältnisse gewährleistet sind, kann nachgewiesenermaßen eine deutliche Senkung des Krankenstandes von Kindern und Erziehern erreicht werden.

Auch weitere positive psychologische und physiologische Auswirkungen- wie etwa die Verringerung von Stress und Müdigkeit- können durch die Umgebung mit einer ganzjährig grüne Vegetation und einem in der Klimahülle stets gewährleisteten hohen Sauerstoff- und niedrigen Schadstoffgehalt erzielt werden.

Darüber hinaus ist durch das ganzjährig ideale Klima für Pflanzenwachstum eine besondere Heranführung der Kinder an den Umgang mit verschiedensten Pflanzen auch aus unterschiedlichen Klimazonen möglich. Die somit erzielte praktische Umwelterziehung bietet den Kindern der Kita darüber hinaus außerdem die Möglichkeit zur Organisation und Umsetzung einzigartiger, beispielsweise botanischer Projekte.

Energieeinsparung und Umweltentlastungspotential

Aktuell beträgt der spezifische Bedarf der Kita an Heizenergie etwa 93 kWh/m²a, entsprechend knapp 9 l Heizöl/m²a bzw. etwa 9 m³Erdgas/m²a. Der jährliche Stromverbrauch beträgt insgesamt knapp 20.000 kWh/a.

Durch die exakt auf die Anamnese der Klimahülle abgestimmte Auslegung der technischen Gebäudeausstattung (u.a. Solarkollektoren, PV, Eisspeicher, Betonkernaktivierung), sowie der wandelbaren Tragwerkselementen zur Verschattung und Lüftung wird die Kita Tabaluga zum Nullenergiehaus, d.h. in der Jahresbilanz ist der Energiebezug von außen Null.

Hierbei funktioniert die Klimahülle nicht nur bei besonderen Wettersituationen wie extremer Hitze und Kälte als Klimapuffer, welcher eine zusätzliche Kühl- oder Heizleistung sowohl des Kitabestandes als auch des gesamten Klimahülleninnenraums ganzjährig obsolet macht.

Auch die für den Antrieb und die Steuerung benötigte (Bewegungs-)Energie der wandelbaren Tragwerks- und Verschattungselemente und die genau hierauf abgestimmten Komponenten der technischen Gebäudeausstattung funktionieren hierbei energieautark.

Alle für den Bau der Klimahülle verwendeten Materialien wurden auf höchste Materialeffizienz und hin entworfen und berechnet.

So stellt das Tragwerk mit seinen lediglich knapp 140 t Stahl für die Größe und Dimension der Klimahülle einen ressourcenschonenden Ultraleichtbau dar.

Auch bei der Wahl des Glases für die Gebäudehülle wurde bewusst ein simples Schallschutzglas gewählt, welches ohne aufwendigen und energieintensiven Herstellungsprozess und ohne den Einsatz umweltschädigender chemischer Beschichtungen produziert werden kann.

Wichtige Spezifika der gesamten Glashülle sind ein hohes Schalldämmmaß (ca. 40 Rw), ein hoher g-Wert (ca. 0,8), ein niedrigerer U-Wert (ca. 0,7) und die Gewährleistung der größtmöglichen Transparenz(>90).

Durch den Einsatz dieses Glases und der Kombination mit einer flexiblen Steuerung der Verschattung und natürlichen Belüftung wird einerseits der in den Wintermonaten benötigte maximale solare Eintrag und andererseits eine schnelle nächtliche Abkühlung nach heißen Sommertagen, die stets ausreichende Versorgung der Kinder mit Licht (Vitamin D), sowie der nötige Schallschutz gegen Fluglärm erzielt.

Auch die Wahl von ultradünnen (<0.1 mm) und materialsparenden Membranen als Verschattungselemente trägt dieser Logik Rechnung.

Somit leisten die verwendeten Materialien nicht nur durch ihren effizienten, materialgerechten Einsatz und ressourcenschonenden Herstellungsprozess, sondern auch im Energiehaushalt des späteren Gebäudebetriebes einen wichtigen Beitrag zur Senkung des Heiz-/Kühl-/Strombedarfs der Klimahülle auf Nullenergiestatus.

Des Weiteren kann bei der abschließenden Betrachtung zur Nachhaltigkeit des gesamten Gebäudezyklus` der Klimahülle schließlich auch die 100%ige Recyclingfähigkeit sämtlicher hierbei verwendeter Baumaterialien gewährleistet werden.

Wirtschaftlichkeit

Der Entwurf der Klimahülle zeichnet sich jedoch nicht allein- wie bereits im vorherigen Abschnitt zur Energieeinsparung beschrieben- durch Materialeffizienz, minimalen Einsatz technischer Komponenten sowie maximalem Schallschutz und aktiven Energiegewinn aus, sondern weist darüber hinaus auch bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der baukonstruktiven Planung durch einen hohen Grad an im Werk vorgefertigte Bauteile große Qualitäten auf. Dies spiegelt sich in den vergleichsweise sehr geringen Investitionskosten für die baukonstruktiven Maßnahmen für ein Bauwerk dieser Größenordnung wieder.

Durch die modulare Vorfertigung im Werk wird neben einer extrem kurzen Bauzeit auch gleichzeitig eine hohen Planungs- und damit Kostensicherheit garantiert.

Dies führt insgesamt zu einem enorm wirtschaftlichen Herstellungsprozess der Klimahülle, welche sich für den Bau der reinen Hülle mit ca. 1200 EUR/ m² im unteren Preissegment für großemäßig vergleichbar (Fabrik-)Hallenbauten befindet (detaillierte Kostenaufschlüsselung: siehe Kostenschätzung der Kostengruppe 300 „Baukonstruktion“ nach DIN 276 im Anhang).

Die geplante technische Gebäudeausrüstung mit einem Gesamtvolumen von ca. 0,5 Mio EUR ist so ausgelegt, dass künftig kein Fremdbezug an elektrischer Energie und Erdgas mehr erforderlich sein wird. Die Kostenberechnung umfasst hierbei neben der Planung und baulichen Umsetzung der bereits beschriebenen Elemente wie Solarkollektoren, PV, Eisspeicher und Betonkernaktivierung auch sämtliche Kosten für Schall- und Brandschutz, sowie die Posten für eine Steuer- und Regelungsanlage der gesamten technischen Gebäudeausstattung.

(detaillierte Kostenaufschlüsselung: siehe Kostenschätzung der Kostengruppe 400 „Technische Anlagen“ nach DIN 276 im Anhang).

Den jährlichen Einsparungen bei Strombezug und Heizkosten von knapp 9.000 EUR bedeutet.

Dem stehen jährlich zu erwartenden Betriebs- und Wartungskosten der technischen Gebäudeausrüstung von ca. 10.500 EUR gegenüber. Der Grad und die Kosten der unterschiedlichen Komponenten ist hierbei recht unterschiedlich: So wird bei PV-Anlagen hierbei von etwa 3 Prozent der Investitionskosten, bei (Erd-)Wärmepumpenanlagen jedoch nur von unter einem Prozent ausgegangen.

Allerdings darf nicht vergessen werden, dass sich die Nutzfläche nach dem Umbau annähernd verdreifacht; entsprechend stiegen auch die Energiekosten für eine konventionell erweiterte Kita auf den etwa doppelten Wert.

Zur Einschätzung der jährlichen Reinigungskosten für die Glashülle kann die ebenfalls komplett in Dach und Fassade verglaste Fortbildungsakademie in Herne herangezogen werden. Nach Auskunft der Betreiber wurde das Dach seit der Errichtung im Jahr 1999 nur 1 Mal gereinigt, da es sich durch den Regen selbst reinigt, während die Fassade einmal pro Jahr mittels mobiler Hubkräne gereinigt werden muss.

Rechnet man die hierbei veranschlagten Kosten auf die um den Faktor 6 kleineren Glasfläche dieser Klimahülle um, würden sich die jährlichen Kosten auf ca. 2.000-3.000 EUR belaufen.

Bei Gesamtkosten für das Projekt belaufen sich auf ca. 3,95 Mio EUR (detaillierte Kostenaufschlüsselung: siehe Kostenschätzung „Gesamtkosten“ nach DIN 276 im Anhang).

Innovationshöhe

Die Klimahülle funktioniert ganzheitlich als räumlich und technisch aufeinander abgestimmter Organismus, welcher durch den innovativen, integrierten Entwurf des wandelbaren Tragwerkes, aktiver Energiegewinnung und gleichzeitig hohen Schallschutzanforderungen in gleichwertiger Gewichtung charakterisiert werden kann.

Das Entwurfsergebnis zeichnet sich durch den minimalen Einsatz technischer Komponenten mit maximalem Schallschutz und Energiegewinn aus:

Dies wird hauptsächlich durch die Anwendung bewährter Technik (PV, Eisspeicher, Betonkernaktivierung) in Kombination mit neu entwickelten Komponenten, wie semi-permeable Lärmschutzmodule, und einen speziell entwickelten wandelbaren Sonnenschutz erreicht.

Die innovative Übersetzung dieses Konzeptes in einen energieautarken, hoch effizienten Gebäude Organismus bildet hierbei das funktionale Rückgrat des Projektes.

Durch eine präzise abgestimmte Steuerung dieser Klimahüllenkomponenten kann ein für die Kinder stets behagliches Innenraumklima (Temperatur, Luftwechsel, Licht) erreicht werden.

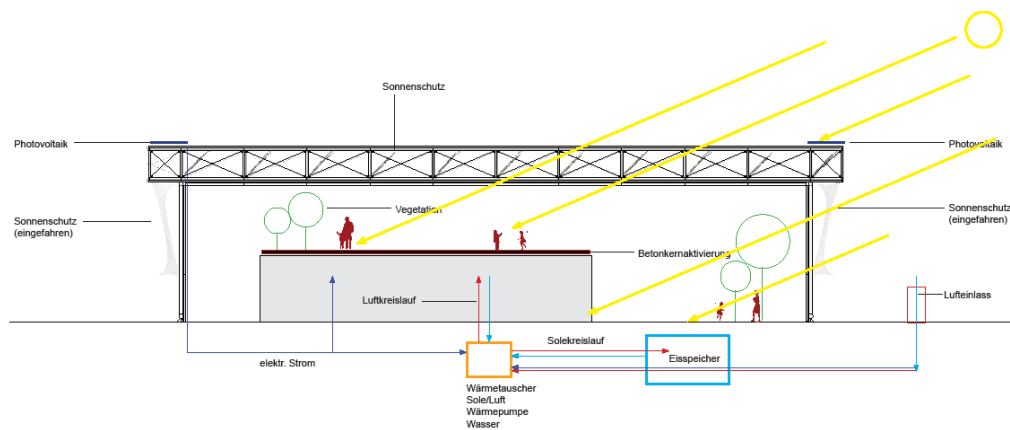


Abb. 03 Betriebsweise und wesentliche Komponenten der Klimahülle (schematisch)

Dabei kommen in verschiedenen Bereichen der gläsernen Gebäudehülle speziell in diesem Forschungsprojekt entwickelte semipermeable, transparente Schallschutzelemente zum Einsatz. Diese gewährleisten einerseits einen steten natürlichen Luftwechsel (Luftwechselrate deutlich über dem empfohlenen Standard) in der Kita und absorbieren gleichzeitig durch den Einsatz mikroperforierter, transparierter Folien einen Großteil des Fluglärms.

Durch die größtenteils im Werk vorgefertigten Bauteile der Klimahülle, sowie eine serielle Wiederholung von 10 aneinander gereihten, baugleichen Grundmodulen, kann analog zu Projekten des Maschinen- oder Automobilbaus einerseits eine sehr präzise Fertigung der einzelnen Komponenten und gleichzeitig eine deutliche Verringerung der Baustellenemissionen (Lärm, Schmutz) und Bauzeit erreicht bei der Errichtung am Standort der Kita erreicht werden.

Auch eine sehr einfache Bedienung, Wartung und Steuerung der einzelnen wandelbaren Tragwerkskomponenten, welche im Allgemeinen durch eine auf die jeweilige Klimasituation angepasste automatische Bewegung der verschiebbaren Dach – und Fassadenelemente und einer temporärer Verschattung durch die Sonnenschutzmodule geschieht, kann jedoch teilweise auch von Kinderhand mittels Winden oder Ähnlichem erfolgen.

Architektur und Didaktik

Die besondere Architektursprache und spezifische Art der Wandelbarkeit der Gebäudehülle trägt ebenfalls den spezifischen und hohen Anforderungen einer klimatisch behaglichen, sowie räumlich und atmosphärisch hochwertigen Kita-Konzeption Rechnung.

So sorgt die komplett transparente Glashülle durch eine ungestörte Blickbeziehung von innen nach außen und in den Himmel für ein freies Raumempfinden wie im Außenraum. Darüber hinaus reagiert die Gebäudehülle durch wandelbare Fassaden-, Dach- und Sonnenschutzelemente auf die verschiedenen Klimasituationen wie Hitze, Kälte und Grad der Sonneneinstrahlung und setzt dadurch neben der Regulierung des Innenklimas auch noch spannende didaktische Reize für die Kinder.

Es ist beispielsweise geplant, dass die Steuerung einzelner wandelbarer Elemente, wie etwa die Sonnenschutzmembrane, auch von den Kindern selbst bedient werden können und ihnen somit die Auseinandersetzung und das Erlebarmachen von technischen Inhalten im Zusammenspiel mit Klima- und Umwelteinflüssen auf spielerische Art vermittelt.

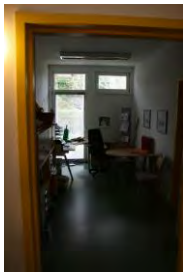


Abb. 03/04 Fotos des Kita-Innenraumes



Abb. 05 Perspektive des künftigen Dachgartens

Fazit

Insbesondere der an diesem exponierten Standort essentielle Lärmschutz, sowie die ganzjährige Nutzung des Klimahüllenraumes und die daraus resultierende Aufwertung und Vergrößerung des geschützten Lebensraumes der Kinder dieser Kita rechtfertigt die Angemessenheit und Sinnhaftigkeit der Klimahülle an diesem Standort und für diese spezifische Nutzung.

Somit konnte sich dieser Klimahüllenentwurf im Vergleich zu den ebenfalls untersuchten an den Bestandsbau im Stile eines Wintergartens angegliederten und deutlich kleineren Varianten, im Projektverlauf sowohl in der Gemeinde als auch sämtlichen um Planungsprozess beteiligter Akteure als die für die multiplen technischen, funktionalen und sozialpolitischen Anforderungen am geeignetste Variante behaupten.

Durch die intensive Zusammenarbeit aller Planungsbeteiligten konnte der erste Entwurfsansatz einer den gesamten Bestandsbau überspannenden Lösung auf planerisch und innovativ hochwertigem Niveau weiterentwickelt werden.

Schließlich entstand der Entwurf einer ganzheitlichen Lösung, welcher auch durch die Abnahme des Bestandsdaches und der dadurch für die Kinder hinzugewonnenen und nutzbaren Dachgartenfläche, weiter an Qualität und Konsistenz gewinnt.

Teil 2: Modellhaftigkeit des Systems Klimahülle - Multiplikations- und Umweltentlastungspotentiale

Übertragbarkeit des Systems auf lärm- und feinstaubbelastete Bereiche

Auch in anderen Gemeinden in Deutschland ist Fluglärm ein großes Problem.

Grund dafür ist der Bau von zusätzlichen Landebahnen, so dass auch siedlungsstärkere Regionen von Fluglärm betroffen sind.

Durch die Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest am Frankfurter Flughafen ist der Fluglärm in den Nachbargemeinden Flörsheim, Offenbach, Kelsterbach und südlichen Frankfurter Stadtteilen wie Sachsenhausen, Oberrad und Niederrad gestiegen. Die Auswirkungen sind aber auch in weiter entfernten Gebieten wie Mainz Oberstadt zu spüren. Gewinner der neuen Landebahn sind die Gemeinden Hanau, Neu-Isenburg und Raunheim, wobei die Lärmbelastung gerade in Raunheim und Neu-Isenburg nach wie vor sehr hoch ist.

Wird am Münchener Flughafen eine dritte Startbahn gebaut, was bereits seit einigen Jahren in der Diskussion ist, dann wären die umliegenden Gemeinden Attachingen, Eitingen, Berglern und Oberding steigender Lärmbelastung ausgesetzt.

Durch die steigende Mobilität großer Bevölkerungsteile steigt jedoch auch insgesamt betrachtet die Anzahl der von Lärm betroffenen Menschen.

In Deutschland gibt es eine Vielzahl weiterer Standorte, an denen Lärmschutz ein wichtiges Thema ist. Exemplarisch seien hier die Bahntrasse am Oberrhein [3] und die vom Fluglärm betroffenen Gebiete im Bereich von Start- und Landebahnen [4] genannt (siehe NORAH - Studie für das Rhein-Main-Gebiet [5]). Auch gibt es viele lärmbelastete Situationen an Verkehrsknotenpunkten (z. B. Flugfeld Böblingen nahe des Stuttgarter Flughafens [6]).



Abb. 11 Demonstration gegen Fluglärm, Berlin 2015



Abb. 12 Feinstaubalarm in Stuttgart, Januar 2016

Somit kann von einer Vielzahl ähnlicher Lärm- und Feinstaubbelastung auch von Bildungseinrichtungen an stark befahrenen Straßen und in Innenstädten ausgegangen werden.

Nach §2 der 26. BImSchV sind Grenzwerte einzuhalten, welche für besonders lärmschutzbedürftige Nutzungen wie Krankenhäuser, Schulen und etc. besonders niedrig sind [7].

Im Rahmen des Projekts soll gezeigt werden, dass eine Klimahülle in intelligent angepasster Form auch als Lärm- und Feinstaubhülle geeignet ist.

Die Ergebnisse und Erfahrungen des Projekts Kita in Blankenfelde-Mahlow können auch in die Planung von Klimahüllen für andere und größere Nutzungen wie Gewerbegebiete, Hotels und Bürogebäude einfließen.

Insbesondere Hotels befinden sich oft in lärmbelasteten Gebieten, z.B. in der Nähe von Flughäfen, Bahnhöfen oder vielbefahrenen Straßen. Hier könnte der Ansatz der Klimahülle in Blankenfelde-Mahlow ebenfalls vielfach Anwendung finden und darüber hinaus durch einen im Vergleich zu einer Kita deutlich höheren Energiebedarf auch entsprechend größere Mengen an Energie für Heiz, Kühl- und Strombedarf einsparen.

Energetische Sanierung von (denkmalgeschützter) Altbausubstanz

Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet ist die alternative energetische Sanierung denkmalgeschützter oder energetisch extrem mangelhafter Gebäude, bei denen Wärmedämmverbundsysteme nicht angewendet oder aus anderen architektonischen und baukonstruktiven Gründen ökonomisch und ökologisch sinnvolle neue Verfahren zum Einsatz kommen könnten.

Nach ersten Studien zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und Ökologie, wurde wie hier am Beispiel einer an der TU Berlin am FG Entwerfen und Konstruieren – Massivbau 2014 entwickelten Arbeit mit der kompletten Einhausung eines energetisch extrem mangelhaften Kitagebäudes aus DDR-Zeiten in Berlin- Marzahn ein sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoller Gegenentwurf zur konventionellen energetischen Gebäudesanierung mittels einer Klimahülle evaluiert und entwickelt [8].



Abb. 13 Kita Kleine Weltentdecker in Berlin-Marzahn vor der Sanierung



Abb. 14 Kita nach der energetischen Sanierung

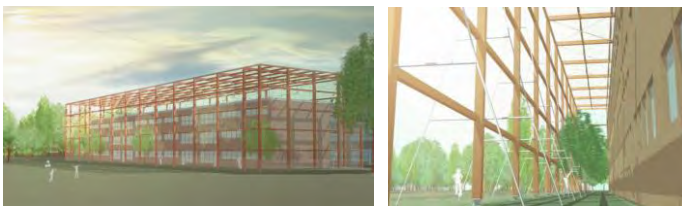


Abb. 15 und 16 Kita „Kleine Weltentdecker“: alternativer Klimahüllentwurf

Die größten Vorteile des Entwurfsansatzes einer Klimahülle liegen, verdeutlicht an diesem Beispiel der Ausführung einer Klimahülle als Holz-Glaskonstruktion-ähnlich wie bei äquivalenten Lösungen für baukulturell wichtige und denkmalgeschützte Gebäude- hauptsächlich an der Tatsache, dass die oftmals schwierig zu bewertende Altbaubestand hinsichtlich Tragverhalten, Kontaminierung oder Denkmalschutz nicht angetastet werden muss.

Somit kann mit dieser Methode der Klimahülle neben dem Erhalt von Identität und Gestalt der schützenswerten und energetisch mangelhaften Bausubstanz, durch die Einsparung von Bau- und Dämmmaterial und im Vergleich zu oftmals schwierigen und kostspieligen Untersuchungen des Altbaus in vielen Fällen auch ein hohes Kosteneinspar- und Umweltentlastungspotential erreicht werden. Auch kann auf diese Weise ein neuer, qualitativ hochwertiger Klimapufferraum zwischen Innen- und Außenraum entstehen, der sowohl die Gesamtenergiebilanz des Bestandgebäudes verbessern als auch das Gebäude im Vergleich zur konventionellen hochgedämmten Fassaden und Fenstern bauphysikalisch betrachtet „atmen“ lässt.

Weitere Vorteile sind durch Vorfertigung der Klimahüllenelemente im Werk eine deutliche Verkürzung der Bauzeit und die damit verbundene Verringerung von Lärm- und Schmutzbelastung der Anwohner oder Nutzer eines Gebäudes.

Vertikale Klimahüllen

Das System Klimahülle könnte auch gut und sinnvoll auf den Neubau von Hochbauten wie beispielsweise der Sanierung von Hochhäusern angewendet werden.



17.1



17.2



17.3

Abb. 17 Transformation und energetische Sanierung des Wohnhochhauses - Paris 17°, Tour Bois le Prêtre –Druot
Architekten: Lacaton & Vassal, Paris

Die Abb. 17.1-17.3 zeigen das Prinzip von „angehängten“ singulären Wintergärten, welche im Projekt der Transformation und energetische Sanierung des Wohnhochhauses 2011 in Paris durch das Architekturbüro Lacaton + Vasal umgesetzt wurden.

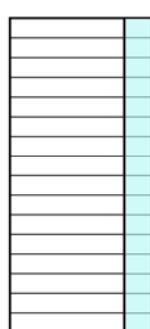
Eine schrittweise konzeptionelle Weiterentwicklung dieses Konzeptes (Abb. 18.2) und des Ersetzens konventioneller Gebäudesanierung mittels Wärmedämmung der Wände (Abb. 18.1), könnte in dem sowohl innovativen als auch energetisch effizienten Ansatz einer „vor“ (Abb. 18.3) und schließlich ganzheitlich „vor UND über“ (Abb. 16.4) das Bestandsgebäude platzierten vertikale Klimahülle bestehen.

Verschiedene kombinierte Elemente wie die in diesem Fall sehr effektive Nutzung natürlicher Konvektion, sowie die gezielte Ausrichtung, Materialwahl und Verschattung je nach Himmelsrichtung, könnten hier ebenfalls die oftmals per se sehr unökologische und unökonomische Gesamtenergiebilanz eines Hochhauses sowohl bei einem Neubau, als auch im Sanierungsfall deutlich verbessern. Ein weiterer- neben den gebäudeklimatischen- auch aus soziologischen Gesichtspunkten interessanter Aspekt, könnte die gemeinschaftliche Nutzung dieses klimatisch gepufferten Raumes, der je nach Ausführung und Bepflanzung neben einer hohen Aufenthaltsqualität und Funktion eines Klimapuffers durch die Versorgung mit gefilterter schadstofffreier Frischluft wie eine transparente „Lunge“ für das Gebäude dahinter wirken könnte.

Ein weiterer Vorteil sind die vergleichsweise sehr günstigen Herstellungskosten, da insbesondere bei Hochhäusern ein sehr hoher Grad an serieller Vorfertigung der Klimahüllenelemente erfolgen kann.



18.1



18.2



18.3



18.4

Abb. 16 Möglichkeiten vertikaler Klimahüllenvarianten im Vergleich

Systemadaption auf weitere Arten von Emissionsbelastung

Schließlich kann durch relativ einfache Adaption des Systems Klimahülle auch die Charakteristika und Bauspezifika der Klimahülle in Blankenfelde-Mahlow, die hauptsächlich für eine Reduktion der Lärm- und Feinstabbelastung ausgelegt ist, auf andere Arten von Emissionsbelastung ausgelegt werden.

Hier seien zum einen die Anwendbarkeit des Systems auf extreme Klimabedingungen (Trend zu deutlich heißeren Sommern und starken Unwettern auch in Mitteleuropa), als auch eine extreme Schadstoffbelastung der Luft hauptsächlich in Ballungsräumen (Überschreitung von Feinstaub-/ Stickoxid- und Schwefeloxidwerten in verschiedenen deutschen Städten) beispielhaft erwähnt.

Die Forschungsarbeit für die Klimahülle Kita in Blankenfelde-Mahlow ist zwar auf die spezifische Aufgabe ausgerichtet. Dennoch sind die erarbeiteten Kenntnisse über Rechen- und Simulationswerkzeuge direkt auf andere Projekte übertragbar. Modellierung und Simulation der Hülle und ihrer technischen Ausstattung (Verschattungselemente, Kühl-/Heizsegel, Wärmepumpe, Eisspeicher, PV...) mittels der Software „DesignBuilder / EnergyPlus“ lassen sich direkt auf andere Projekte übertragen.

Weitere Umweltentlastungspotentiale

Allgemein bestehen beim Einsatz dieses Klimahüllentyps neben dem Lärmschutz durch die gezielte Nutzung von hauptsächlich solaren Energiegewinnen und die gezielte Wärme- und Kälterückgewinnung je nach Größe und Art der Bauaufgabe große Energieeinsparpotentiale bei Heiz-/Kühl-/Stromverbrauch(Nullenergiestatus) und der damit verbundenen Verringerung des klimaschädlichen Verbrauchs hoher Energiemengen.

Ein wichtiger Aspekt ist auch die ökologische Betrachtung des gesamten Lebenszyklus` der Klimahülle, welche sich neben einer ressourcenschonenden Bauweise auch durch die 100%ige Recyclingfähigkeit der Baumaterialien (Stahl, Glas, Glasfasergewebe) auszeichnet.

Schließlich bestehen auch außerhalb Deutschlands Anwendungsmöglichkeiten. In vielen Ländern werden neue Stadtteile oder gar Städte in unwirtlicher Umgebung geplant, z. B. China (Golmud) , Saudi-Arabien (King Abdullah Economic City), VAE (Masdar). Hier bietet sich das Konzept der Klimahülle an, um ressourcenschonend lebenswerten Wohn- und Arbeitsraum zu schaffen. An die Stelle traditioneller Gebäude mit konventionellen Klimaanlage tritt die energetisch aktive Klimahülle mit variabler Verschattung und großem Energiespeicher.

Fazit:

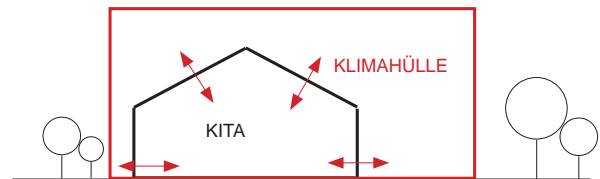
Die dem Forschungsprojekt immanente Ambivalenz hinsichtlich der Abgrenzung spezieller Projektcharakteristika der Klimahülle für die Kita in Blankenfelde-Mahlow im Gegensatz zu einem daraus abzuleitenden, allgemeingültigen und auf andere Bereiche übertragbaren „Systemgedanke Klimahülle“, stellt somit keinen Widerspruch dar.

Im Gegenteil ließen sich die vielfältigen im Rahmen des Forschungsprojektes bereits gewonnen Erkenntnisse sowie das Know How im Umgang mit der Modellierung und Simulation von Klimahüllenparameter –und künftig insbesondere durch die Auswertung der bei Realisierung des Prototypen in einem anschließenden Monitoring ermittelten Daten und Fakten- direkt auf andere Klimahüllenprojekte mit anderen Anforderungen adaptieren und anwenden.

Somit kann man die Entwicklung und Systemplanung des spezifischen Klimahüllenprototyps in Blankenfelde-Mahlow trotz des spezifischen Kontexts einer Kita mit extremen Lärm- und Feinstabbelastung durchaus auch als modellhaft, multiplizierbar und daher als unabhängige Klimahüllenforschung im Allgemeinen betrachten.

Literatur

- [1] „Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 und 2004 - Gesetze, Studien, Verordnungen: Zukunft Haus“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-historie/enev-2002-und-2004.html>. [Zugegriffen: 23-Juli-2014].
- [2] ALHO GmbH, „Energieeinspar nachweis nach der Energieeinsparverordnung EnEV - KITA Blankenfelde“, ALHO GmbH, Morsbach, Apr. 2003.
- [3] „Trassenführung und Lärmschutz: Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg“. [Online]. Verfügbar unter: <https://mvi.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/schiene/rheintalbahn/trassenfuehrung-und-laermschutz/>. [Zugegriffen: 19-Apr-2016].
- [4] „Kita auf dem Lerchesberg: Kita-Neubau trotz Fluglärm | Frankfurter Neue Presse“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.fnp.de/lokales/frankfurt/Kita-Neubau-trotzt-Fluglaerm;art675,1571215>. [Zugegriffen: 19-Apr-2016].
- [5] „NORAH - NORAH Website“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.laermstudie.de/>. [Zugegriffen: 19-Apr-2016].
- [6] „Parkstadt Ost, Parkhaus | Zweckverband Flugfeld Böblingen/Sindelfingen“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.flugfeld.info/de/investoren-und-nutzer/alle-objekte/45-parkstadt/235-parkstadt-ost-parkhaus.html>. [Zugegriffen: 19-Apr-2016].
- [7] „16. BImSchV - Einzelnorm“. [Online]. Verfügbar unter: http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_16/_2.html. [Zugegriffen: 19-Apr-2016].
- [8] „Entwurf, Bemessung und konstruktive Durchbildung einer Klimahülle für die Kindertagesstätte Kleine Weltentdecker in B-Marzahn“ Auszug aus der Bachelorarbeit von Aldinger, Lotte: 2014. TU Berlin FG Entwerfen und Konstruieren – Massivbau, Betr. Prof. M. Schlaich, Dipl.-Ing. Dirk Peissl



A9 Zusammenfassung und Projektkennblatt DBU

Verfasser: **TU Berlin, FG Entwerfen und Konstruieren - Massivbau, sbp sonne gmbh**

Inhalt (S1. - S 3):

- Zusammenfassung:

-> **wesentliche Projektcharakteristika auf einen Blick:**

- Angemessenheit der Baumaßnahme
- Innovationshöhe
- Modellhaftigkeit:
- Umweltentlastungspotentiale

- **Projektkennblatt DBU:**

- Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens
- Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden
- Ergebnisse und Diskussion
- Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation
- Fazit

Anhang A9 - Zusammenfassung: -> wesentliche Projektcharakteristika auf einen Blick

- **Angemessenheit** der Baumaßnahme- primär: Reaktion auf extrem exponierte Lärmsituation

- möglichst große vor extremem Fluglärm und Feinstaub (Nanopartikel) geschützte Kitanutzfläche:

-> Bruttogrundfläche der Kita bisher: 730 m² -> Fläche der Klimahülle: 1.950 m² (Faktor 2,7)

-> Rauminhalt der Kita bisher: 2.500m³ -> Rauminhalt der Klimahülle: 12.650 m³ (Faktor 5)

- ganzjährig mögliche Nutzung des Klimahüllenraumes (nie unter 0°, nie über 30 °) ermöglicht:

-> auch bei großer Außenhitze- und Kälte Aufenthalt der Kinder in lärmgeschützter Frischluft

-> besondere didaktische Konzepte (Heranführung der Kinder an Umgang mit verschiedenen Pflanzen unterschiedlicher Klimazonen- Umwelterziehung durch besondere botanische Projekte möglich)

-> Senkung des Krankenstandes der Kinder und Erzieher durch stets ausreichende Licht- und Frischluftverhältnisse sowie Lärmschutz (spezifisches Innen- und Außenschallkonzept)

-> psychologische Auswirkungen (Verringerung Stress, Müdigkeit) durch ganzjährig grüne Vegetation

- Energieeinsparung der Kita: mit der Klimahülle wird die Kita zum Nullenergiehaus:

-> Heizenergie der Kita bisher: etwa 93 kWh/m²a (9 l Heizöl/m²a) -> nachher: 0 kWh/m²a

-> Stromverbrauch bisher 20.000 kWh/a -> nachher: 0 kWh/a

- besonderer didaktischer Mehrwert durch Wandelbarkeit: Erlebarmachen von Technik und Klima

- besonderer räumlicher, architektonischer Mehrwert (Dachgarten mit unterschiedliche Niveaus)

- Wirtschaftlichkeit, Bauablauf:

-> Bau der reinen Hülle liegt mit ca. 1200 EUR/ m² im unteren Preissegment für (Fabrik-)Hallenbauten

-> modulare Vorfertigung im Werk führt zu hoher Planungs- und Kostensicherheit sowie kurzer Bauzeit

-> Betriebs – und Wartungskosten (Reinigung) durch den Einsatz einfacher Technik relativ gering

Innovationshöhe primär: besonderer interdisziplinärer und integrierter Entwurfsansatz

- Klimahülle funktioniert ganzheitlich als räumlich und technisch aufeinander abgestimmter Organismus

-> wandelbares Tragwerk, aktive Energiegewinnung und Schallschutz in gleichwertiger Gewichtung

-> Steuerung eines für Kinder stets behaglichen Innenraumklimas (Temperatur, Luftwechsel, Licht)

- minimaler Einsatz technischer Komponenten mit maximalem Schallschutz und Energiegewinn:

-> Anwendung bewährter Technik (PV, Eisspeicher, Betonkernaktivierung) in Kombination mit neu entwickelten Komponenten (semi-permeable Lärmschutzmodule, wandelbarer Sonnenschutz)

-> innovative Übersetzung und in einen energieautarken, hoch effizienten Gebäude-Organismus

-> einfache Bedienung und Steuerung der einzelnen Komponenten (auch von Kinderhand möglich)

- **Modellhaftigkeit** primär: Übertragbarkeit des Systems auf lärm- und feinstaubbelastete Bereiche

- ähnliche Lärmkorridore bei neuen Start- und Landebahnen bei Flughäfen (München u. Frankfurt)

- ähnliche Feinstaubbelastung von Bildungseinrichtungen an stark befahrenen Straßen, Innenstädten

- Multiplikationsfähigkeit des Systems Klimahülle auf ähnliche Bauten (Schulen, Krankenhäuser, Altenheime)

- Alternativlösung bei der energetischen Sanierung von (denkmalgeschützter) Altbausubstanz

- Anwendung des Systems auf vertikale Klimahüllen (Neubau und Sanierung von Hochhäusern)

- Einfache Adaption des Systems für andere Arten von Emissionsbelastung (neben Schall)

-> extremes Klima: Trend zu deutlich heißeren Sommern und starken Unwettern in Mitteleuropa

-> extreme (Luft-)Verschmutzung: Überschreitung von Feinstaub-/ Stickoxid-Werten in deutschen Städten

- **Umweltentlastungspotentiale** primär: Energieeinsparung bei Heiz-/Kühl-/Stromkosten (Nullenergiestatus)

- Verringerung der Baustellenemissionen (Lärm, Schmutz) und Bauzeit durch im Werk vorgefertigte Bauteile

- 100%ige Recyclingfähigkeit der Baumaterialien der Klimahülle

- Alternative zu konventioneller energetischer Sanierung: Einsparung von Bau-/ Dämmmaterial

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	Referat	Fördersumme	
Antragstitel	Entwicklung eines Prototyps für energetisch aktive und wandelbare Klimahüllen für eine Kita in Blankenfelde-Mahlow		
Stichworte	Bewegliche Tragwerke, Bauphysik, Lärmschutz, Akustik, Solarthermische Energieerzeugung		
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
12 Monate	01.02.2014	30.12.2015	4
Zwischenbericht	31.07.2014		
Bewilligungsempfänger	sbp sonne gmbh Ingenieurbüro Dipl.-Ing Andreas Keil Schwabstraße 43 70197 Stuttgart		Tel +49 (711) 64871-58 Fax +49 (711) 64871-66 Projektleitung Gerhard Weinrebe Bearbeiter Gerhard Weinrebe, Dirk Peissl, Florian Arbes, Markus Wöhrbach
Kooperationspartner	TU Berlin Fachbereich Entwerfen und Konstruieren-Massivbau Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich Gustav-Meyer_Allee 25 13355 Berlin		

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

In dem Forschungsprojekt wird die bestehende Forschung zu konventionellen Klimahüllen auf die Bereiche aktive Energiegewinnung- und -speicherung, Wandelbarkeit und Lärmschutz ausgeweitet. Die Untersuchungen münden konkret in die prototypische Ausarbeitung einer Klimahülle über eine Kindertagesstätte in Blankenfelde-Mahlow. Erhöhten Investitionskosten stehen Einsparungen in den Betriebskosten gegenüber, wobei die Betriebskosten durch eine energetisch effizientere Hülle gesenkt werden können. Die Trennung von Innen- und Außenbereich wird durch bewegliche Elemente oder eine in ihrer Ganzheit beweglichen Klimahülle je nach Bedarf aufgehoben. Die Schutzwirkung der Hülle vor Lärm wird untersucht und optimiert.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die Arbeit ist in die drei Themenbereiche „Tragwerk und Wandelbarkeit“ (TU Berlin), „Energie“ (sbp sonne gmbh) und „Lärmschutz und weitere Studien“ (Fachplaner) unterteilt. Die Untersuchungen erfolgen zielgerichtet im Hinblick auf die Realisierung einer Klimahülle über eine Kita in der Gemeinde Blankenfelde-Mahlow. Die Bearbeitung erfolgt eng verzahnt, da sich die Bereiche gegenseitig beeinflussen und so hohe Synergieeffekte erreicht werden. Die zeitliche Abfolge gliedert sich in „Voruntersuchung“, „Variantenuntersuchung“, „Dimensionierung“ und „Schriftliche Ausarbeitung“. Zur Entwicklung eines integrierten Energiekonzeptes werden verschiedene Prinzipien der Energiegewinnung und -speicherung hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Daraufhin werden Varianten mit Hilfe von Literaturwerten und einem Referenzfall vorab bewertet. Nach der Wahl einer Vorzugsvariante wird die erforderliche Energietechnik dimensioniert und abschließend eine Klimasimulation und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung (statische Amortisationszeit) durchgeführt. Parallel dazu werden für die bauliche Ausgestaltung Materialien/Werkstoffe, verschiedene Tragwerkstypen für die Primärkonstruktion sowie Bewegungsarten und Antriebsmechanismen analysiert und schematisch geordnet. Anhand eines erarbeiteten Kriterienkatalogs (Faktoren: Kosten, Effizienz, Funktionalität, Vereinbarkeit mit dem Energiekonzept) erfolgt die Bewertung der zusammengestellten Ergebnisse hinsichtlich einer möglichen Anwendung. Es werden mehrere Varianten für ein bewegliches Tragwerks ausgearbeitet, miteinander verglichen und eine bevorzugte Lösung gewählt. Weiterhin werden Studien zum Baugrund, zum Lärm- sowie zum Brandschutz erstellt, die in die Konzeptionierung mit einfließen. Nach Festlegung einer einheitlichen Lösung wird der Prototyp im Rahmen einer Vorplanung durchkonstruiert sowie abschließend eine Klimasimulation und eine ökologisch-ökonomische Bilanzierung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Sämtliche gesetzten Ziele der Arbeitsschritte wurden, sowohl inhaltlich als auch bezogen auf die ursprüngliche Kostenkalkulation, vollumfänglich erreicht.

Ein Schwerpunkt des Forschungsprojektes war die Beurteilung und Evaluation der potentiellen Umweltbelastungen durch eine energetisch aktive Klimahülle. Hierbei konnte belegt werden, dass die Weiterentwicklung von der passiven zur aktiven und wandelbaren Klimahülle nicht nur innovativ, sondern auch was die zu erwartende Energiebilanz für Herstellung und künftigen Energieverbrauch angeht, zukunftsweisend und nachhaltig ist. Der Aspekt der Wandelbarkeit macht die Klimahülle nutzerfreundlicher und steigert die Akzeptanz in der Bevölkerung. Der Aspekt des Lärmschutzes erhöht den Grad des Wohlfühlfaktors und des Schutzes. Das verbesserte Raumklima und die verbesserte Luftqualität, welche durch einen steten Luftaustausch und Frischluftzufuhr ermöglicht wird, verhindert zudem die Ausbreitung von Krankheiten und die Ansteckungsgefahr der Kinder in der Kita. Der Aspekt der aktiven Nutzung der Solarenergie senkt die Betriebskosten erheblich und entlastet somit die Umwelt.

Um diesen Kriterien und Ansprüchen gerecht zu werden und schließlich diese Ergebnisse zu erzielen wurde in allen Bereichen – Tragwerk, Energie und Schallschutz – ein integrativer Vorentwurf für die Klimahülle über die KITA Tabaluga in Blankenfelde mit allen Projektbeteiligten gemeinsam entwickelt:

Für die hierbei ermittelte präferierte Lösung einer rechteckigen Rahmenkonstruktion wurden sowohl verschiedene Tragwerks-, Energie- und Schallschutzkonzepte vertiefend untersucht, als auch die Korrelation der verschiedenen Bereiche untereinander untersucht.

Um ein möglichst effizientes, flexibles und leistungsfähiges Gesamtkonzept für die Klimahülle zu erreichen wurde gezielt darauf geachtet, dass aus keinem der verschiedenen Teilbereiche – Tragwerk, Gebäudetechnik und Schallschutz – einseitig ein den Entwurf zu stark dominierendes Einzelelement hervortritt.

Vielmehr lag der Entwurfsansatz auf der Kombination simpler und gut kombinierbarer Einzelmodule der unterschiedlichen Bereiche, um in der Summe eine möglichst hohe Einheit in der Vielfalt der Anforderungen zu erreichen.

Der Sachverhalt, dass hierbei ausnahmslos alle am Projekt beteiligten Planer große Potentiale bei der Weiterentwicklung des Vorentwurfs erkennen und gerne selbst im Rahmen eines Folgeprojekts an der weiteren Forschung, Entwicklung und Realisierung der Klimahülle mitwirken wollen, bestätigt das Erreichen der gesetzten Anforderungen und Ziele.

Darüber hinaus wurden neben einer umfangreichen Klimasimulation verschiedener Varianten eigens für dieses Forschungsprojekt schallgedämpfte Lüftungsöffnungen mit eingebauter „Schallmembran“ entwickelt, getestet und schalltechnisch analysiert.

Diese transparente oder wenigstens transluzente Konstruktion befindet sich in der Fassade und im Dach und soll einerseits den Durchgang von Luft ermöglichen, andererseits den Durchgang von Schall aber möglichst stark behindern.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Neben dem Zwischenbericht wurde bisher im Zuge der Präsentationen bei der Gemeinde Blankenfelde Mahlow auch in der lokalen Presselandschaft – beispielsweise am 20.10.2015 in der „Märkischen Allgemeinen“ mit dem Titel „Erstmalig Klimahülle für Kita in Deutschland“ über das Forschungsvorhaben berichtet. Außerdem veröffentlichte die Akustikberaterfirma advacoustics im Rahmen der DAGA 2015-Tagung (Akustikfachtreffen) einen Fachaufsatz mit dem Titel „Schallschutz mit Klimahüllen“. Weitere Veröffentlichungen folgen.

Fazit

Aufgrund der durchweg positiven Ergebnisse und Forschungserfolge dieses Forschungsprojektes wurde beschlossen, in der gleichen Zusammensetzung des Planungsteams einen Folgeantrag für die weitere detaillierte Forschung und Realisierung dieses Klimahüllenentwurfes in Blankenfelde-Mahlow zu stellen. Die Gemeinde hat hierfür bereits per Beschluss der Gemeinderatssitzung vom 26.11.2015 die weitere Unterstützung des Projektes beschlossen, sowie eine Absichtserklärung der baulichen Umsetzung auf der Grundlage vorhandener Haushaltsmittel erklärt. Im Rahmen eines Folgeprojektes soll nun das bereits bestehende und im ersten Teil erarbeitete Wissen im spezifischen Kontext vertieft, weiterentwickelt und für die Objektplanung und Realisierung der Klimahülle am Standort der Kita Tabaluga in Blankenfelde-Mahlow eingesetzt werden.

Ansprechpartner und Projektbeteiligte:

sbp sonne gmbh

Dr. Gerhard Weinrebe,
Markus Wöhrbach, Florian Arbes
Ingenieurbüro
Sitz der Gesellschaft: Stuttgart Amtsgericht
Stuttgart HRB 731490
Schwabstraße 43 70197 Stuttgart
Telefon + 49 (711) 6 48 71-0 Telefax + 49
(711) 6 48 71-66
solarinfo@sbp.de
www.sbp.de

Technische Universität Berlin

Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich
Dipl.-Ing. Dirk Peissl, B.Sc. Maria Lorenz
Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren
- Massivbau Sekretariat TIB1-B2 Gustav-
Meyer-Allee 25 13355 Berlin Tel.: +49 (0)30
314-72130 Fax: +49 (0)30 314-72132
ek-massivbau@tu-berlin.de
www.ek-massivbau.tu-berlin.de/

Gemeinde Blankenfelde-Mahlow

Ortwin Baier (amt. Bürgermeister)
Marion Dzikowski, Alexander Fröhlich
Karl-Marx-Straße 4 15827 Blankenfelde
Telefon: +49 03379/333-0 Telefax: +49
03379/333-200 verwaltung@blankenfelde-
mahlow.de www.blankenfelde-mahlow.de