

## DIPLOMARBEIT

## LICHTZENTRUM

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin  
unter der Leitung von Ass.Prof. Dipl. -Ing. Dr.techn. Anton Kottbauer

E253-03 Institut für Architektur und Entwerfen  
Forschungsbereich für Raumgestaltung und Entwerfen  
eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von  
Lisa Ellinger  
12122069

Wien, am 27.02.24

Unterschrift



## ABSTRACT

This master's thesis is dedicated to the study of the role of sunlight in architecture and its influence on humans. Sunlight controls various rhythms that influence the life cycle of organisms, including the circadian rhythm. The circadian rhythm shapes our internal clock, which in turn is responsible for our well-being and health. This rhythm is influenced by the natural changes of light and darkness during the course of the day. In our modern 24-hour society, in which we spend a large part of our time indoors and are exposed to artificial light, we are moving further and further away from these biological rhythms. Thus, it is becoming increasingly important to offer people a place that consciously enables and supports the synchronicity of the day-night cycle.

The master thesis explores the question of how architecture and lighting design can contribute to the experience and use of the positive effect of sunlight. It first considers basic findings about the historical significance of light, the perception of light and space, and the diverse effects of light on human health. A central role is played by the human sleep-wake rhythm and its considerable influence on our performance and mental and physical health. In addition, the biological mechanisms responsible for human sensitivity to light are illuminated, including the specific effects of certain light wavelengths on the organism.

Within the framework of the design project „Lichtzentrum“, a concept was developed which, due to its architectural and spatial qualities, represents a stimulating effect on our organism. Based on extensive knowledge of light control, spectral colors, light intensity and the production and synthesis of substances in the human body, spaces were created that specifically promote the circadian rhythm and biological processes of our body. Lichtzentrum project illustrates how optimized architecture and lighting design can have significant positive effects on sleep quality, energy levels, mood, productivity and even the immune system. The design project thus underscores the importance of a holistic approach to the interaction of light and architecture for people's well-being and health.

## ABSTRACT

Die vorliegende Masterarbeit widmet sich der Untersuchung der Rolle von Sonnenlicht in der Architektur und dessen Einfluss auf den Menschen. Sonnenlicht steuert verschiedene Rhythmen, die den Lebenszyklus von Organismen beeinflussen, darunter auch den circadianen Rhythmus. Der circadiane Rhythmus prägt unsere innere Uhr, die wiederum für unser Wohlbefinden und unsere Gesundheit verantwortlich ist. Dieser Rhythmus wird durch die natürlichen Veränderungen von Licht und Dunkelheit im Tagesverlauf beeinflusst. In unserer modernen 24-Stunden-Gesellschaft, in der wir einen Großteil unserer Zeit in geschlossenen Räumen verbringen und künstlichem Licht ausgesetzt sind, entfernen wir uns immer mehr von diesen biologischen Rhythmen. Dadurch gewinnt es zunehmend an Bedeutung, den Menschen einen Ort zu bieten, der ihnen bewusst die Synchronizität des Tag-Nacht-Zyklus ermöglicht und unterstützt.

Diese Masterarbeit geht der Frage nach, wie Architektur und Lichtgestaltung zur Erlebbarkeit und Nutzung der positiven Wirkung von Sonnenlicht beitragen können. Dabei werden zunächst grundlegende Erkenntnisse über die historische Bedeutung von Licht, die Wahrnehmung von Licht und Raum sowie die vielfältigen Auswirkungen von Licht auf die menschliche Gesundheit betrachtet. Eine zentrale Rolle spielt dabei

der menschliche Schlaf-Wach-Rhythmus und dessen erheblicher Einfluss auf unsere Leistungsfähigkeit und psychische und physische Gesundheit. Darüber hinaus werden die biologischen Mechanismen beleuchtet, die für die Lichtempfindlichkeit des Menschen verantwortlich sind, einschließlich der spezifischen Wirkungen bestimmter Lichtwellenlängen auf den Organismus.

Im Rahmen des Entwurfsprojekts „Lichtzentrum“ wurde ein Konzept entwickelt, das aufgrund seiner architektonischen und räumlichen Qualitäten eine anregende Wirkung auf unseren Organismus darstellt. Auf der Grundlage umfangreicher Erkenntnisse über Lichtsteuerung, spektrale Farben, Lichtintensität sowie die Produktion und Synthese von Substanzen im menschlichen Körper wurden Räumlichkeiten geschaffen, die gezielt den circadianen Rhythmus und die biologischen Prozesse unseres Körpers fördern. Das Projekt „Lichtzentrum“ verdeutlicht, wie eine optimierte Architektur und Lichtgestaltung erhebliche positive Auswirkungen auf Schlafqualität, Energielevel, Stimmung, Produktivität und sogar das Immunsystem haben können. Das Entwurfsprojekt unterstreicht somit die Bedeutung einer ganzheitlichen Herangehensweise an das Zusammenspiel von Licht und Architektur für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen.

## LICHTZENTRUM

Entwurf eines Lichtzentrums am Cobenzl  
Untersuchung der Rolle von Sonnenlicht in der Architektur  
und dessen Einfluss auf den Menschen.

## INHALT

<b>01</b>	<b>EINLEITUNG</b>	11
<b>02</b>	<b>GESCHICHTE DES LICHTS</b>	15
	1 Licht in der Antike	17
	2 Licht in der Moderne	27
	3 Inszeniertes Licht	37
<b>03</b>	<b>LICHTWAHRNEHMUNG</b>	43
	1 Licht und Raumwahrnehmung	44
	2 Visuelle Wahrnehmung	46
	3 Wahrnehmungsebenen	49
	4 Spektrale Qualität des Lichts	51
<b>04</b>	<b>LICHT UND GESUNDHEIT</b>	57
	1 Wirkungsmodell Mensch und Licht	59
	2 Licht und Biologische Rhythmen	60
	3 Auswirkung Licht auf Fotorezeptoren	62
	4 Menschliches Hormonsystem	64
	5 Lichttherapie - Depression	69
	6 UV-Strahlung Vitamin D	72
<b>05</b>	<b>ENTWURFSKRITERIEN</b>	75
	Morgenlicht	79
	1 Anwendungsbereich	81
	2 Sonnenlichtkriterien	82
	3 Kunstlichtkriterien	88
	Zusammenfassung Lichtkriterien	95
	Mittagslicht	99
	1 Anwendungsbereich	101
	2 Sonnenlichtkriterien	102
	3 Kunstlichtkriterien	113
	Zusammenfassung Lichtkriterien	117
	Abendlicht	121
	1 Anwendungsbereich	122
	2 Sonnenlichtkriterien	124
	3 Kunstlichtkriterien	128
	Zusammenfassung Lichtkriterien	133

## INHALT

<b>06</b>	<b>ENTWURF</b>	137
	1 Konzept	138
	2 Raumprogramm	140
	3 Standort	142
	4 Entwurfsentwicklung	152
	5 Entwurfsprojekt	158
<b>07</b>	<b>LICHTRÄUME</b>	177
	1 Morgenlichtraum	178
	2 Mittagslichtterrasse	192
	3 Abendlichtraum	202
<b>08</b>	<b>QUELLEN</b>	217
<b>09</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	225

# 01

## EINLEITUNG

## EINLEITUNG

Sonnenlicht verkörpert die Essenz des Lebens. Vor etwa drei Milliarden Jahren ermöglichte die Sonne die Entwicklung der ersten Lebewesen und prägte seitdem ihren Lebensrhythmus. Das Leben auf unserem Planeten folgt räumlichen und zeitlichen Mustern, während viele natürliche Prozesse sich regelmäßig wiederholen. Die Erde dreht sich in einem 24-Stunden-Zyklus um ihre Achse und umkreist die Sonne in 365 Tagen, was den Wechsel von Tag und Nacht sowie die Jahreszeiten hervorruft. Im Verlauf der Evolution haben sich Organismen an diese äußeren Rhythmen angepasst und eine innere Uhr entwickelt. Diese Anpassungsfähigkeit war von entscheidender Bedeutung für das Überleben der Organismen. Auch der menschliche Körper hat im Laufe der Evolution ein genetisches Verständnis für zeitliche Abläufe entwickelt. Tagsüber funktioniert unser Körper anders als nachts. Früher war dies von großer Bedeutung, da der Mensch tagsüber aktiv sein musste, um Nahrung zu finden, während der Körper nachts Ruhe und Schlaf benötigte. Unser Organismus ist auf verschiedene Rhythmen eingestellt, die alle vom Sonnenlicht gesteuert werden. Diese Rhythmen spielen eine entscheidende Rolle bei der Regulation verschiedener biologischer Prozesse und beeinflussen unser Wohlbefinden und unsere Gesundheit maßgeblich.

Licht synchronisiert unsere biologischen Rhythmen mit dem Verlauf von Tag und Nacht. Helles Licht am Morgen und Vormittag steuert unsere innere Uhr und aktiviert unseren Körper. Ein hoher Blauanteil im Licht und Helligkeit tagsüber halten unsere Aktivierung und Leistungsfähigkeit aufrecht. Bei Einbruch der Dunkelheit schaltet unser Körper in den Ruhe- und Erholungsmodus um. Neben dem Schlaf-Wach-Zyklus beeinflusst die innere Uhr auch die Funktionen unserer Organe und unsere Stimmung. Ein stabiler Tag-Nacht-Rhythmus erfordert nicht nur eine tageslichtähnliche Beleuchtung, sondern auch Ruhe und Dunkelheit während der Nacht.

In unserer heutigen 24-Stunden-Gesellschaft entfernen wir uns jedoch zunehmend von diesem natürlichen Rhythmus, indem wir uns vermehrt in Innenräumen aufhalten und abends starken Lichtquellen ausgesetzt sind. Dies hat gefährliche Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Die ersten Anzeichen einer gestörten Tag-Nacht-Rhythmik sind Müdigkeit, Antriebslosigkeit, Stimmungstrübheit, verringerte Leistungsfähigkeit am Tag und Schlafstörungen in der Nacht. Ein Ungleichgewicht unserer inneren Uhr kann Auswirkungen auf unser Immunsystem, Probleme mit Blutdruck und Blutzucker sowie Krankheiten wie Krebs und Depressionen haben.<sup>1</sup> Neben der Regulation unserer Rhythmen spielt Sonnenlicht auch eine bedeutende Rolle bei der Produktion und Synthese lebenswichtiger Substanzen. Zum einen fördert es die Bildung von Melanin, welches unseren Schutz vor der Sonne verbessert. Zum anderen ist es essenziell für die Produktion von Vitamin D, das eine Schlüsselrolle im Stoffwechsel, der Gesundheit von Knochen und Muskeln sowie dem Verlauf chronischer Krankheiten spielt.<sup>2</sup>

Diese Masterarbeit untersucht die bedeutende Rolle von Sonnenlicht in der Architektur und legt dabei einen besonderen Fokus auf die Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Licht erfüllt nicht nur eine funktionale Aufgabe im visuellen Sehen, sondern besitzt auch eine Vielzahl nicht-visueller Einflüsse, die sich auf emotionale Qualitäten und biologische Prozesse auswirken. Im Laufe der Geschichte hat sich unser Verhältnis zum Licht verändert, was sowohl Vorteile als auch Herausforderungen mit sich gebracht hat. Dennoch bleibt unverändert, dass Sonnenlicht eine essentielle Rolle für das menschliche Leben spielt und unseren individuellen Lebensrhythmus maßgeblich beeinflusst. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein tieferes Verständnis dafür zu entwickeln, wie Licht als Instrument in der Architektur genutzt werden kann, um die Synchronisierung unserer inneren biologischen Uhr mit dem circadianen Rhythmus zu unterstützen und somit unser Wohlbefinden sowie unsere Gesundheit zu verbessern.

Im ersten Kapitel werden grundlegende Erkenntnisse über die historische Bedeutung von Licht in der Architektur anhand von praktischen Beispielen untersucht. Die Recherche gibt einen Überblick über die verschiedenen Techniken und Stile, die im Laufe der Jahrhunderte verwendet wurden um das Sonnenlicht optimal zu nutzen und zu steuern. Dabei werden sowohl die kulturellen als auch technologischen Entwicklungen berücksichtigt.

Im zweiten Kapitel wird die Beziehung zwischen Licht und Raum analysiert. Es werden verschiedene Methoden untersucht, mit denen durch den gezielten Einsatz von Licht eine bestimmte Atmosphäre oder Wahrnehmung erzeugt werden kann. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Frage, wie Licht genutzt werden kann, um Räume zu gestalten und zu definieren.

Im dritten Kapitel liegt der Fokus auf der Erforschung der gesundheitlichen Auswirkungen von Licht auf den menschlichen Körper. Es wird betont, wie bedeutsam Sonnenlicht für unsere körperliche Verfassung und Gesundheit ist. Eine zentrale Rolle spielt dabei der menschliche Schlaf-Wach-Rhythmus, der einen signifikanten Einfluss auf unsere Leistungsfähigkeit und unser Wohlbefinden hat. Es wird untersucht wie der circadiane Rhythmus der Sonne unsere innere Uhr beeinflusst und welche Konsequenzen dies für unseren Körper mit sich bringt. Des Weiteren werden die biologischen Mechanismen beleuchtet, die für die Lichtempfindlichkeit des Menschen verantwortlich sind. Hierbei liegt ein besonderes Augenmerk auf den spezifischen Effekten, die bestimmte Lichtwellenlängen auf unseren Organismus haben.

Im vierten Kapitel wird das Entwurfsprojekt „Lichtzentrum“ entwickelt. Der Entwurf wurde darauf konzipiert, dass seine architektonischen und räumlichen Qualitäten eine anregende Wirkung auf unseren Organismus darstellt. Auf der Grundlage umfangreicher Erkenntnisse über Lichtsteuerung, spektrale Farben, Lichtintensität

sowie die Produktion und Synthese von Substanzen im menschlichen Körper wurden Räumlichkeiten geschaffen, die gezielt den circadianen Rhythmus und die biologischen Prozesse unseres Körpers fördern. Das Projekt „Lichtzentrum“ zeigt wie Architektur und Lichtgestaltung erhebliche positive Auswirkungen auf unser Leben haben können. Zum Beispiel in Bezug auf Schlafqualität, Energielevel, Stimmung, Produktivität und sogar auf das Immunsystem.

Das Projekt „Lichtzentrum“ veranschaulicht die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes für das Zusammenspiel von Licht und Architektur, wenn es um das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen geht. Die Ergebnisse dieser Arbeit tragen dazu bei, ein besseres Verständnis für die positiven Effekte des Einsatzes von Licht in der Architektur auf den menschlichen Organismus zu gewinnen. Durch die Anerkennung der wichtigen Rolle von Licht können wir unsere gebaute Umgebung bewusst gestalten und eine positive Atmosphäre schaffen, die einen nachhaltigen Einfluss auf unser Wohlbefinden hat.

<sup>1</sup> Vgl. Prof. Andreas Schulz: Wirkung des Lichts auf den Menschen, Frankfurt am Main: Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2023, licht.wissen 19 S. 6-23  
<sup>2</sup> Vgl. Niederösterreich-Werbung GmbH: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen - Wissenswertes aus der Medizin. <https://www.gesund-bleiben.at/die-heilende-kraft-der-sonnenstrahlen> (19.04.2023).

## 02

### GESCHICHTE DES LICHTS

"The history of architecture is the history of the struggle for light."  
 -Le Corbusier

# 1

## LICHT IN DER ANTIKE

Licht hat in vielen Kulturen und nahezu allen Weltreligionen eine große Bedeutung und wurde oft als göttliche Quelle des Lebens verehrt. Licht leitet den Blick der Betenden auf das Wesentliche, so wurde es ein wesentlicher Bestandteil in der Architektur von Gebetsstätten und Tempeln. Die Baustile und Formsprache verändern sich stetig, der Bezug zum Licht jedoch bleibt. Auch in der menschlichen Gedankenwelt wird Licht als Synonym für Leben verwendet. In gewissen antiken Kulturen wurde das Licht durch Sonnengötter personifiziert, um die Wichtigkeit des Lichts zu untermauern.<sup>1</sup>

Menschen haben Architektur nicht nur aus funktionalen Gründen, wie Schutz vor Raubtieren oder feindlich gesinnten Personen, gestaltet. Ein wichtiger Grund war auch die Harmonie mit der Umwelt zu verstärken. Die Bedeutung der Sonne war dabei allgegenwärtig und wurde bei der Wahl von Wohnorten und Kultstätten sowie der Gestaltung von Häusern berücksichtigt. In der Antike war das Tageslicht die wichtigste Lichtquelle, und Licht war ein Symbol für Sauberkeit, Reinheit, Wissen und den Himmel. Ergänzt wurde dies durch Brennstoffe wie Kerzen und Lampen. Die Architektur der damaligen Zeit war eine natürliche Reaktion auf die Notwendigkeit, Innenräume mit Tageslicht zu versorgen.<sup>2</sup>

Öffnungen in Mauern und versenkte Höfe wurden genutzt, um Sonneneinstrahlung zu optimieren und Wärme, Kühlung, Schatten und Schutz vor Feinden zu bieten. In vielen Gemeinschaften war die Sonne eine wichtige Wärmequelle und trug zum Wohlbefinden bei. In Regionen, in denen es viel und helles Tageslicht gab, verringerten die Architekten die Größe der Öffnungen und verwendeten ein Medium zur Streuung des Lichts, z. B. Schirme oder Verglasungen. Die Architektur dieser Zeit lenkte das Licht geschickt dorthin, wo es gebraucht wurde, und alle Öffnungen im Gebäudedesign wurden hervorgehoben. Helle Bereiche wurden genutzt, um auf besondere Funktionen oder Ereignisse in einem Raum hinzuweisen, etwa auf den Standort eines Altars in einer Kirche oder einer antiken Götterstatue. Dieser Trend lässt sich in verschiedenen historischen Epochen beobachten, darunter das alte Ägypten, Griechenland, Rom, Byzanz, die Romanik, Gotik, Renaissance und der Barock.<sup>2</sup>

1  
2

Vgl. Karl Kühn: Studien und Arbeiten zu Raum und Licht, TU Wien 2012, S.5  
 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S.9-39

## ANTIKES ÄGYPTEN

Im antiken Ägypten wurde die Architektur so gestaltet, dass sie das reichlich vorhandene Tageslicht nutzte. Um Blendung zu vermeiden und das Sonnenlicht zu regulieren, wurden Wand- und Dachöffnungen möglichst klein gehalten. Die Größe der Öffnungen wurde durch die Spannweite des Steins begrenzt, und die meisten waren quadratisch und mit massiven Türstürzen versehen. Oberlichter ermöglichten tiefe Grundrisse und förderten ebenfalls den Einfall von Tageslicht ins Innere. Um das Sonnenlicht zu mildern und zu streuen, wurden dicke Mauern verwendet, die durch mehrere Reflexionen das Licht im Raum verteilten. Weitere Öffnungen waren in Form von Dachschlitzen, kleinen Fenstern und Eingangstüren vorhanden.<sup>1,2</sup>

Ägyptischer Tempel orientierten sich im Grundriss an den Bewegungen der Sonne, so wurden Bauten meist an einer Ost-West-Achse gebaut. Die Hauptfassade der Tempel war bei ägyptischen Tempeln meist östlich ausgerichtet, hier fanden, bei den ersten Morgenstrahlen der Sonne, wichtige Zeremonien statt. Nicht nur die alten Ägypter, sondern auch andere antike Kulturen glaubten, dass die Sonne der höchste Schöpfer des Universums sei. Archäologische Stätten weltweit wurden in Anlehnung an die jährliche Reise der Sonne über den Himmel errichtet.<sup>3</sup>

Im Tempel von Amun Re wurden verschiedene Strategien zur Nutzung von Tageslicht angewendet, wie zum Beispiel Oberlichter und Dachschlitze. Im Plan des Tempels sind dicke Wände und mehrere Säulen zu erkennen, die eine Streuung des Tageslichts ermöglichten.<sup>2</sup> Der ägyptische Tempel Karnak wurde so ausgerichtet, dass während der Winter- und der Sommer-sonnenwende, die Sonne bei Sonnenaufgang perfekt in der Mitte des Torbogens aufgeht. Dadurch wird der Innenhof und das Heiligtum des Sonnengottes Amun Re erhellt. Die Sonnenstrahlen bewegen sich dann zu den Toren des Tempels, um den alten Tempel der Hatschepsut zu erreichen.<sup>3</sup>



1 Vgl. Fuller Moore: Concepts and Practice of Architectural Daylighting, John Wiley & Sons Inc., 1991 S.3  
 2 Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S1-8  
 3 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008 S.9-39

Abb. 1 Wintersonnenwende in Karnak ©David Degner  
 Abb. 2 Sonneneinfall am Nachmittag im Karnak Tempel ©N. Ramzy

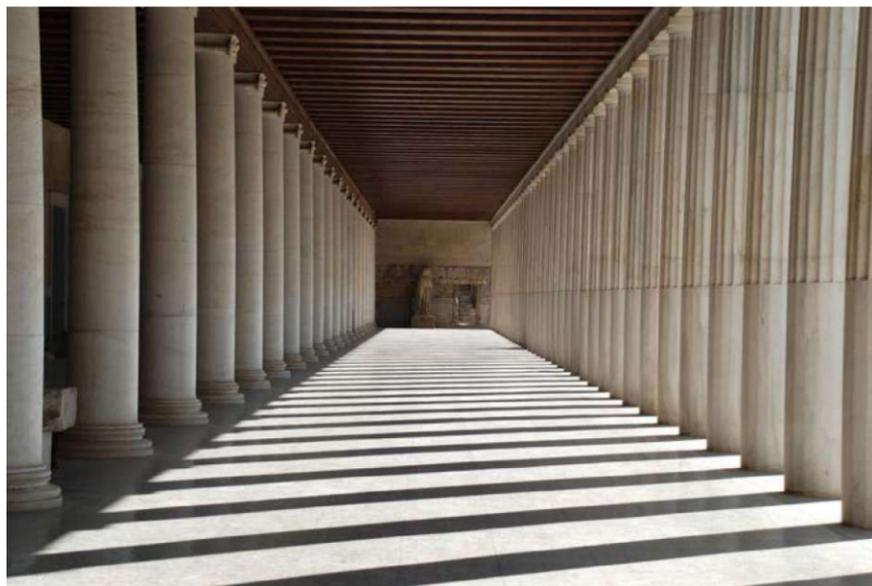


Abb. 3 Schattenspiel Stoa of Attalos in Athen ©ledej

## ANTIKES GRIECHENLAND

Im alten Griechenland fanden die meisten Tätigkeiten im Freien statt und die Gebäude wurden hauptsächlich zum Betrachten und nicht zum Wohnen konzipiert. Ein wichtiger Aspekt war der Dialog zwischen Licht und Schatten, der als grundlegendes Gestaltungselement genutzt wurde. Durch die Verwendung von Kolonnaden und Laubengängen wurden Schatten und räumliche Ebenen erzeugt. Die Bedeutung von Öffnungen zur Belichtung war begrenzt, außer zur Hervorhebung von Statuen und Ornamenten. Die starken direkten und reflektierten Sonnenstrahlen wurden genutzt, um die Ornamente an den Außenseiten mit Blattgold und farbigem Stein zu betonen. Die Tempel wurden nach Osten ausgerichtet, um die Statuen ihrer Götter bei Sonnenaufgang durch große Türen und Dachöffnungen zu beleuchten. Die antiken Architekten nutzten verschiedene morphologische Lösungen, um das natürliche Licht einzufangen und die entsprechenden Schatten und Kontraste zu erzeugen, die die Schlüsselemente des Gebäudes hervorheben. Besonders die Säule im dorischen und ionischen Stil sticht als Element hervor, da sie notwendige Schattierungen erzeugt und ästhetische Motivationen hatte. Die Wände wurden bewusst im Dunkeln belassen, um das Licht-Schatten-Verhältnis zu verstärken und grundlegende rhythmische Erscheinungen erkennbar zu machen.<sup>1,2,3</sup>

Die solaren Gestaltungsprinzipien der griechischen Architektur dienten nicht nur der symbolischen Verehrung der Sonne, sondern waren auch funktional und wurden als Wärmequelle genutzt. In den Wohngebieten wurde ein orthogonaler Stadtplan verwendet, um einen solarbasierten Zugang zu den Häusern für Beleuchtung und Beheizung zu ermöglichen.<sup>1,2,3</sup>

1 Vgl. Fuller Moore: Concepts and Practice of Architectural Daylighting, John Wiley & Sons Inc., 1991, S.4-5  
 2 Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S. 1-8  
 3 Vgl. Etem: the architecture of ancient greece - a play with light (10.21.2021) <https://etem.com/bg/node/1051>.(30.04.2023)

## ANTIKES ROM

Durch den technischen Fortschritt waren die Römer in der Lage Rundbögen, Tonnengewölbe sowie Kuppeln zu erbauen. Somit waren größere Öffnungen, die viel Tageslicht in den Raum brachten möglich. Verglasungen ließen Licht herein und hielten gleichzeitig kalte Winde und Regen ab. Größere Oberlichter und Lichtkuppeln erlaubten mehr Licht in tiefere Innenräume. Zudem erlaubte der geradlinige Grundriss der Gebäude eine bessere Belichtung nach Süden, was vor allem im Winter wichtig war.<sup>1,2</sup>

Das Pantheon ist ein architektonisches Meisterwerk, das seine Symbolik aus der Kuppel und den Bodenfliesen bezieht. Der Kreis im Quadrat repräsentiert die Verbindung zwischen Himmel und Erde. Der Grundriss und Schnitt des Gebäudes basieren auf einem Kreis in einem Quadrat, wobei der Kreis das Himmlische und das Quadrat das Irdische repräsentiert. Die Ausrichtung nach Norden ist sehr untypisch für einen Tempel, so fühlt sich der Eingang kalt und düster an, es hat jedoch einen symbolischen Zweck. Die Nordachse wendet sich an das Mausoleum des Augustus und dramatisiert den Eintritt ins Sonnenlicht und die symbolische Funktion des Gebäudes als Zeitmesser. Das Pantheon übernimmt die Rolle des Hemizyklus als Zeitmesser und stellt symbolische Verbindungen durch die Zeit her. Die Sommer- und Winter-Sonnenwenden sowie die Frühlings- und Herbst-Tagundnachtgleichen sind wichtige Ereignisse, die durch das Licht des Okulus und der Tür hervorgehoben werden. Während der Herbst-Tagundnachtgleiche durchdringt das Licht des Okulus die obere Hälfte der Kuppel des Pantheons.

Während der Wintersonnenwende erreicht es seinen höchsten Punkt und zur Frühlings-Tagundnachtgleiche berührt es die Basis der Kuppel, um dann durch das Gitter über der Eingangstür zu scheitern. Das Sonnenlicht lädt ein durch den dunklen Eingang ins leuchtende Innere zu treten. Zur Sommersonnenwende hingegen liegt das Licht des Okulus vollständig auf dem Boden. Während des Sonnenverlauf werden drei Nischen mit Götterstatuen in der Wand beleuchtet. Jedes Jahr am 21. April, der Geburtstag Roms, fällt die Mittagssonne in den Okulus des römischen Pantheons und erzeugt eine Lichtscheibe. Diese ist perfekt auf das Eingangsportal ausgerichtet. Die Abmessungen des Okulus, der Tür und des Gitters wurden sorgfältig proportioniert, um all diese Ereignisse an den spezifischen Daten hervorzuheben.<sup>3</sup>

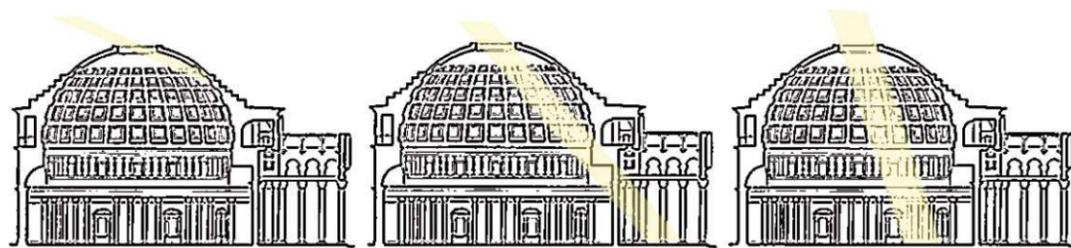


Abb. 4 Sonneneinfall am Nachmittag im Pantheon ©N. Ramzy

- 1 Vgl. Fletcher Banister: A History of Architecture on the Comparative Method, 5th Ed., London, Bradbury, Agnew & Co. Ltd Printers, 1905, S.50-78
- 2 Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S. 1-8
- 3 Vgl. Benjamin Blankenbeher: Das Pantheon: Roms Architektur des Kosmos 2015

## BYZANZ

In der Zeit des Byzantinischen Reiches wurde ein neuer Baustil eingeführt. Dieser zeichnet sich durch den Einsatz von Kuppeln, gestützt auf den Ecken der umliegenden Nebenräume aus. Im Gegensatz zur römischen Architektur hatten diese Kuppeln eine rechteckige Basis. Im byzantinischen Grundriss stand eine Hauptkuppel im Zentrum und wurde von Nebenräumen umgeben, welche mit Halbkuppeln bedeckt waren. Diese Halbkuppeln kreuzten sich unterhalb der Hauptkuppel und schufen ein einzigartiges und beeindruckendes architektonisches Design. Um genügend Licht in diese Gebäude zu bringen, wurden viele kleine Glasfenster am Fuße der Kuppel angeordnet. Einige der Fenster waren mit dünnen Platten aus lichtdurchlässigem Marmor versehen, wodurch der Buntglaseffekt entstand. Dies schuf die Illusion, dass die Kuppel über der tragenden Struktur schwebte. Die Öffnungen waren halbkreisförmig mit hufeisen- oder bogenförmigen Öffnungen gestaltet. Diese Tageslichtbeleuchtung war nicht nur funktional, sondern trug auch zur Schönheit und mystischen Atmosphäre der religiösen Räume bei.<sup>1,2</sup>

Die St.-Sophia-Kathedrale in Konstantinopel, erbaut zwischen 532 und 537 n. Chr. (heute in der Türkei), besaß einen auffälligen Ring aus 40 Fenstern, der die Kuppel optisch wie ein Wasserbecken erscheinen ließ. Zusätzlich war eine Hängevorrichtung installiert, welche es ermöglichte die Kuppel an vier Punkten über einem rechteckigen Raum zu stützen.<sup>2</sup>



Abb. 5 Sonneneinfall am Nachmittag in der St. Sophia Kathedrale in Konstantinopel ©N. Ramzy

- 1 Vgl. Fletcher Banister: A History of Architecture on the Comparative Method, 5th Ed., London, Bradbury, Agnew & Co. Ltd Printers, 1905, S.89-99
- 2 Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S. 1-8

## GOTIK

Die Gotik revolutionierte das Steinmauerwerk durch die Entwicklung des Spitzbogens und des Gewölbes. Dies wurde durch die Überschneidung von Gewölben unterschiedlicher Breite ermöglicht. Rippen an den Gewölbekreuzungen trugen Dachlasten seitlich auf punktuelle Stellen an den Wänden. Strebepfeiler leiteten vertikale Lasten in den Boden und widerstanden seitlichen Belastungen. Die Wand wurde somit erstmals von ihrer historischen Rolle als tragendes Element des Daches befreit, dies führte zu einer neuen Strategie für Tageslichtbeleuchtung. Große von Strebepfeilern gestützt Glasflächen waren nun möglich. Gotische Kathedralen wurden in der Regel nach Ost-West ausgerichtet, um maximale Tageslichtbelichtung durch Fenster an der Südfassade zu erreichen.<sup>1,2</sup>

St. Petersburg in England wurde zwischen 1117 und 1190 als typischer gotischer Kathedralenbau errichtet und verfügt über einen Strebepfeiler, der durch seine Stabilität große Fensteröffnungen ermöglicht.<sup>2</sup>

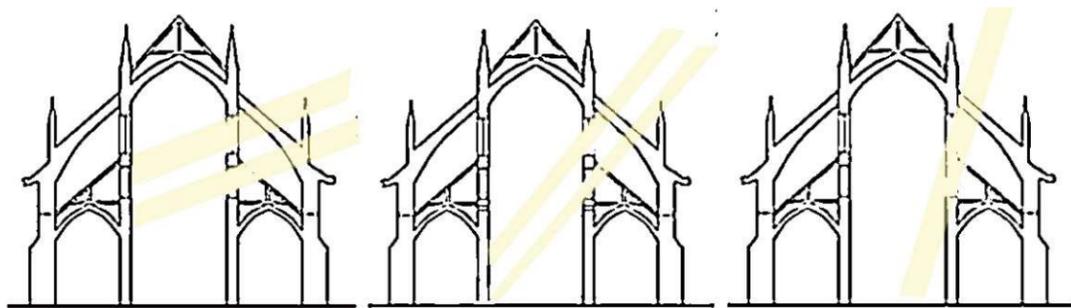


Abb. 6 Sonneneinfall am Nachmittag in der St. Petersburg Kathedrale in England ©N. Ramzy

1 Vgl. Fletcher Banister: A History of Architecture on the Comparative Method, 5th Ed., London, Bradbury, Agnew & Co. Ltd Printers, 1905, S.131-199

2 Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S.1-8

"I sense Light as the giver of all presences, and material as spent Light.  
What is made by Light casts a shadow, and the shadow belongs to Light."

-Louis Kahn

## 2

### LICHT IN DER MODERNE

Bis zum Jahr 1800 war die Gebäudehülle der Hauptfaktor für die Licht- und Wärmeregulierung im Innenraum. Tageslicht war die Hauptquelle für Beleuchtung und wurde durch verschiedene Faktoren wie Klima, Fenstergröße und -anordnung sowie die Nutzung beeinflusst.<sup>1</sup>

Als erstes künstliches Licht in der Architektur wurde das Gaslicht eingesetzt. Aufgrund des hohen Sauerstoffverbrauchs und der erzeugten Hitze konnte es im Innenraum nur begrenzt eingesetzt werden. Thomas Edisons Erfindung der Glühbirne im Jahr 1879 war ein globaler Durchbruch. Heutzutage ist künstliches Licht nichtmehr wegzudenken, der Mensch hat sich davon abhängig gemacht. Mitte des 18. Jahrhunderts gab es einen enormen Wandel der Gesellschaft. Es gab neue Möglichkeiten die die Nacht zum Tag werden ließ und so den bisherigen Lebensstile veränderte. Durch die Überpopulation in den Städten kam es zu dichten Bevölkerungsbauten welche oftmals wenig bis keinen Zugang zum Sonnenlicht hatten. Die Folgen waren Krankheiten. Im 19. Jahrhundert kamen Reformen in der Stadtplanung, welche sich mit der Frischluftzufuhr und dem Zugang zum Sonnenlicht beschäftigten um die Gesundheit der Bevölkerung zu verbessern.<sup>2,3</sup>

Die britische Krankenschwester Florence Nightingale setzte sich für mehr natürliches Licht in Wohnräumen und Krankenstationen ein. Sie bemerkte, dass Patienten auf der Sonnenseite der Krankenhäuser, bessere und schnellere Heilungsprozesse durchliefen. Im Jahr 1903 erhielt Dr. Niels Finson den Nobelpreis für seine Forschung, dass Sonnenlicht Tuberkulose heilt. Des weiteren bewies er, dass die Entwicklung einer Methode zur Heilung von Lupus vulgaris mit Hilfe der Ultravioletttherapie.<sup>2,3</sup> Die Pioniere der modernen Architektur wie Le Corbusier, Frank Lloyd Wright, Louis Kahn, Alvar Aalto, Mies van der Rohe, Tadao Ando nutzten diese neugefundenen Freiheiten, durch den technischen Fortschritt, um neue Bauformen zu erforschen. Obwohl sie viele historische Prinzipien beibehielten, integrierten sie gezielt neue Technologien, wie elektrische Lampen, leichte Hüllenmaterialien, große Glasflächen und elektronische Systeme. Die Komplexität der neuen Architektur erforderte spezialisierte Fachleute in jedem technischen Bereich.<sup>1</sup>

1 Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S1-8  
2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 9-39  
3 Vgl. Karl Kühn: Studien und Arbeiten zu Raum und Licht, TU Wien 2012, S. 5-47

## LE CORBUSIER

Charles-Édouard Jeanneret-Gris, besser bekannt als Le Corbusier (1887 - 1965) schrieb 1923 in seinem Manifest *Vers une Architecture* „Architektur sei das kunstvolle, korrekte und großartige Spiel der unter dem Licht versammelten Baukörper“. Le Corbusier war der Meinung, dass reine Formen nur dann lebendig werden, wenn das Licht sie berührt. Er verdeutlichte seine Aussage, indem er darauf hinwies, dass die von ihm bevorzugten elementaren Formen sich unseren Augen durch Licht und Schatten offenbaren: „les ombres et les clairs relèvent les formes“. Die eigentliche architektonische Struktur kann berührt und erkannt werden, aber sie kann nur unter den Lichtverhältnissen entsprechend den Absichten des Schöpfers als gültig empfangen werden. Le Corbusiers Architekturtheorie basierte auf den geometrischen Grundformen Rechteck, Kreis und Kubus und schuf eine Formensprache, die das Zusammenspiel von Licht und Schatten auf klare und einfache Weise sinnlich wahrnehmbar machte.<sup>1,2,3,4</sup>

Der 1957 von Le Corbusier entworfene Turm der Schatten im Kapitolkomplex von Chandigarh, Indien, ist ein offener Pavillon. Le Corbusier wollte mit diesem ikonischen Bauwerk die Dynamik der Sonnenbewegung erforschen, indem er den Weg der Sonne durch das Spiel der Schatten auf den Innen- und Außenflächen des Turms minutiös nachzeichnete. Das Hauptziel bestand darin, seine Theorie zu untermauern, dass das Sonnenlicht innerhalb des begrenzten Raums der vier Ecken eines Gebäudes wirksam gesteuert werden kann. Der zwischen dem Parlamentsgebäude und dem Justizpalast gelegene Turm unterbricht bewusst die symmetrische Anordnung des weitläufigen zentralen Platzes des Kapitolkomplexes, indem er sich genau entlang der Nord-Süd-Achse ausrichtet. Während die Nordseite des Turms völlig frei bleibt, sind die anderen drei Seiten mit einem Brise-Soleil versehen. Dieses Gestaltungsmerkmal umfasst vertikale Querwände in verschiedenen Winkeln und horizontale Flügelwände mit unterschiedlicher Tiefe. Diese Komponenten erfüllen einen doppelten Zweck: Die Querwände schützen vor tiefstehender Sonne, während die Flügelwände die direkte Sonneneinstrahlung abhalten.<sup>5</sup>

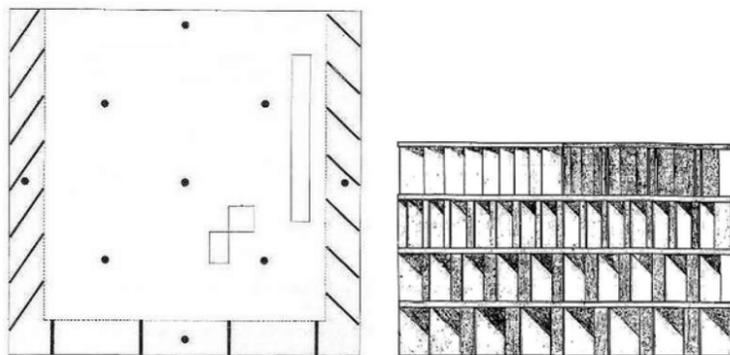


Abb. 7 Tower of Shadows © Cryptic

- 1 Vgl. Mohamed Boubekri: *Daylighting, Architecture and Health*, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 32-38
- 2 Vgl. Le Corbusier, 1923, aus Jörg H. Gleiter: *Architekturtheorie heute*, 2008
- 3 Vgl. Karl Kühn: *Studien und Arbeiten zu Raum und Licht*, TU Wien 2012, S. 21-25
- 4 Vgl. Belakehal, A., Tabet Aoul, K., Bennadji, A.: *The relationships between users and daylighting design in the 20th century architectural practice*, Seoul: Zemch, 2019, S. 1-2
- 5 Vgl. Oz Property Group Pty Ltd: *Tower of Shadows, Chandigarh, India*. <https://blueprint.ozpropertygroup.com.au/tower-of-shadows-chandigarh-india/>.(28.12.2023)



Abb. 8 Tower of Shadows © Cryptic



Abb. 9 Nationalgalerie in Berlin © Simon Menges  
 Abb. 10 Farnsworth House in Plano © Marion Marisol

## WALTER GROPIUS UND MIES VAN DER ROHE

Architekten wie Walter Gropius und Mies van der Rohe verkörpern die Ideologie der Modernen Bewegung mit ihrer Betonung von Einfachheit und Klarheit, sowie ihrem Bewusstsein für die Bedeutung von natürlichem Licht in der Architektur.

Walter Gropius und Mies van der Rohe setzten Tageslicht und Transparenz als zentrales Konzept in ihren Entwürfen ein. Für Gropius führt der Zugang zu Licht und Luft zu einer Verringerung des Bedarfs an bewohnbarem Raum. Er verwarf die Idee des Fensters als ein bloßes Loch in der Wand und bevorzugte eine Vorhangsfassade. Im Gegensatz dazu sah Mies van der Rohe die Fensterwand als untrennbaren Teil von Büros und Häusern an. Er war davon überzeugt, dass die Emotionen der Nutzer durch die Reflexionen des natürlichen Lichts und nicht durch den Licht-Schatten-Kontrast entstehen, der in traditionellen Gebäuden zu finden ist.<sup>1,2,3</sup>

Mies van der Rohe konstruierte 1946 das Farnsworth House in Plano, Illinois. Es ist ein transparentes Bauwerk, das die Werte von Reinheit, Klarheit und Ruhe in einer natürlichen Landschaft verkörpert. Das Farnsworth House schwebt über dem Boden und ist von vier Glaswänden umgeben, die das Tageslicht in das gesamte Haus einströmen lassen, ohne dass die Innenwände die Außenhülle berührt.<sup>1</sup>

1 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S.32-38  
 2 Vgl. Belakehal, A., Tabet Aoul, K., Bennadji, A.: The relationships between users and daylighting design in the 20th century architectural practice, Seoul: Zemch, 2019, S.1-2  
 3 Vgl. Karl Kühn: Studien und Arbeiten zu Raum und Licht, TU Wien 2012, S.27-21

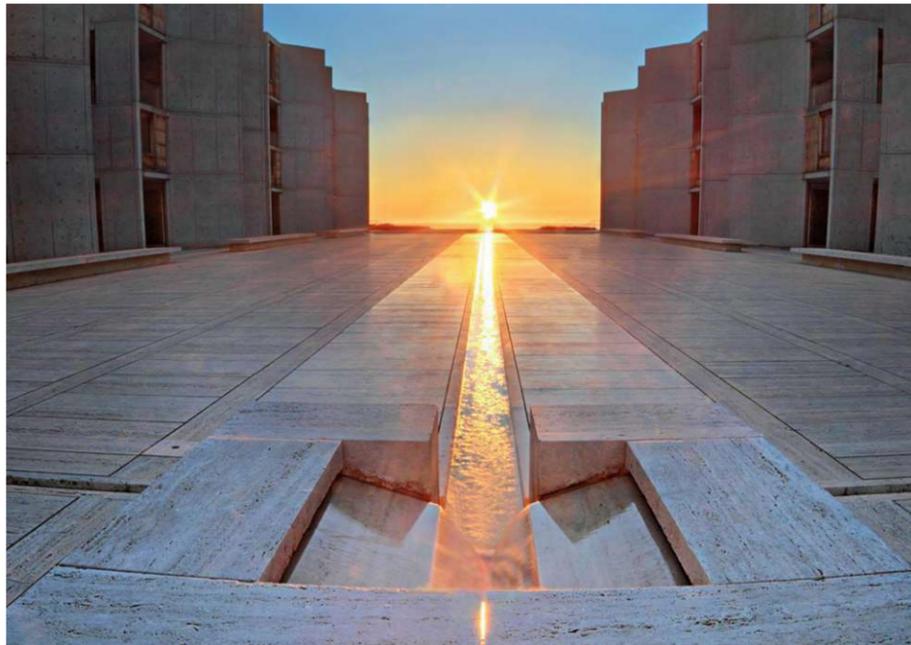


Abb. 11 Tagundnachtgleiche Salk Institute © Sameer Mundkur, 2017

## LOUIS KAHN

Kahn betonte die Bedeutung des Lichts in der Architektur und sah es als „Geber aller Gegenwärtigkeit“. Er glaubte, dass das Licht der Schöpfer der Materie ist und die Aufgabe der Materie darin besteht, einen Schatten zu werfen. Für Kahn ist der dunkle Schatten ein natürlicher Teil des Lichts, daher hat er nie versucht, einen vollständig dunklen Raum zu schaffen. Er bevorzugte einen flüchtigen Lichteinfall, der die Dunkelheit verdeutlicht. Jeder Raum sollte durch seine Struktur und das natürliche Licht definiert werden. Um die Wirkung des Lichts zu betonen, hat Kahn die Lichtquellen oft hinter Lamellen oder Sekundärwänden versteckt.

Bei seinem Projekt Salk Institute for Biological Studies, San Diego California plante er die Ausrichtung des gesamten Gebäudes nach der Sonne. Sowohl bei der Frühlings- als auch bei der Herbst-Tagundnachtgleiche steht die Sonne in einer Linie mit dem versenkten Brunnenkanal im Hof des Salk Institute for Biological Studies. Ein anderes Beispiel ist das Kimbell Museum, Texas. Die zykloiden Gewölbe sind an ihrem Scheitelpunkt geöffnet, um das Sonnenlicht in das Innere zu leiten, wo es über die festen Oberflächen gestreut wird, um die gewöhnlichen Reflexionen der Exponate zu vermeiden.<sup>1,2,3</sup>

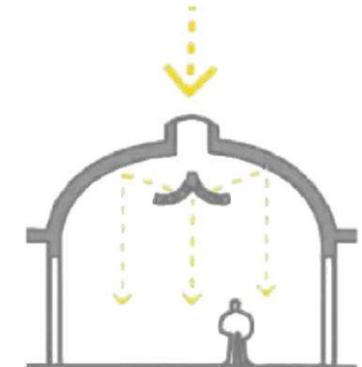


Abb. 12 Kimbell Museum ©Nyole Florence

- 1 Vgl. Thomas Schielke: Light matters (23.04.2013). <https://www.archdaily.com/362554/light-matters-louis-kahn-and-the-power-of-shadow>. (02.05.2023)
- 2 Vgl. Belakehal, A., Tabet Aoul, K., Bennadji, A.: The relationships between users and daylighting design in the 20th century architectural practice, Seoul: Zemch, 2019, S.1-2
- 3 Vgl. Yash Siroliya: Louis I Kahn-The Mystic Behind Silence And Light. <https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a667-louis-i-kahn-the-mystic-behind-silence-and-light/>. (02.05.2023)

## ALVAR AALTO

Alvar Aalto war ein bekannter Architekt des 20. Jahrhunderts aus Finnland. Er beherrschte die Anwendung und Integrierung von Tageslicht in seinen Gebäuden, wo schwierige Lichtverhältnisse herrschen. Er verstand die unterschiedlichen Anforderungen an die Beleuchtung im Wechsel der Jahreszeiten und nutzte verschiedene Techniken wie Oberlichter, verglaste Öffnungen und Gewölbe, um das Licht im Raum zu verteilen und die Schönheit des Inneren zu betonen. In den meisten Gebäuden von Aalto werden Oberlichter eingesetzt, um natürliches Licht zu erhalten. Aaltos architektonische Sprache und Elemente wurden sorgfältig ausgewählt, um eine optimale Nutzung des Tageslichts zu gewährleisten und die Räume zu akzentuieren.<sup>1</sup>

Das Nordjyllands Art Museum wurde 1972 in Dänemark erbaut und ist bekannt für seine beeindruckende natürliche Beleuchtung, welche durch parabelförmige Oberlichtkonstruktionen erzeugt wird. Diese hängen von der Decke herab und werfen das Licht schattenfrei auf die Kunstwerke und Wände.<sup>2</sup>

Aalto konzentrierte sich bei der Gestaltung des Sanatoriums und seiner Räume hauptsächlich auf Sonnenlicht, Luft und Ruhe. Die Hauptidee hinter dem ursprünglich für 296 Patienten geplanten Sanatorium war die Förderung der Heilung und Rehabilitation von Tuberkulosepatienten. Aalto beschrieb das Gebäude als ein „medizinisches Gerät“, das speziell dafür konzipiert wurde. Daher mussten die Patienten, die oft jahrelang dort blieben, täglich mindestens zwei Stunden auf den Terrassen schweigen und atmen, um die Sonne zu genießen - auch bei Temperaturen von bis zu minus 19 Grad im Winter. Aalto verwendete eine Farbpalette, die auf verschiedene architektonische Gegebenheiten im Gebäude abgestimmt ist. Eine beruhigende Farbe wie grün wurde für die Decken der Patientenzimmer verwendet, um die Blendung von außen zu reduzieren und die Augen zu entlasten. Gelb wurde für öffentliche Bereiche verwendet, um die Stimmung zu heben. Es wurde gezeigt, dass die Farbgestaltung der inneren Umgebung den Heilungsprozess beschleunigen kann.<sup>3,4,5</sup>

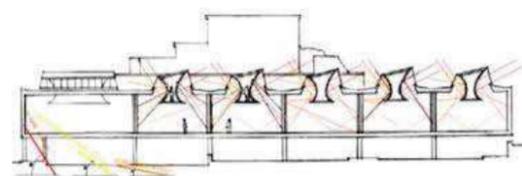


Abb. 13 © Jaroslaw Gruzewski, 1992

1 Vgl. Jaroslaw Gruzewski: Form and daylight as a creative medium: Church of John Paul I in South End, Boston, 1992, <https://core.ac.uk/download/pdf/4431204.pdf> (02.05.2023)

2 Vgl. Henry Plummer: Nordic Light: Modern Scandinavian Architecture. Thames & Hudson, 2012

3 Vgl. Fabrice Fouillet, Divisare: Alvar Aalto Paimio Sanatorium (23.03.2018). <https://divisare.com/projects/386217-alvar-aalto-fabrice-fouillet-paimio-sanatorium>. (03.05.2023)

4 Vgl. Visit Alvar Aalto: Das Sanatorium in Paimio. <https://visit.alvaraalto.fi/de/destinations/das-sanatorium-in-paimio/>. (03.05.2023)

5 Vgl. Spacesnepal, Ar. Kritika Rana: Color Therapy Healing with Hues. (18.04.2018) <https://spacesnepalblog.wordpress.com/2018/04/08/color-the>



Abb. 14 Nordjyllands Art Museum © Thomas Schielke

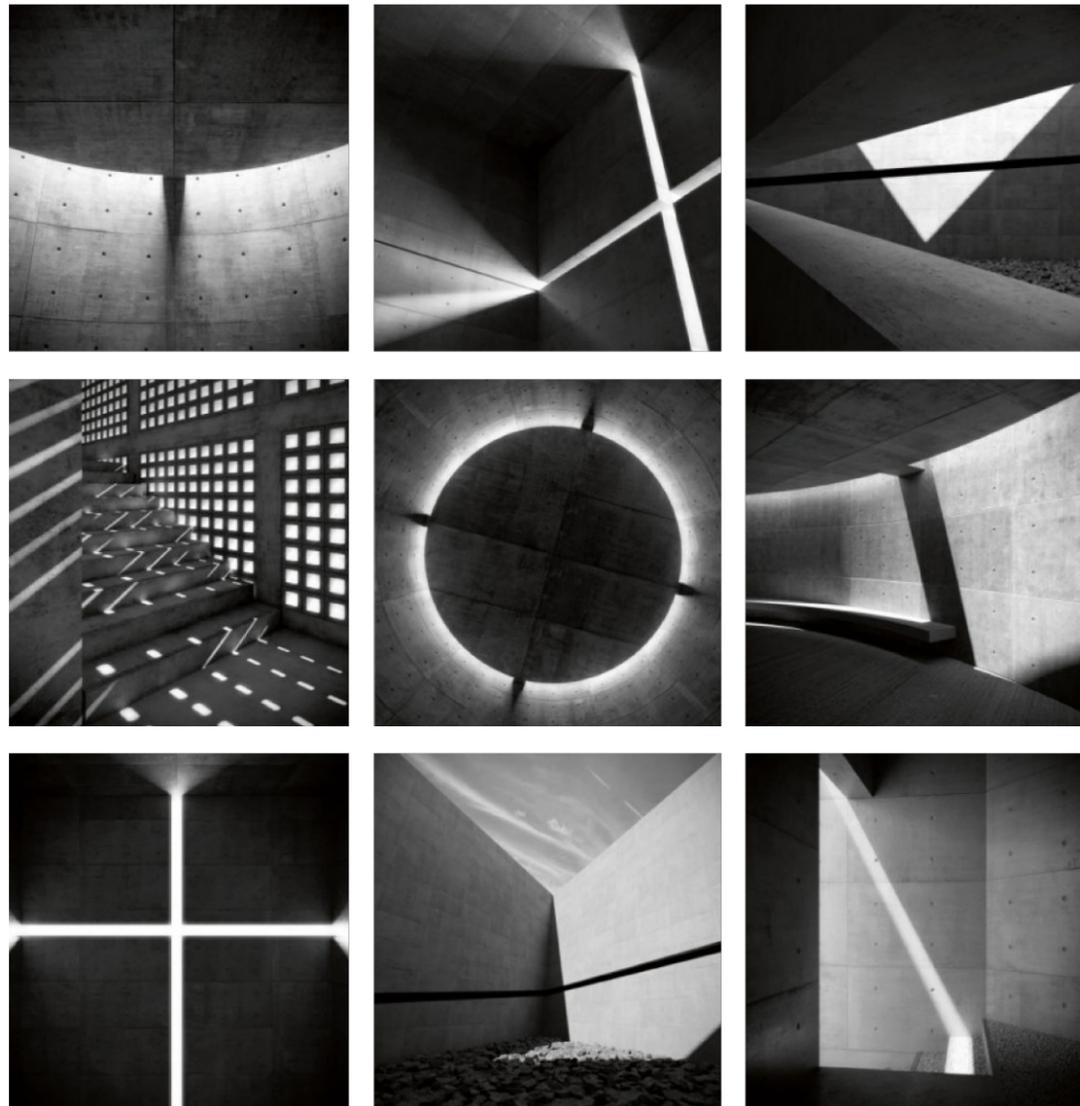


Abb. 15 Church of the Light, Tadao Ando, Osaka Japan, 1989; Museum San © 2017-2024 ONARDE GROUP LTD.

### 3

## INSZENIERTES LICHT

Im 20. Jahrhundert führt der technologische Fortschritt zu neuen Denkansätzen in der Architektur. Große Spannweiten und Öffnungen sind jetzt möglich und werden in den neuen Baustilen verfolgt.<sup>1</sup> Auch das Tageslicht hat nach dem gesteigerten Umweltbewusstsein der Architekten wieder an Bedeutung gewonnen. Statt künstlicher Beleuchtung werden nun energieeffiziente und tageslichtabhängige Designs bevorzugt, da dadurch Energie gespart werden kann und es auch gesundheitliche Vorteile gibt. Dieses gemeinsame Wissen über Tageslichtprinzipien hat sich in der Architektur etabliert und wird zunehmend angewendet.<sup>2</sup>

### TADAO ANDO

Tadao Ando strebt in seiner Architektur nach dem Licht. Sein Stil wird dabei stark von der japanischen Kultur beeinflusst und zeichnet sich durch eine Betonung der Einfachheit, des negativen Raums und der räumlichen Zirkulation aus.

Seine Strukturen schaffen eine ganzheitliche und fast spirituelle Erfahrung, indem er Zen-Konzepte in seine Arbeit einbezieht und sich auf Klarheit und innere Gefühle konzentriert. Seine Bauwerke wie die Kirche des Lichts, das Koshino-Haus oder der Wassertempel verbinden regionale Identität mit modernem Raum, Material und Licht. Ando plant räumliche Abfolgen von Licht und Dunkelheit und setzt so ungewöhnliche Akzente in der traditionellen japanischen Architektur. Dabei strebt er nach einer dramatischen Atmosphäre, die in zahlreichen Projekten von Museen bis zu Tempeln zum Tragen kommt. Der Pantheon in Rom dient ihm dabei als Inspiration, obwohl er keine direkte Übertragung der antiken Geometrie auf seine eigene Architektur vornimmt. Stattdessen verfolgt er eine eigene Sprache, die sich durch konsequenten Einsatz von grauem Beton und geschickter Komposition verschiedener Helligkeitsstufen, Räume und Ausblicke auszeichnet.<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Karl Kühn: Studien und Arbeiten zu Raum und Licht, TU Wien 2012, S.17,73  
<sup>2</sup> Vgl. Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013, S. 1-8  
<sup>3</sup> Vgl. Tori Campbell: Master of Light: Tadao Ando. <https://magazine.artland.com/master-of-light-tadao-ando/>. (05.05.2023)  
<sup>4</sup> Vgl. Thomas Schielke: When Sunlight Meets Tadao Ando's Concrete (25.03.2023). <https://www.archdaily.com/915270/when-sunlight-meets-tadao-andos-concrete> 2023. (05.05.2023)  
<sup>5</sup> Vgl. Henry Plummer: Nordic Light: Modern Scandinavian Architecture. Thames & Hudson, 2012

## JAMES TURRELL

Der Künstler James Turrell arbeitet seit über 50 Jahren mit Licht und Raum. Er erschafft Kunstwerke, die die menschliche Wahrnehmung in Frage stellen. Turrell interessiert sich besonders für die Präsenz des Raums und das Gefühl, das er vermitteln kann. Er nutzt extrem niedrige Lichtintensitäten, um an die Grenzen menschlicher Wahrnehmung zu kommen. Dabei spielt die zeitliche Anpassung und Adaption des Auges eine wichtige Rolle. Er möchte bewusst Raumgrenzen in seinen Installationen aufheben. Seine Werke zeigen, dass unsere Wahrnehmung von der Realität von unseren kulturellen Normen und Sinnesbeschränkungen beeinflusst wird. Turrell experimentierte Mitte der 1960er Jahre in Südkalifornien mit Licht und begann Projekte wie die Mendota Stoppages zu entwickeln. Diese Arbeiten untersuchten, wie der Innen- und Außenraum aufeinander abgestimmt und vermischt werden können und legt die Grundlage für die offenen Himmelsräume, die in seinen späteren Werken Skyspace, Tunnel und Crater zu finden sind. Er zitiert oft das Gleichnis von Platons Höhle, um die Vorstellung zu vermitteln, dass unsere Realität von uns selbst geschaffen wird. Das Medium des Künstlers ist reines Licht und seine Werke haben kein Objekt, kein Bild und keinen Fokus, sondern dienen dazu, eine Erfahrung des wortlosen Denkens zu schaffen.<sup>1</sup>

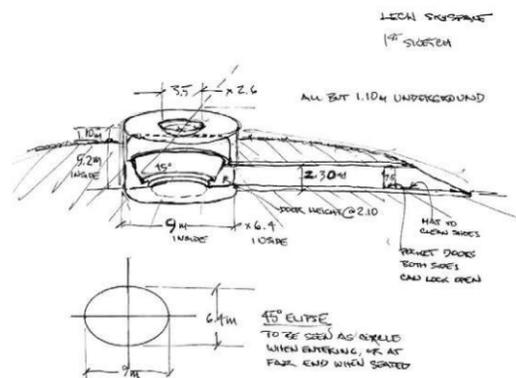
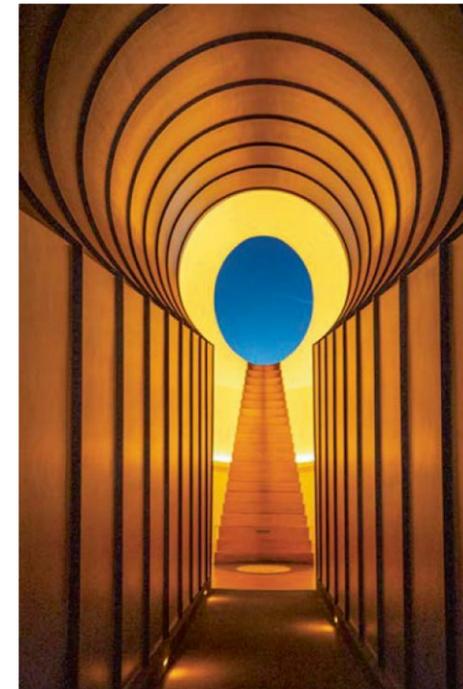


Abb. 16 Skyspace Lech Sketch, 2014 © Florian Holzherr, 2018

- 1 Vgl. James Turrell: About James Turrell. <https://jamesturrell.com/about/introduction/> (07.05.2023)
- 2 Vgl. James Turrell: 2023 Skystone Foundation: Roden Crater. <https://roden crater.com/about/>, (07.05.2023)
- 3 Vgl. Horizon Field – Kunstverein Vorarlberg: skyspace Lech, <https://www.skyspace-lech.com/> (07.05.2023)

Der Roden Crater in der Painted Desert-Region im Norden Arizonas ist ein großformatiges Kunstwerk von James Turrell. Es ist eine kontrollierte Umgebung für das Erleben und Betrachten von Licht und eine einzigartige Erfahrung. Der Krater verfügt über Tunnel und Öffnungen, die den Blick auf einen unberührten Himmel freigeben. Es ist das Hauptwerk von Turrells Karriere und verbindet das Physische mit dem Temporären zu einer transformativen Sinneserfahrung. In der ersten großen Bauphase wurden über 1,3 Millionen Kubikmeter Erde bewegt, um die Kraterschale zu formen und sechs Räume zu bauen. Das Projekt wird 24 Aussichtsplätze und sechs Tunnel umfassen.<sup>2</sup>

Turrells über 80 Skyspaces, Kammern mit einer Öffnung in der Decke zeigen, dass wir in einer von uns selbst geschaffenen Realität leben. Diese unterliegt den menschlichen Sinneseinschränkungen sowie kontextuellen und kulturellen Normen. Dieses Kunstwerk zeigt uns, wie wir die für uns sichtbaren Farben innerlich erschaffen.<sup>3</sup>



- Abb. 17 Roden Crater © Klaus Obermeyer, 2018
- Abb. 18 Guggenheim © Taylor Haynes
- Abb. 19 Alpha East Tunnel Roden Crater © Andy Battaglia
- Abb. 20 Skyspace © Andrea Alonso
- Abb. 21 Aftershock Installation © Florian Holzherr



Abb. 22 Split Time Cafe © Philippe Rahm  
 Abb. 23 Hormonorium © Philippe Rahm

## PHILIPPE RAHM

Das Split Time Cafe wurde 2007 vom Architekt Philippe Rahm für einen Standort in Graz entworfen. Das Projekt kombiniert Architektur und Physiologie, indem es die Wirkung von gefärbtem Glas auf uns Menschen illustriert. Es besteht aus drei Räumen, die jeweils unterschiedliche Gläser haben. Diese beeinflussen den Melatoninspiegel im Körper, da sie den Raum als physiologische Nacht oder Tag wahrnehmen lassen. „Split Times Café“ bietet somit die Möglichkeit, in drei Tageszeiten zu sein: Eine ist natürlich; die anderen beiden sind künstlich hergestellt. Der erste Raum wird durch eine Hülle aus blauem Glas definiert, dessen Wellenlängen die Sekretion des Melatonins im Körper blockieren und uns somit aktiv macht. Der zweite Raum wurde mit einer gelb gefärbten Glashülle gestaltet, die die Wellenlängen des Lichts blockiert, das für die Ausschüttung des Melatonins im Körper verantwortlich ist und uns müde macht. Es reproduziert eine physiologische Nacht. Der dritte Raum lässt die Echtzeit des natürlichen Sonnenverlaufs durch klares Glas spüren.<sup>1</sup>

Das Hormonorium wurde von Rahm 2002 als Schweizer Pavillon für die Architekturbiennale in Venedig entworfen. Das Projekt bezieht sich auf einen Raum der

Größe eines Schwimmbads und ist klimatisch durch künstliches Licht, Temperatur und Luftqualität definiert. Das künstliche Raumklima regt den Körper an und fördert das Wohlbefinden und die Gesundheit. Im Raum wurde der Stickstoffgehalt erhöht, wodurch der Sauerstoffgehalt von 21 % auf 14,5 % sank. Dieses Verhältnis widerspiegelt die natürliche Situation in einer Höhe von 3000 Meter über dem Meer. Nach etwa zehn Minuten Aufenthalt in dem Raum kam es zu einem messbaren „natürlichen“ Anstieg der Erythropoietin (EPO)- und Hämatokritwerten sowie eine Stärkung des Herz-Kreislauf-Systems und Atmungssystems. Der Boden besteht aus 528 Leuchtstoffröhren, die ein Sonnenspektrum mit UV-A- und UV-B-Strahlen abgeben. Dieses helle Licht, zwischen 5.000 und 10.000 Lux, stimuliert die Netzhaut und die Zirbeldrüse und senkt den Melatoninspiegel im Körper. Dadurch kann das Hormonormium dazu beitragen, Müdigkeit zu reduzieren, sexuelles Verlangen zu steigern und die Stimmung zu regulieren. Das Vorhandensein von UV-A ermöglicht Bräunung, während UV-B die Synthese von Vitamin D fördert.<sup>2</sup>

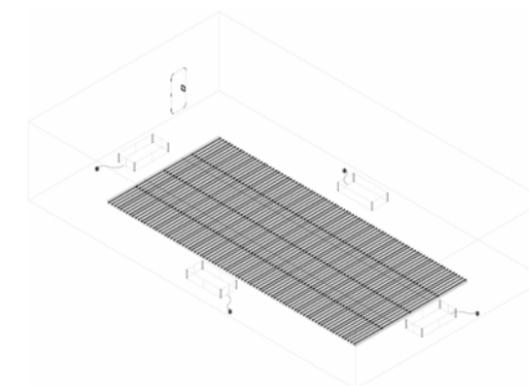


Abb. 24 © Philippe Rahm

1 Vgl. Philippe Rahm, Philippe Rahm Architectes: Split Time Café <http://www.philipperahm.com/data/projects/splittimescafe/index.html>. (11.05.2023)  
 2 Vgl. Philippe Rahm, Philippe Rahm Architectes: Hormonorium. <http://www.philipperahm.com/data/projects/hormonorium/index.html>. (11.05.2023)

"More and more, so it seems to me, light is the beautifier of the building."  
-Frank Lloyd Wright

## 03

### LICHTWAHRNEHMUNG

## 1

## LICHT UND RAUMWAHRNEHMUNG

Der Raum wird von jedem Menschen individuell erlebt. Die Architektur, Philosophie oder Kunst haben unterschiedliche Vorstellungen vom Raum. Der Architekt Meisenheimer unterscheidet zwischen zwei Räumen. Dem Raum als geometrischem Ort, der ohne Inhalte im Sinne von Wahrnehmung, Erinnerung und Einfärbung des Gefühls ist. Sowie dem architektonischen Raum, der von innen erlebbar und Teil der Vorstellung des Nutzers ist. Der architektonische Raum enthält subjektive und objektive Strukturen und ist handlungsbezogen. Der Philosoph O. F. Bollnow beschreibt den Begriff des „erlebten Raumes“ als das zwischen Menschen und Raum bestehende Verhältnis. Er beschreibt das „Raumerlebnis“ als rein psychisch. Der Raum sei stark an den in ihm lebenden Menschen gebunden, dadurch erscheint dieser für jeden unterschiedlich und verändert sich, je nach momentaner Stimmung und Verfassung des Betrachters. Eine große Rolle bei der Betrachtung des visuellen Gesamteindrucks vom Raum spielt das Licht. Die Sichtbarkeit der Elemente im Raum verändert sich mit der Lichtsituation, wodurch der Raum verschiedene Stimmungen vermitteln. Ein mit Licht durchfluteter Raum ist für uns klar und übersichtlich, er dehnt sich vor uns aus. Mit wenig Licht jedoch verändert sich die Wahrnehmung. Die wechselnden atmosphärischen Verhältnisse haben Einfluss auf den Stimmungscharakter des Raumes und des menschlichen Gemüts. Unterschiedliche Farben in Kombination mit Licht verändern

den Raumeindruck und lassen ihn eng oder weit, hell oder dunkel, warm oder kalt erscheinen.<sup>1</sup>

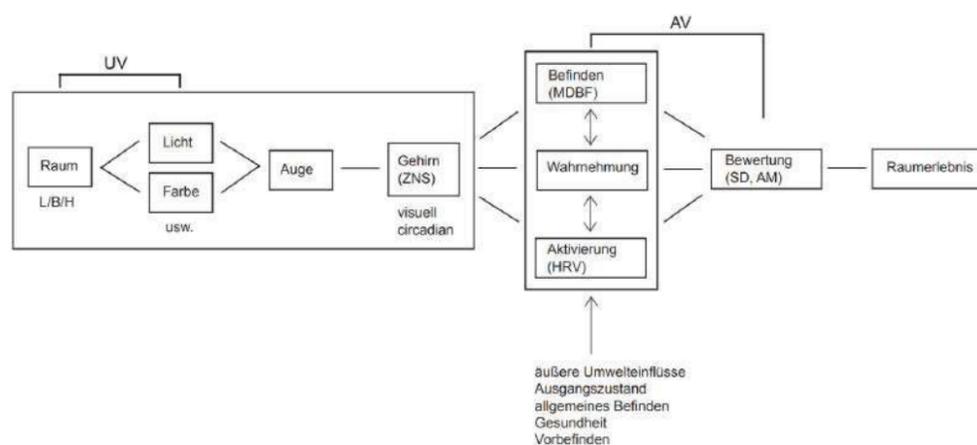
Bollnow beschreibt in Bezug auf den Raum ein weiteres Element, das Verhältnis von Tag- und Nachtraum. Wenn es dunkel wird, ändert sich die Sichtbarkeit der Elemente im Raum und der Raum wird zu etwas Geheimnisvollem und Unsichtbarem. Der Charakter des Raumes verändert sich und es müssen sich Sehgewohnheiten und Wahrnehmungen an die neuen Gegebenheiten anpassen, da Gegenstände in der Dunkelheit verschwinden. In dem Buch „Der Raum“ erklärt Alexander Gosztonyi, dass Raum in verschiedenen Kategorien betrachtet wird. Der Erlebnisraum, der durch unbewusste Handlungen und Wahrnehmungen geprägt ist und als Grundlage für weitere Raumerfahrungen dient. Der Aktionsraum, der durch bewusste Aktionen wie Bewegungen erweitert wird. Der Wahrnehmungsraum, der die sinnlichen Erfahrungen des Raumes umfasst. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Betrachtung des Raumes in der Architektur auf den Gesamtzusammenhang ausgerichtet sein sollte.<sup>1</sup>

Ein Raum besteht aus Volumen, Raumhülle und Beleuchtung. Selbst das präziseste Raumkonzept bleibt abstrakt, solange es nicht durch Licht sichtbar und aus seiner metrischen Dimension befreit wird. Die Wirkung zwischen Licht und Raum steht in unmittelbarem Zusammenhang. Licht formt den Raum, aber zugleich formt Raum das Licht. Licht ermöglicht es uns räumliche Informationen visuell wahrzunehmen, ohne den Raum mühevoll abtasten zu müssen. Darüber hinaus beinhaltet die visuelle Wahrnehmung auch Informationen, die eigentlich nur durch andere Sinnesorgane, wie zum Beispiel das haptische Empfinden, wahrgenommen werden könnten. Aus diesem Grund sind 80% unserer Sinnesleistungen auf das Sehen zurückzuführen. Durch Licht werden Räume nicht nur lebendig, Lichtkonzepte können Räume auch verändern. Architektur kann also neben historischen und stilistischen Gesichtspunkten auch nach einer Typologie der Lichtkonzepte eingeordnet werden. Die Architektur betrachtet den Raum als Ganzes. Bei einem Raumentwurf werden funktionale, bautechnische und raumgestalterische Aspekte berücksichtigt, wobei die Wahrnehmung von Raumqualitäten mit Hilfe des peripheren Sehens eine ebenso wichtige Rolle spielt wie das bewusste Betrachten von Objekten. Das Tageslicht ist nach wie vor eine essentielle Voraussetzung für das menschliche Leben und hat schon immer eine entscheidende Rolle in der Baukunst gespielt - von der Gestaltung einzelner Räume bis hin zur Planung ganzer Städte. Bis vor 100 Jahren waren Räume ausschließlich von Tageslicht abhängig.<sup>1</sup>

Helmut Angerer, ein Lichtplaner aus Österreich, unterscheidet in der Praxis zwischen drei Arten von Licht: primärem Strahlungslicht, Leuchtlicht und reflektiertem Licht als Material- oder Raumlicht. Wenn Licht auf Materie trifft, kann es entweder absorbiert, reflektiert oder durchgelassen werden. Wie ein Material an seiner Oberfläche aussieht - transparent oder undurchsichtig, glänzend oder matt, flach oder strukturiert, und in welcher Farbe es erscheint, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Diese beinhalten die Materialeigenschaften, die Lichtrichtung, Lichtintensität und Lichtspektrum sowie der Form des Objekts, das den Schattenwurf beeinflusst.<sup>2</sup>

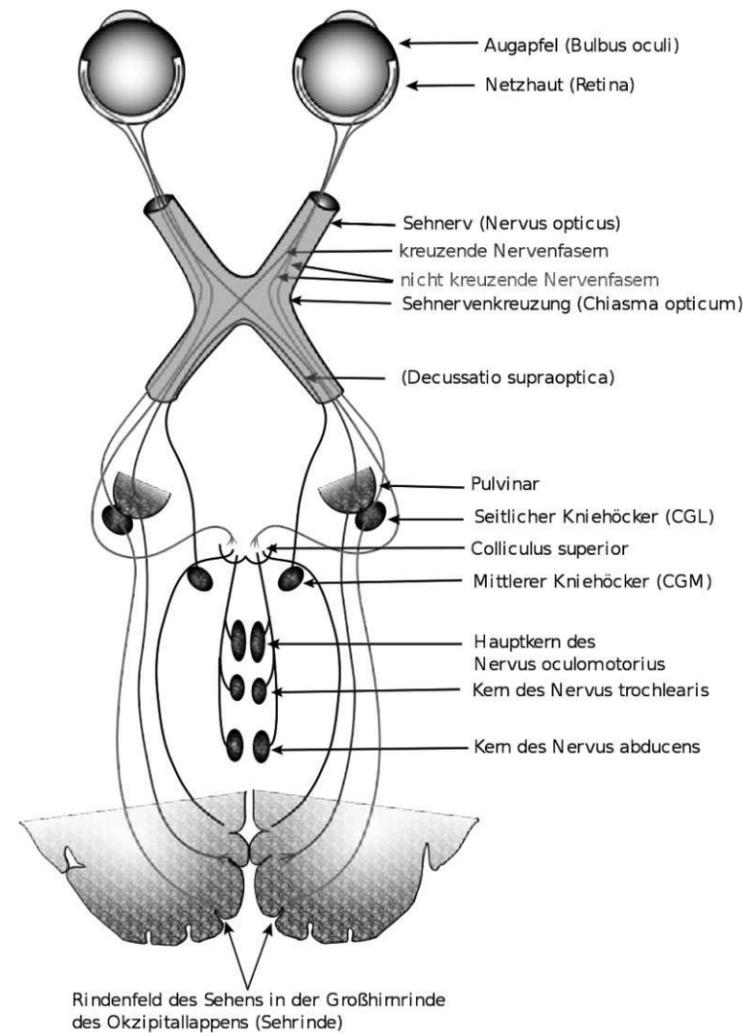
Um Lichträume zu kategorisieren, könnte man sie in Bezug auf Zeit und Intensität einteilen. Die Zeitkomponente bezieht sich auf die Dauer des Aufenthalts im Raum, während die Intensität die Helligkeit des Lichts beschreibt, die das Auge und der Körper wahrnehmen. Unabhängig davon, ob der Aufenthalt kurz oder lang ist oder das Licht hell oder dunkel, beeinflusst Licht unseren Körper und löst eine innere Reaktion aus.<sup>3</sup>

„Licht zeigt was es sichtbar macht, aber nie sich selbst.“  
-Prof. Dr.-Ing. Architekt Volker Schultz



## 2

## VISUELLE WAHRNEHMUNG



Die Sinnesorgane der Menschen begutachten bewusst oder unbewusst die räumliche Umgebung durch: Fühlen, Hören, Riechen, und Sehen. Die Sinnesorgane ergänzen sich und bilden das Raumgefühl. Unser Raumgefühl bestimmt eine positive oder negative Beziehung zum Raum, dies kann die organische Funktionsbereitschaft fördern oder hindern. Indem wir das Verhalten eines Menschen gegenüber einem Raum beobachten, können wir seine körperliche und geistige Verfassung erkennen. Der Grund für diese Reaktionen ist der Hormonhaushalt, der durch das Auge beeinflusst wird und das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit, den Wachzustand und das Ruhebedürfnis steuert. Die Wahrnehmung und Atmosphäre des Raumes haben einen wesentlichen Einfluss auf die Befindlichkeit des Nutzers. Die Wahrnehmung von visuellen Eindrücken ist eine ganzheitliche Erfahrung, die Körper, Geist und Seele des Menschen miteinander verbindet. Drei Wahrnehmungsebenen machen Architektur erlebbar: Konturen, Helligkeit und Farbe. Die Helligkeitsverhältnisse im Raum prägen das biologische existentielle Befinden und Verhalten. Die Farbe- oder Andeutung von Farbe im Raum beeinflusst den seelischen Zustand. Informationen über Helligkeits- und Farbverteilungen können uns mit Erwartungen erfüllen oder uns auch warnen.<sup>1</sup>

Licht beeinflusst nicht nur unsere offensichtlichen Reaktionen, sondern auch unsere innere Erfahrung, die durch Reize wie Lichtintensität, Farbe oder Landschaft hervorgerufen wird und wiederum unser Verhalten beeinflusst. Bei der Beleuchtung sind die Menge des Lichts und seine Qualität wichtig, wobei positive Be-

leuchtungsbedingungen die kognitive Leistung und das Sozialverhalten beeinflussen können.<sup>2</sup>

Einige Studien haben gezeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Stimmung gibt, aber können nicht bestätigen, dass eine höhere Beleuchtungsstärke zu einer besseren Stimmung führt. Forscher aus der Umweltpsychologie und Verhaltensforschung behaupten, dass selbst bei subtilen Veränderungen in der Beleuchtung die Stimmung und Emotionen der Gebäudenutzer beeinflusst werden können. Die Anwesenheit oder Abwesenheit von Licht in Kombination mit anderen Umweltreizen kann positive oder negative Effekte auslösen. Gute Beleuchtung kann zu Erregung, Wachsamkeit, Kommunikationsfreudigkeit und Dominanz führen. Schlechte Beleuchtung hingegen ruft Dumpfheit, Langeweile und Unterwürfigkeit hervor. Diese emotionalen Zustände beeinflussen wiederum das soziale Verhalten und Entscheidungen oder Problemlösungsprozess der Menschen. Die Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur hat bei Frauen entgegengesetzte Auswirkungen wie bei Männern. In einer Studie mit künstlichem Licht hatten Frauen bei hellem Licht eine starke negative Stimmungsänderung, während Männer bei schwachem Licht eine solche hatten. Frauen trafen bei heller Beleuchtung strengere Entscheidungen, während Männer bei schwacher Beleuchtung strenger entschieden. Diese Erkenntnis könnte Auswirkungen auf die Gestaltung von Arbeitsplätzen haben, um geschlechtsspezifischen Präferenzen gerecht zu werden.<sup>2</sup>

1  
2

Vgl. Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultz: Licht und Architektur, Detmold, S. 2-38  
Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 87-120

	<b>Dynamisierung</b>	
	unbunt	Weiß am Ende = Weg führt weiter ...
	bunt	Blau am Ende= Weg führt weiter ...
	<b>Stagnation:</b>	
	unbunt	Schwarz am Ende = Weg ist zu Ende ...
	bunt	Rot am Ende Weg ist zu Ende ...
	unbunt	Normalsituation: Himmel / Horizont / Erde
	hell	
	dunkel	Sondersituation: Gewitter / Horizont / Schnee
	dunkel	
hell		
	unbunt / bunt:	
	weiß	Grautonperspektive:
	grau	weiß / grau / schwarz =
	schwarz	Hinter- / Mittel- / Vordergrund
	hellklar	reduzierte Farbperspektive:
	Vollfarbe	hellklar / Vollfarbe / dunkelklar =
	dunkelklar	Hinter- / Mittel- / Vordergrund
	bunt	normale Farbperspektive:
	blau	blau / grün / rot =
	grün	Hinter- / Mittel- / Vordergrund
	rot	
	rot	bedrohliche Farbperspektive:
	rot	rot / grün / blau =
	grün	Hinter- / Mittel- / Vordergrund
	blau	

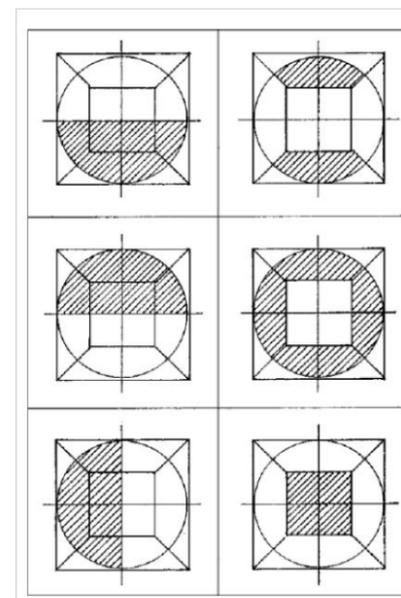
Abb. 27 © Volkher Schultz  
1 Vgl. Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultz: Licht und Architektur, Detmold, S.27-41

### 3 WAHRNEHMUNGSEBENEN

Wir haben drei visuelle Wahrnehmungsebenen: Konturen, Helligkeit und Farbe, die uns helfen, eine Vorstellung des Raumes zu bilden und in uns eine innere Perspektive zu schaffen, in die wir Helligkeits- und Farbmuster hineinprojizieren. Wir nehmen raumbildende Elemente wahr, die uns die Stereometrie und Ausdehnung der Raumhülle vermitteln und erleben Raumdimensionen und -stimmungen durch Licht und Farbe. Horizontale Schichtungen, die man aus der Landschaft kennt, werden in den Raum übersetzt, indem man Himmel und Erde gegen Decke und Boden austauscht.<sup>1</sup>

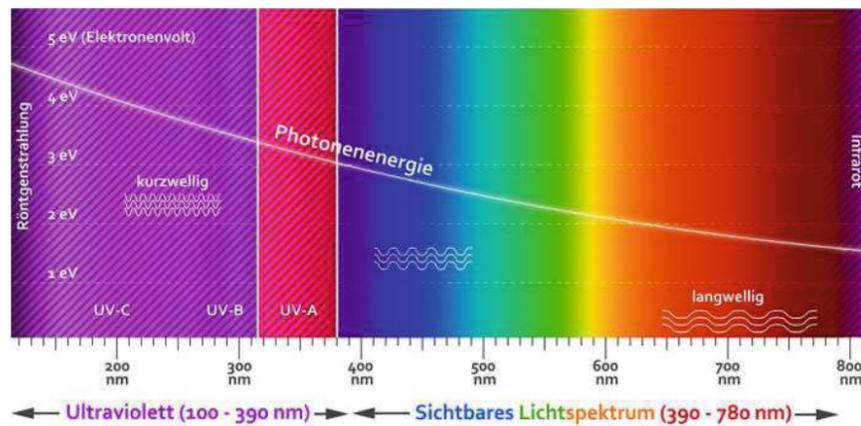
Durch vertikale Schichtungen, die durch die Begrenzungen der Wände entstehen, ergänzt man das Bild. Die Orientierungspunkte oben/unten werden nun wieder ergänzt durch vorne/hinten und rechts/links. Die Wirkung eines Raums wird beeinflusst durch das Verhältnis von Öffnungsanteil zur geschlossenen Fläche so entsteht die Wirkung der Offenheit oder Geschlossenheit. Ebenso wie die Transparenz oder Transluzenz.<sup>1</sup>

#### HELLIGKEITSVERTEILUNGSMUSTER IM RAUM



- "Über dem Horizont heller, darunter dunkler" bedeutet Standardsituation bei Tag im Freien, Weiträumigkeit, ausschreiten.
- "Über dem Horizont dunkler, darunter heller" bedeutet Nacht oder Gewitter, Vorsicht Gefahr, Kopf einziehen.
- "Rechts oder links vom Lot dunkel" bedeutet einseitiges Hindernis, seitlich zum Helleren hin ausweichen.
- "Oben und unten dunkel, rundherum hell" bedeutet schützendes Dach bei Tag, Auswege nach allen Seiten offen.
- "Mitte hell, rundum dunkel" bedeutet Tunnelsituation, Dynamisierung, Flucht nach vorne.
- Und "Mitte dunkel, rundum hell" bedeutet Hindernis auf dem Weg, Stopp, Blockade, Stabilisierung, abwarten.

Abb. 28 © Volkher Schultz  
1 Vgl. Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultz: Licht und Architektur, Detmold, S.27-41



UV-A (315-380 nm), UV-B (280-315 nm), UV-C (250-280 nm), sichtbares Spektrum (390-780 nm)

## 4

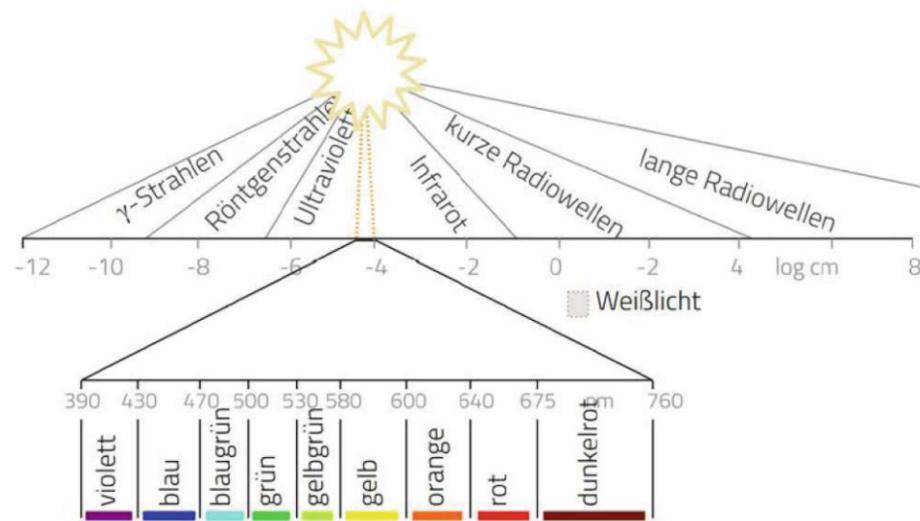
### SPEKTRALE QUALITÄT DES LICHTS

Licht ist eine elektromagnetische Strahlung, die aus verschiedenen Wellenlängen besteht. Diese Wellenlängen nehmen wir als Farben wahr, die von unseren Augen und Hautrezeptoren aufgenommen werden und unser Sehvermögen sowie unsere Stimmung und körperlichen Prozesse beeinflussen können. Die spektrale Zusammensetzung des Lichts bezieht sich darauf, wie viel von jeder sichtbaren Wellenlänge von 380nm bis 770 nm, eine Lichtquelle ausstrahlt. Die spektrale Qualität des Lichts bezieht sich auf die Farbtemperatur und den Farbwiedergabeindex, die beeinflussen können, wie das Licht erscheint. Die CCT-Skala (korrelierte Farbtemperatur des Lichts) gibt an, welchen Farbton eine Lichtquelle hat. Der CRI (Color Rendering Index) gibt an, wie genau eine Lichtquelle die Farben eines Objekts wiedergibt. Je höher der CRI, desto genauer wird die Farbe eines Objekts erscheinen. Die Farbtemperatur des Tageslichts variiert je nach Wetterbedingungen und Tageszeit. An bewölkten Tagen ist die Farbtemperatur höher (8000-10000 K), während sie an klaren Tagen zur Mittagszeit niedriger ist (5000-5500 K). Das Tageslicht besteht aus einer Mischung aus UV-Strahlung, sichtbarem Licht und Infrarotstrahlung, wobei UV-Strahlung einen Anteil von 4,6 %, sichtbares Licht 46,4 % und Infrarotstrahlung 49 % ausmachen. Die spezifischen und biologisch aktiven Wellenlängen für den Menschen tagsüber liegen bei: 437nm, 533nm.<sup>1</sup>

Ein orange-gelbes helles Lichts, mit Wellenlängen über 570 Nanometern, wird vom Körper durch den Melatonin-Rhythmus als echte Nacht wahrgenommen. Das Projekt Diurnisme von Philippe Rahm architects zeigt dieses Phänomen.<sup>2</sup>

Ein anderes Projekt ist das bereits erwähnte Split Time Café in Graz, das die Bereiche Architektur und Physiologie vereint. Das Café besteht aus drei Räumen: Der erste Raum verfügt über transparentes Glas, das natürliches Licht durchlässt. Der zweite Raum hat gelbes Glas, dessen Wellenlänge die Melatonin Produktion im Körper anregt, um eine „physiologische Nacht“ während des Tages zu erzeugen. Der dritte Raum hat blau getöntes Glas, das aktivierend wirkt und die Freisetzung von Melatonin blockiert.<sup>2</sup>

Rotlicht (670 nm) wird oft als Therapie zur Behandlung von Akne, Gelenk- und Muskelschmerzen, Schlafstörungen und Kopfschmerzen eingesetzt. Weniger bekannt ist, dass diese Therapie auch zur Behandlung von Sehverlust eingesetzt werden kann.<sup>2</sup> Studien zeigen, dass die spektrale Qualität des Lichts eine Rolle bei der Umwandlung von Vitamin D in der Haut spielt. Forscher haben festgestellt, dass Wellenlängen von 265, 289, 302 und 312 nm am effektivsten bei der Behandlung von Rachitis sind. In einer anderen Studie wurde die Strahlungsexposition von verschiedenen Lichtarten (Sonnenlicht, Bräunungslicht, kühles weißes Fluoreszenzlicht) auf ihre Mutagenität untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass Bräunungslicht, das einen höheren Anteil an UV-Licht hatte, mehr Mutationen auslöste als Sonnenlicht oder kühles weißes Fluoreszenzlicht. Das Verhältnis von UV-B zu UV-A innerhalb des Lichtspektrums hatte auch einen Einfluss auf die Mutagenität.<sup>1</sup>



Issac Newton, war ein Pionier auf dem Gebiet der Farben, er leitete einen Sonnenstrahl durch ein Prisma und bemerkte, dass das Licht, das aus dem Prisma kam, sieben verschiedene Farben hatte: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Er nannte die Ausbreitung in Strahlen Dispersion und die verschiedenen farbigen Strahlen nannte er das Spektrum.<sup>2</sup>

Die „evolutionäre Hypothese“ (McColl und Veitch, 2001) besagt, dass Menschen auf die natürliche Umgebung, in der sie sich entwickelt haben, besser reagieren als auf die vom Menschen geschaffene Umwelt. Diese Theorie wird weithin akzeptiert aber es gibt keine Beweise dafür. Es gibt eine allgemeine angeborene Vorliebe für Tageslicht, die auf seine spektralen Qualitäten und Dynamik zurückzuführen sein könnte.<sup>1</sup>

Obwohl die Erklärung nicht klar ist, bevorzugen die meisten Menschen Tageslicht und fühlen sich unter Tageslichtbedingungen besser als unter künstlichem Licht. Sonnenlicht hat auch einen positiven Einfluss auf den Stoffwechsel der Leber, da es die Produktion von Lebermetaboliten anregt. Diese Substanzen beeinflussen unseren Stoffwechsel. Es wurde auch festgestellt, dass künstlich erzeugtes Tageslicht, das dem Spektrum des natürlichen Sonnenlichts ähnelt, vergleichbar positive Auswirkungen hat. Die meisten elektrische Lichtquellen imitierten jedoch das Spektrum des Sonnenlichts nicht.<sup>1</sup>

Abb. 30 © Wisotop

1 Vgl. 2023 Colour Therapy Healing: Colour History. <https://www.colourtherapyhealing.com/colour/colour-history#gsc.tab=0>. (17.05.2023)  
2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S.63-83

## LICHT STEUERUNG UND ABSORPTION

Beim Auftreffen von Strahlung (Licht und Wärmestrahlung) auf eine Materie (Festkörper, Flüssigkeiten, Gase) treten verschiedene Effekte auf. Das Licht wird teilweise absorbiert, emittiert, transmittiert oder reflektiert. Diese vier Prozesse sind im gesamten elektromagnetischen Spektrum vorhanden und spielen eine wichtige Rolle für das Verständnis der Vorgänge in der Atmosphäre.<sup>1</sup>

### Absorption:

Materie nimmt die Energie der elektromagnetischen Strahlung auf.<sup>2</sup>

### Emission:

Materie gibt Energie durch elektromagnetische Strahlung ab, wobei die emittierte Strahlung nicht gerichtet ist, sondern diffus in alle Richtungen ausgesendet wird.<sup>2</sup>

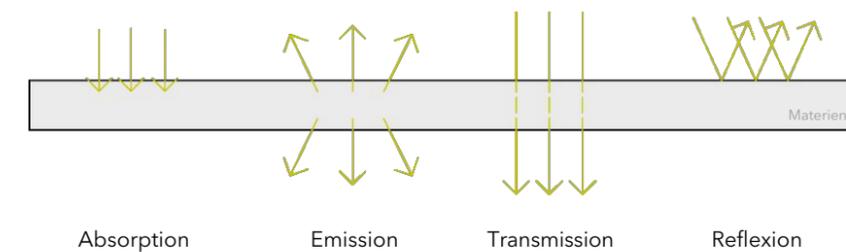
### Transmission:

Strahlung durchdringt Materie bei der Transmission.<sup>2</sup>

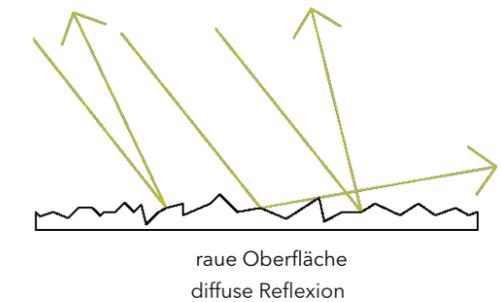
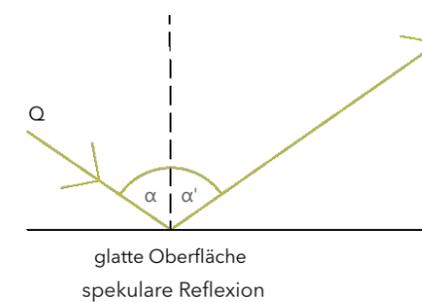
### Reflexion:

Bei der Reflexion wird elektromagnetische Strahlung von Materie zurückgeworfen, wobei sich im Allgemeinen die Wellenlänge der Strahlung nicht ändert. Die reflektierte Strahlung kann je nach Oberflächenbeschaffenheit gerichtet (bei glatten Flächen) oder diffus (bei rauen Flächen) sein.<sup>2</sup>

Diese Effekte können durch den Reflexionsgrad, den Absorptionsgrad und den Transmissionsgrad gekennzeichnet werden. Der Reflexionsgrad hängt von der Oberflächenbeschaffenheit ab, während der Absorptionsgrad und der Transmissionsgrad von der Art der Materie und seiner Dicke abhängen. Je dicker die Schicht der Materie ist, desto mehr Licht wird absorbiert. Es gilt der Energieerhaltungssatz, sodass die Summe aus reflektiertem, absorbiertem und hindurchgegangenem Licht gleich der gesamten einfallenden Strahlung sein muss.<sup>1</sup>



## REFLEXION



1 Vgl. Björn Hoffmann, Georg Müller-Loeffelholz, Duden Lernattack GmbH: Streuung und Absorption von Licht. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/streuung-und-absorption-von-licht#> (20.05.2023)  
2 Vgl. ETH Zürich: Vergleichen und Kontrastieren. [https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/mint-lernzentrum/Fortbildungen%20MINT/Physik/Physik\\_des\\_Klimawandels/Beispiel\\_3\\_Vergleichen\\_und\\_Kontrastieren.pdf](https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/mint-lernzentrum/Fortbildungen%20MINT/Physik/Physik_des_Klimawandels/Beispiel_3_Vergleichen_und_Kontrastieren.pdf) (20.05.2023)

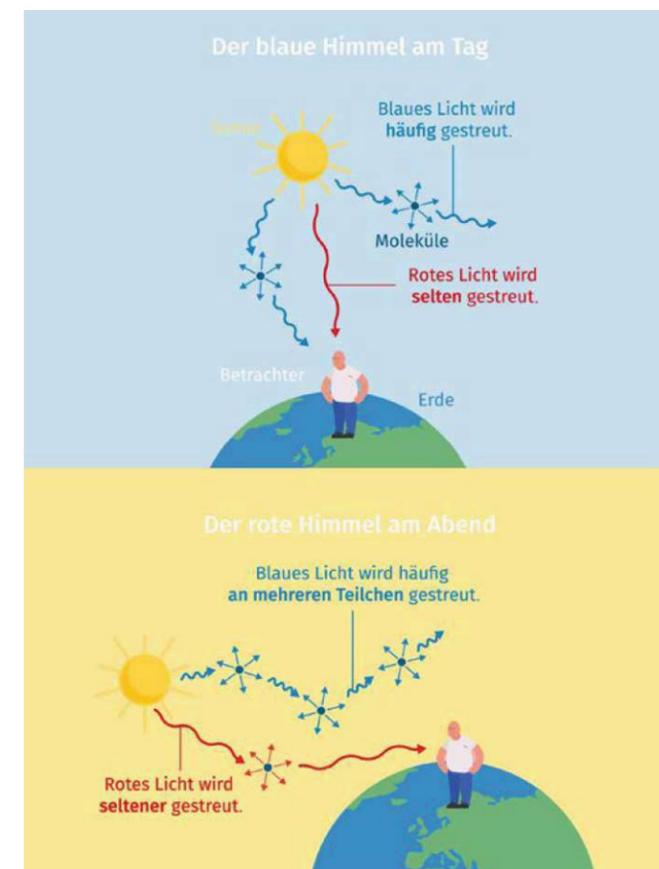
## LICHT STREUUNG IN DER ATMOSPHÄRE

Die Streuung des Lichtes bezeichnet das Phänomen, bei dem ein Teil des Lichtes von seiner geradlinigen Bahn abgelenkt wird. Wenn Licht durch Materie tritt interagiert es mit Atomen, Molekülen und anderen Partikeln, was zu einer Streuung eines Teils des Lichts führt. Diese Streuung kann beobachtet werden, zum Beispiel wenn weißes Licht durch ein Gemisch aus Wasser und Milch geleitet wird und die Flüssigkeit eine Blaufärbung quer zur Lichtquelle und eine rötliche Färbung entgegen der Lichtquelle aufweist. Der Physiker Lord Rayleigh entdeckte 1870, dass die Intensität des gestreuten Lichts von der Wellenlänge abhängt, wobei blaues Licht (kurzwellig) stärker gestreut wird als rotes Licht (langwellig). Dieses Phänomen wird als Rayleigh-Streuung bezeichnet. Weißes Licht besteht aus unterschiedlichen Wellenlängen, und die Intensität des gestreuten blauen Lichts ist etwa 16-mal höher als die des gestreuten roten Lichts.<sup>1</sup>

Der Himmel kann je nach Tageszeit und Bewölkung verschiedene Farben annehmen. Tagsüber steht die Sonne sehr hoch, das Sonnenlicht trifft unter einem steilen Winkel auf die Atmosphäre, was zu einem kürzeren Weg des Lichts führt.<sup>1</sup>

Wenn das Sonnenlicht auf die Atmosphäre trifft, wird ein Teil davon an den Gasteilchen (Atomen, Molekülen) gestreut. Dabei wird das blaue kurzwellige Licht stärker gestreut als das rote langwellige Licht und kann in Richtung des Betrachters abgelenkt werden. Da der Weg des Lichts bei höherem Sonnenstand kürzer ist und die Intensität des gestreuten blauen Lichts größer ist, überwiegt das blaue Licht und der Himmel erscheint blau. Tagsüber nehmen wir vor allem diffus gestreutes Licht wahr.<sup>1</sup>

Während des Sonnenuntergangs oder Sonnenaufgangs kann man oft eine intensive rote Färbung des Himmels beobachten, bekannt als Morgenrot oder Abendrot. Dies tritt auf, weil das Sonnenlicht bei einem niedrigen Sonnenstand eine längere Strecke durch die Atmosphäre zurücklegen muss. Dadurch durchquert es eine viel größere Luftschicht, die bis zu 30-mal dicker sein kann. Aufgrund der verstärkten Streuung des blauen Lichts an den Gasteilchen auf diesem längeren Weg erreicht uns nur noch wenig blaues Licht, während das rote Licht dominanter wird.<sup>1</sup>



„If place can make you happy, can it also make you well?“  
-Esther Sternberg

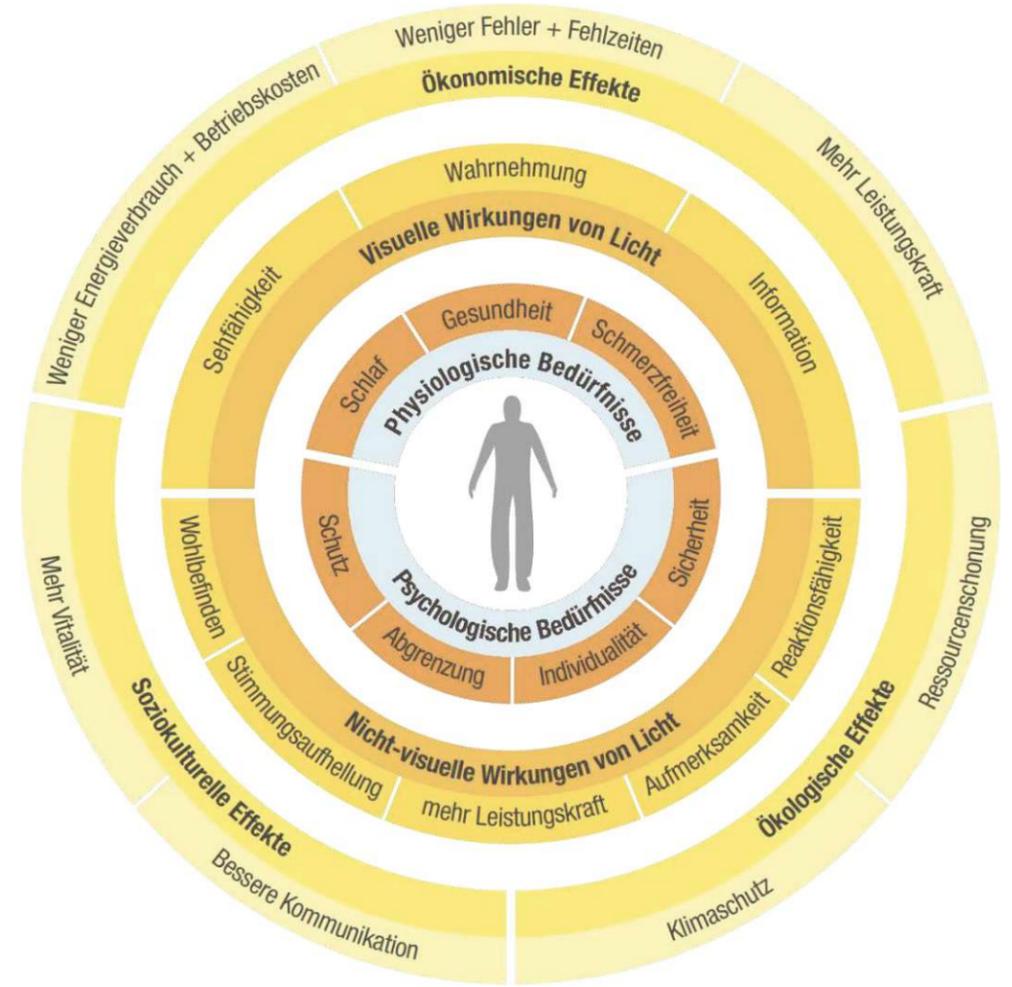
## 04

LICHT UND GESUNDHEIT

"I do not believe Architecture should speak too much. It should remain silent and let nature in the guise of sunlight and wind" - Tadao Ando

1

WIRKUNGSMODELL MENSCH UND LICHT



Licht wirkt auf den Menschen visuell (Sehen) und nicht visuell (emotionale Qualitäten und biologische Impulse).<sup>1</sup>

Abb. 32 © licht.de  
1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 6-7

## LICHT UND BIOLOGISCHE RHYTHMEN

Alle Zellen und Organe des menschlichen Körpers folgen tages- und jahreszeitlichen Rhythmen, die durch die Umwelt, vor allem durch Helligkeit und Dunkelheit beeinflusst wird. In der Chronobiologie werden drei Typen von Rhythmen nach der Dauer unterschieden:<sup>1</sup>

## ULTRADIANE RHYTHMEN

Kurze Dauer von nur wenigen Stunden. zum Beispiel: bei Säuglingen Hunger-, Schlaf- und Wachphasen oder auch verschiedenen Tageszeiten<sup>1</sup>

## CIRCADIANE RHYTHMEN

24-Stunden-Zyklus durch Tag und Nacht geprägt<sup>1</sup>

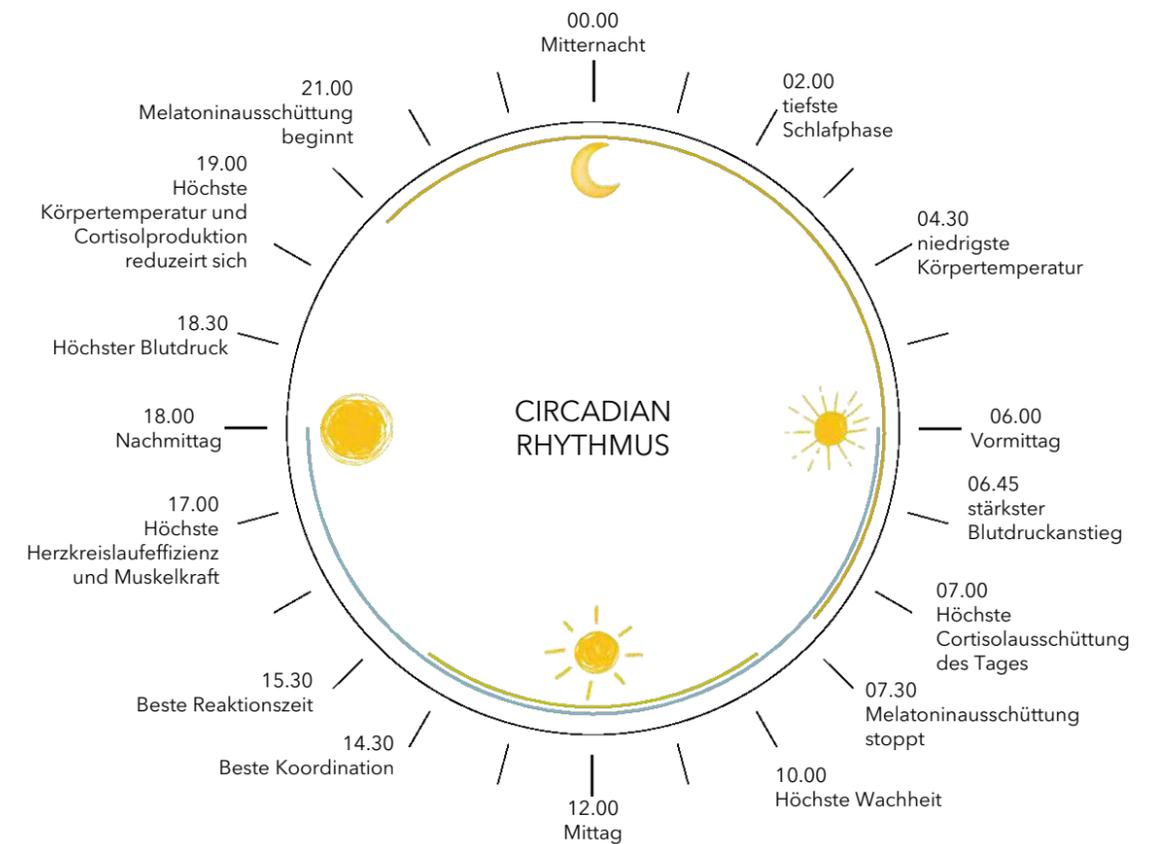
## INFRADIANE RHYTHMEN

Länger als 24 Stunden zum Beispiel Jahreszeiten<sup>1</sup>

Können wir uns dem Tageslicht nicht aussetzen, gerät der biologische Rhythmus durcheinander. Das führt dazu, dass viele tagsüber müde und nachts wach sind. Schon nach 3 Tagen ist der biologische Rhythmus verloren. Das Schlafverhalten wird dadurch gestört und der Immunschutz des Körpers lässt stark nach. Rhythmusstörungen beeinflussen den Schlaf und Hormonhaushalt, was oft negative Auswirkungen, wie schlechte Laune hat. Auch bei Krankenhauspatienten ist eine Rhythmusstörung deutlich zu erkennen. Es führt zu höherem Pflegebedarf und in der Regel auch zu mehr Medikamenten<sup>2</sup>

## LEISTUNGSBEREITSCHAFT ÜBER DEN TAG

Diese verschiedenen Rhythmen spielen eine wichtige Rolle bei der Regulation verschiedener biologischer Prozesse und beeinflussen unser Wohlbefinden und unsere Gesundheit. Die biochemischen Funktionen im Körper folgen einem täglichen Rhythmus, gesteuert von der inneren Uhr. Neben dem Schlaf-Wach-Zyklus beeinflusst die innere Uhr auch Herzfrequenz, Blutdruck und Stimmung. Vor dem Aufwachen steigen Körpertemperatur, Blutdruck und Puls an. Forscher wissen, dass zwischen 10 und 12 Uhr vormittags ein erhöhtes Herzinfarktrisiko besteht, jedoch knifflige Denkaufgaben am besten gelöst werden können. Gegen Mittag sinkt die Leistungsfähigkeit, während am frühen Nachmittag die körperliche und geistige Leistung wieder steigt. Hier ist jedoch das Schmerzempfinden am Tiefpunkt. Von 16 und 17 Uhr ist eine gute Zeit für Sport, da wir ein Leistungshoch aufweisen. Unsere Leber hat ihre höchste Leistungsfähigkeit zwischen 18 und 20 Uhr, hier ist Alkohol besser verträglich. Bricht die Dunkelheit ein so ermüdet der Körper. Der Körper erreicht um 3 Uhr nachts seinen Tiefpunkt, und die meisten natürlichen Todesfälle ereignen sich zu dieser Zeit.<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S10-23

<sup>2</sup> Vgl. Lichtexperte, Rolf Ingolf Göbel: Licht und bettlägerige Menschen (10.2021). <https://www.der-lichtexperte.de/lichtwissen/>. (19.05.2023).

### AUSWIRKUNGEN DES LICHTS AUF DIE FOTOREZEPTOREN

Licht beeinflusst unseren Körper auf zwei Arten: durch die Netzhaut unserer Augen und durch die Interaktion mit unserer Haut. Über die Augen wird Licht, ob natürlich oder künstlich, über die Fotorezeptoren aufgenommen. Bei Aktivierung bestimmter Rezeptoren werden Signale an den Hypothalamus und die Zirbeldrüse im Gehirn gesendet, welche den circadian Rhythmus des Menschen steuern. Dadurch kann die Genexpression, Hormonstatus oder den Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen verändert werden.

Das menschliche Auge hat verschiedene Sensoren beziehungsweise Fotorezeptoren, die auf unterschiedliche Wellenlängen reagieren wodurch wir Helligkeit und Farben wahrnehmen können. Die Fotorezeptoren bestehen aus ca. 120 Millionen Stäbchen und etwa 7 Millionen Zapfen. Die Stäbchen sind sehr empfindlich für Helligkeitsunterschiede und ermöglichen es uns, auch bei geringem Licht zu sehen. Die maximalen Empfindlichkeiten liegt bei Rot=564nm, Grün=534nm und Blau=420nm, allerdings können sie keine Farben erkennen. Hierfür sind die Zapfen verantwortlich, diese

sind wiederum in drei verschiedene Arten von Rezeptoren aufgeteilt und ermöglichen uns die Farbwahrnehmung.<sup>1</sup>

2001 wurde in den Forschungsarbeiten von Brainard und Thapan eine weitere Art von Lichtrezeptoren festgestellt, auch „intrinsisch photosensitiven retinalen Ganglienzellen“ (ipRGC) genannt. Diese photosensitive Ganglienzellen im Auge spielen eine wichtige Rolle bei der Steuerung der circadianen Rhythmik, der Pupillomotorik und der Melatoninfreisetzung im Körper.<sup>2</sup> Das Melanopsin, das in diesen Fotorezeptoren vorhanden ist, reagiert besonders empfindlich auf blaues Licht und verhindert zuverlässig die Freisetzung von Melatonin während des Tages.<sup>3</sup> Die Lichtrezeptoren sind anders angeordnet als die Zapfen, die für das Sehen von Helligkeit und Farbe bei Tageslicht zuständig sind. Diese Zapfen sind im Zentrum der Netzhaut konzentriert, um scharfe Bilder zu ermöglichen, wohingegen die Ganglienzellen über die gesamte Netzhaut verteilt sind und nicht zur direkt Wahrnehmung eines Bildes beisteuern.<sup>4</sup>

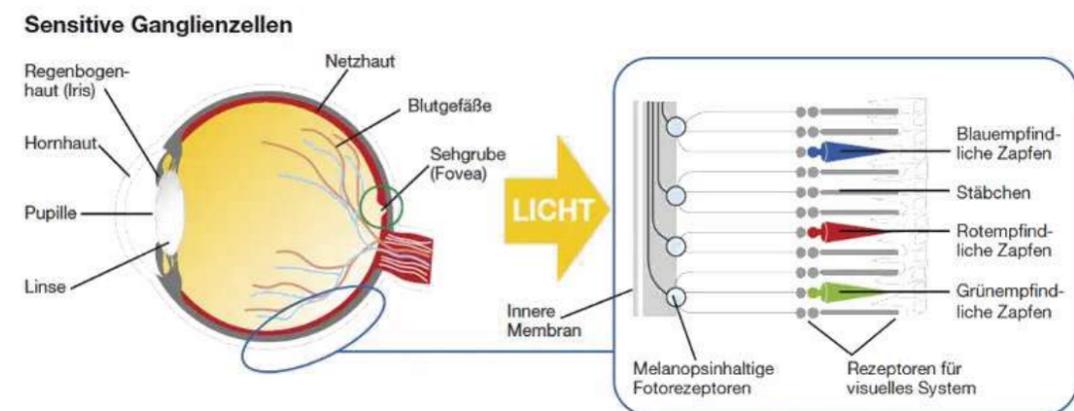
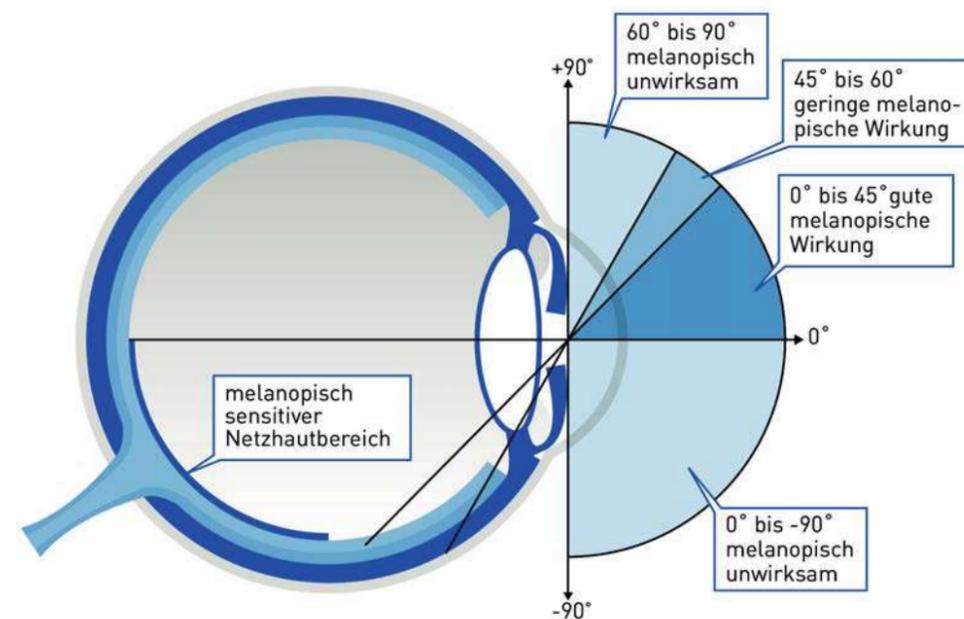


Abb. 33 © licht.de

- 1 Vgl. Fink Bijan, Dr. Frank Antwerpes, Anton-Martin Christof: Photosensitive Ganglienzelle (08.2020). [https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive\\_Ganglienzelle](https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive_Ganglienzelle). (09.05.2023).
- 2 Vgl. Reichelt, Tom: Die Wirkung von blauem Licht (02.2018). <https://www.ledclusive.de/blog/die-wirkung-von-blauem-licht>. (09.05.2023).
- 3 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.10-23
- 4 Vgl. D. Lang: Das richtige Licht zur richtigen Zeit (05.2022). <https://www.elektropraktiker.de/nachrichten/nachricht/hcl-das-richtige-licht-zur-richtigen-zeit?p=all>. (09.05.2023).

Während die max. Empfindlichkeit unserer Zapfen bei 550nm, die der Stäbchen bei ca. 500nm liegen, reagieren die melanopsinreiche Zellen (Ganglienzellen) bestmöglich auf Licht der Wellenlänge von ca. 490nm.<sup>1</sup>

Die melanopsinreichen Ganglienzellen haben im unteren und nasalen Teil eine höhere Empfindlichkeit. Die melanopische Wirksamkeit des Lichtes ist also abhängig vom Einfallswinkel des Lichts und der Großflächigkeit der Lichtquelle. Am Besten werden die Zellen von natürlichem Tageslicht aus einem Einfallswinkel von oben (am höchsten bei 0-45 Grad) stimuliert.<sup>1,2</sup>

Die Entwicklung der Zirbeldrüse beginnt bereits in der 12. Schwangerschaftswoche. Dadurch erfährt der Fötus im Mutterleib bereits die Auswirkungen von Licht, allerdings nicht direkt durch die Ganglienzellen, sondern durch den Umgang der Mutter mit Licht. Jede Mutter überträgt ihrem Kind ihre eigene Beziehung zum Licht. Wenn die Mutter sich nicht ausreichend dem Tageslicht aussetzt, können die biologischen und physiologischen Funktionen eingeschränkt werden.<sup>3</sup>

Abb. 34 © 2022 TRILUX GmbH & Co. KG

- 1 Vgl. Fink Bijan, Dr. Frank Antwerpes, Anton-Martin Christof: Photosensitive Ganglienzelle (08.2020). [https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive\\_Ganglienzelle](https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive_Ganglienzelle). (09.05.2023).
- 2 Vgl. D. Lang: Das richtige Licht zur richtigen Zeit (05.2022). <https://www.elektropraktiker.de/nachrichten/nachricht/hcl-das-richtige-licht-zur-richtigen-zeit?p=all>. (09.05.2023).
- 3 Vgl. Lichtexperte, Rolf Ingolf Göbel: Licht und bettlägerige Menschen (10.2021). <https://www.der-lichtexperte.de/lichtwissen/>. (19.05.2023).

## LICHT UND DAS MENSCHLICHE HORMONSYSTEM

Die Ganglienzellen sind direkt mit der Zirbeldrüse (Epiphyse), dem SCN und dem Hypothalamus verbunden, was die wichtigste Steuerung des vegetativen Nervensystems ist. Der Hypothalamus ist ein Bereich des Gehirns, der für viele lebenserhaltende Funktionen, wie Stoffwechsel, Atmung, Kreislauf, emotionales Gleichgewicht und Schlaf, verantwortlich ist und das Nervensystem mit dem endokrinen System verbindet. Die täglichen Aktivitäts- und Schlafrhythmen werden vom suprachiasmatischen Nucleus (SCN), auch bekannt als Körperuhr im Hypothalamus gesteuert. Der SCN ist der Mittler zwischen dem Lichtreiz und der körperlichen Reaktion darauf. Die Lichtintensität beeinflusst den SCN und beeinflusst auch die Ausschüttung von Hormonen wie Melatonin und Serotonin aus der Zirbeldrüse und Cortisol aus der Nebennierenrinde.<sup>1</sup>

Der SCN wirkt auf den paraventriculären Kern, der hemmende Signale sendet an das Ganglion cervicale superius, das zur Zirbeldrüse projiziert. Wenn also Licht auf die Retina fällt, wird der SCN aktiviert und hemmt die Aktivität des Ganglion cervicale superius, was zur Unterdrückung der Melatoninproduktion führt. Melatonin wird von der Zirbeldrüse produziert und hat eine hemmende Wirkung auf den SCN. Die Hemmung durch Melatonin wird jedoch durch Licht unterbrochen. Melatonin bindet auch an Rezeptoren in der Zirbeldrüse und beeinflusst dadurch die Hormonachsen und das Immunsystem. Das Fehlen von Licht und die Freisetzung von Melatonin führen zu einer Desynchronisation der inneren Uhr, die für den Schlaf wichtig ist.<sup>2</sup>

Visueller (grün) und biologischer (blau) Pfad

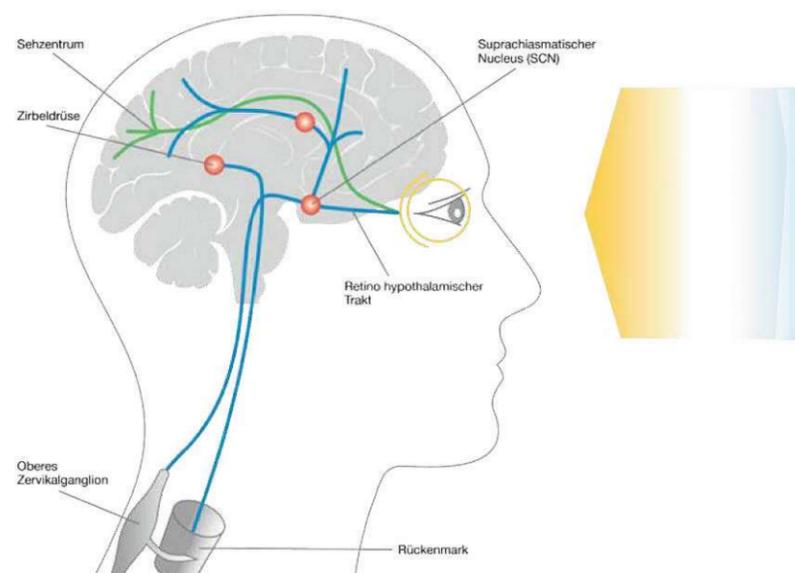


Abb. 35 © licht.de

- 1 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S.53-108
- 2 Vgl. Rheinländer, Andreas: Hypothalamus (03.2023). <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/hypothalamus>. (09.05.2023)
- 3 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.10-23

## MELATONIN

Melatonin ist ein Hormon welches die Körperfunktionen und den Organismus entschleunigt, viele Stoffwechselforgänge zurückgeföhrt, die Körpertemperatur senkt und die Aktivität zur Erholung senkt. In dieser Phase schüttet der Körper Wachstumshormone aus, die nachts die Zellen reparieren. Die Aktivität des Enzyms, das die Melatonin-Synthese steuert, wird durch Licht gesteuert. Helligkeit hemmt die Ausschüttung von Melatonin. Die Menge an Melatonin beeinflusst unser Energie- und Aktivitätsniveau. Wenn es dunkel oder wenig Licht gibt, wird mehr Melatonin ausgeschüttet und wir werden schläfrig. Tagsüber wird die Produktion von Melatonin unterdrückt und die Ausschüttung von Serotonin gefördert, um einen wachen Geisteszustand zu fördern. Blaues Licht hemmt die Melatonin-Ausschüttung am stärksten, da es das Melanopsin in der Netzhaut aktiviert und das Gehirn in einen wachen Zustand versetzt.<sup>1</sup> Durch unsere technischen Fortschritte beeinflussen wir unseren circadianen Rhythmus täglich durch unsere Umgebung und den Einsatz von elektronischen Geräten. Eine helle Beleuchtung im Wohnbereich am Abend oder die Verwendung von LED-Bildschirmen kurz vor dem Schlafengehen können den circadianen Rhythmus verschieben. Eine Studie aus dem Jahr 2014 hat gezeigt, dass die Nutzung von E-Book-Readern vor dem Einschlafen den Schlaf beeinträchtigt.<sup>3</sup>

Die Studie ergab, dass E-Reader-Nutzer eine Verschiebung der Hormonausschüttung von anderthalb Stunden und eine Verringerung der Melatoninausschüttung um die Hälfte aufwiesen. Sie zeigten auch eine Verringerung der REM-Schlaffrequenzen und eine Übermüdung am nächsten Morgen im Vergleich zu den Teilnehmern, die gedruckte Bücher lasen.<sup>3</sup> Durch die Exposition mit blauem Licht während des Tages kann jedoch die Aufmerksamkeit und Gedächtnisleistung erhöht werden und der Schlaf während der Nacht verbessert werden.<sup>1</sup>

Ein unregelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus hat gravierende Gesundheitsschäden. Melatonin beeinflusst unsere Regulierung des Hell-Dunkel-Zyklus und kann als Antioxidans auf einige Stoffe wirken, welche die Zellen und DNA schädigen und Ursache einiger Krebsarten sind. Eine Unterdrückung von Melatonin erhöht zudem die Produktion von Östrogenen und epithelialen Stammzellen, was das Risiko für Brustkrebs erhöht. Störungen des zirkadianen Rhythmus können dadurch zur Entstehung von Brustkrebs, Darmkrebs sowie Prostatakrebs beitragen. Melatonin kann DNA-Schäden verhindern und so die Produktion von Krebszellen reduzieren.<sup>2</sup>

- 1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.10-23
- 2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 53-108
- 3 Vgl. Herr Dr.-Ing. Frank Stüpmann: Der Einfluss von blauem Licht auf das menschliche Schlafverhalten (11.2019). <https://www.silicann.com/blog/beitrag/der-einfluss-von-blauem-licht-auf-das-menschliche-schlafverhalten>. (10.05.2023)

## CORTISOL

Cortisol und Melatonin haben entgegengesetzte Wirkungen. Morgens produziert der Körper Cortisol, das seinen Höhepunkt um 9 Uhr erreicht und im Laufe des Tages kontinuierlich abnimmt. Die Produktion von Melatonin setzt erst am Abend ein und erreicht um 3 Uhr nachts ihren Höhepunkt.<sup>1</sup>

Cortisol ist ein Hormon, das als „Stresshormon“ bekannt ist und von der Nebennierenrinde produziert wird. Es stimuliert den Stoffwechsel und bereitet den Körper auf den Tagesbetrieb vor. Cortisol hat ein tageszeitliches Muster mit hohen Werten am Tag und niedrigen Werten in der Nacht.<sup>1</sup> Ein zu hoher oder zu niedriger Cortisolspiegel kann zu verschiedenen Krankheiten führen. Der Körper benötigt Cortisol in der richtigen Menge für die Regulation des Blutzuckerspiegels, Blutdrucks und Immunsystems.<sup>2</sup>

Das erste Licht am Morgen stimuliert den dritten Rezeptor im Auge und hemmt die Produktion von Melatonin in der Hypophyse. Gleichzeitig sorgt die Hypophyse dafür, dass vermehrt Cortisol und Serotonin freigesetzt wird, was zu einem wachen und aktiven Zustand führt.<sup>1</sup> Im Sommer werden mehr Stresshormone produziert als im Winter. Einige Studien deuten darauf hin, dass ein höherer Cortisolspiegel mit weniger Krankheitstagen bei Kindern zusammenhängen. Hohe morgendliche Cortisolwerte werden mit einer Neigung zu Geselligkeit und Wachsamkeit in Verbindung gebracht.<sup>2</sup>

## SEROTONIN

Serotonin ist ein Gewebshormon und Neurotransmitter das Einfluss auf die Stimmung, Schmerzwahrnehmung, den Magen-Darm-Trakt, das Herz-Kreislauf-System, den Schlaf-Wach-Rhythmus und hat sogar Auswirkungen auf den Augeninnendruck hat. Im Laufe des Tages sinkt der Cortisolspiegel im Blut und verhält sich dabei gegenläufig zum Melatoninspiegel, wohingegen Serotonin für erhöhte Leistungsfähigkeit beim Menschen sorgt. Serotonin ist demnach ebenso ein wichtiger Regulator unseres zirkadianen Rhythmus, welcher eine positive Wirkung auf die Stimmung und Motivation hat. Ein Ungleichgewicht des Serotoninhaushalts kann psychiatrische Störungen wie Depression, Anorexie und Zwangsstörungen auslösen. Bei lang anhaltendem Stress kann der Serotoninspiegel im Gehirn sinken, was zu Depressionen führen kann. Eine niedrige Serotoninfunktion kann zu Symptomen wie Selbstmordgedanken und Gefühlen von Traurigkeit und Wertlosigkeit führen.<sup>2,3</sup>

Der Einfluss des Tageslichts auf den menschlichen Körper

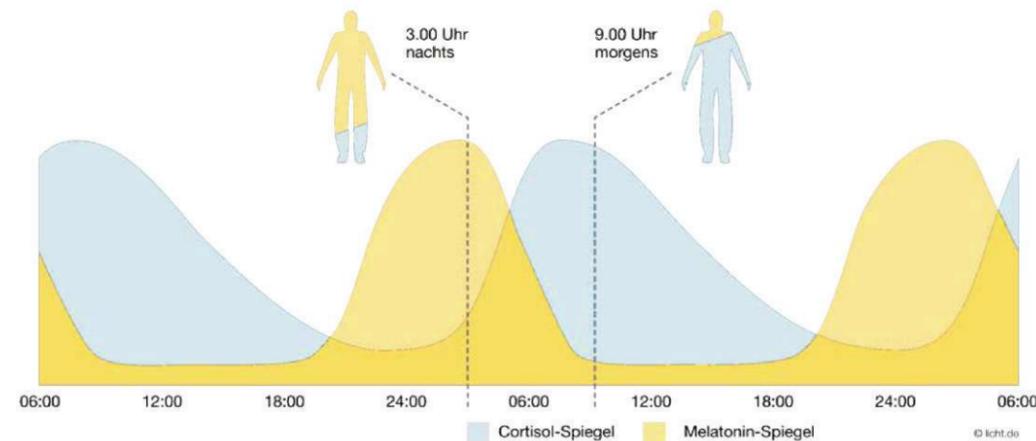


Abb. 36 © licht.de

1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 10-23

2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 53-108

1

Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 10-23

2

Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 53-108

3

Vgl. Lichtexperte, Rolf Ingolf Göbel: Licht und bettlägerige Menschen (10.2021). <https://www.der-lichtexperte.de/lichtwissen/>. (19.05.2023)

„6 % der Erwachsenen leiden unter einer schweren jahreszeitlich bedingten Depression (SAD), und weitere 14 % der Erwachsenen sind vom „Winterblues“ betroffen. Untersuchungen haben ergeben, dass bereits eine 30-minütige Lichttherapie mit Licht, das die Farbtemperaturen des Tageslichts nachahmt, bei bis zu 85 % der Betroffenen Abhilfe schafft.“  
 - National Center for Biotechnology Information (NCBI)

## 5

### LICHT UND LICHTTHERAPIE GEGEN SAISONALE DEPRESSION

Die saisonale Depression, auch bekannt als Seasonal Affective Disorder (SAD), tritt häufig bei Menschen in nördlichen Breitengraden zwischen 45° und 50° auf, wo die Anzahl der Tageslichtstunden im Winter sehr begrenzt ist. Aufgrund des Klimawandels und unserer gesellschaftlich anerkannten Arbeitszeiten ist es ein weltweit ansteigendes Problem. SAD wird durch Lichtmangel und unser endokrines System verursacht. Die Forschung hat gezeigt, dass Lichtintensität ein wichtiger Faktor für die Regulierung von Serotonin im Körper ist. Eine Unterdrückung von Serotonin kann zu Depressionen führen, die mit Störungen von Emotion, Appetit, Libido und Schlaf einhergehen. SAD-Patienten haben einen höheren Melatonin Spiegel aufgrund der geringen Anzahl von Tageslichtstunden und leiden unter Schläfrigkeit, Müdigkeit und anderen Melatoninbedingten Effekten. Eine geringe Exposition gegenüber natürlichem Licht kann bei SAD-Patienten Depressionen auslösen oder verschlimmern. Es ist wichtig, das Gleichgewicht zwischen Serotonin und Melatonin aufrechtzuerhalten, um eine richtige Funktion der inneren Uhr zu gewährleisten.<sup>1</sup>

Die Behandlung von saisonaler Depression (SAD) mit hellem Licht wurde erstmals von Rosenthal und Kollegen eingesetzt. Die Therapie besteht darin, den Patienten einer Intensität von 2500 Lux hellem Licht auszusetzen, um die Winterdepression zu behandeln. Es wurde festgestellt, dass nur helles Licht wirksam ist, während gedämpftes Licht keine Wirkung hat. Die Intensität des Lichts und die Dauer der Exposition sind wichtige Faktoren für die Wirksamkeit der Therapie. Eine Studie von Eastman und Kollegen aus dem Jahr 1998 konnte zeigen, dass eine morgendliche Beleuchtung mit 6000 Lux über einen Zeitraum von drei Wochen die höchste Remissionsrate bei SAD-Patienten hat. Es wurde auch gezeigt, dass die Zeit im Freien im Winter bei SAD-Patienten reduziert ist und dass saisonale Schwankungen in der Exposition gegenüber Tageslicht und hohen Lichtintensitäten möglicherweise ein Faktor für das Auftreten von SAD sind.<sup>1</sup>

1 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 53-60  
 2 Vgl. Michael Schmedt: Winterliche Lichttherapie wirkt auch bei nicht-saisonalen Depression (11.2015). <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/64930/Winterliche-Lichttherapie-wirkt-auch-bei-nicht-saisonalen-Depression>.(20.05.2023).  
 3 Vgl. Prof. Dr. Dr. Martin Holtmann: Wirksamkeit von Lichttherapie bei stationär behandelten Jugendlichen mit Depression. ( <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/wirksamkeit-von-lichttherapie-bei-stationaer-behandelten-jugendlichen-mit-depression-eine-7186.php>.(20.05.2023).

In einer klinischen Studie der Jama Psychiatry Vancouver wurde festgestellt, dass eine tägliche Lichttherapie, von morgens 30 min bei 10000Lux, in der dunklen Jahreszeit nicht nur bei saisonal abhängigen Stimmungsstörungen (SAD), sondern auch bei Major-Depressionen wirksam sein kann. Die Studie ergab, dass die Lichttherapie sogar wirksamer war als die medikamentöse Standardtherapie. Die Patienten wurden zufällig einer Behandlung mit dem Medikament Fluoxetin, einer Scheinbehandlung oder einer Lichttherapie zugeteilt. Wenn sie eine Lichttherapie erhielten, erzielten 50,0 Prozent (ohne Fluoxetin) und 75,9 Prozent (mit Fluoxetin) der Patienten eine vollständige Genesung. Im Vergleich dazu erreichten nur 33,3 Prozent der Patienten unter Placebobehandlung eine vollständige Ge-

nesung. Dies spricht dafür, dass die Therapie mit hellem Licht ein echtes Antidepressivum ist und nicht nur auf den Placebo-Effekt zurückzuführen ist.<sup>2</sup> Eine aktuellere Studie von Prof. Dr. Dr. Martin Holtmann 2021 zeigt ähnliche Ergebnisse: In einer ersten Pilot-Studie wurde die Durchführbarkeit einer Lichttherapie bei depressiven Jugendlichen in stationärer Behandlung untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass nach einer Lichttherapie von zwei Wochen eine Remissionsrate der depressiven Symptome von 46,7% erreicht wurde. Darüber hinaus hatte die Lichttherapie signifikant positive Auswirkungen auf die Schlafqualität und half dabei, den Tag-Nacht-Rhythmus zu normalisieren.<sup>3</sup> Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Wirksamkeit der Lichttherapie nicht nur von der Helligkeit,

sondern auch von der Dauer der Bestrahlung und der spektralen Qualität des Lichts abhängt. Eine Behandlung mit 2500 Lux für zwei Stunden pro Tag kann eine antidepressive Wirkung haben, die ähnlich der Wirkung von 10000 Lux für 30 Minuten pro Tag ist. Natürliches Licht hat viele positive Eigenschaften und ist eines der besten Antidepressiva, das wirksam ist als elektrisches Licht. Eine Beleuchtungsstärke von 10000 Lux, ist in Innenräumen schwer zu erreichen, kann jedoch mit natürlichem Licht im Freien sogar bei Schlechtwetter erreicht werden. An einem sonnigen Tag kann die Beleuchtungsstärke bis zu 100.000 Lux betragen, während sie an einem bewölkten Tag bis zu 20.000 Lux erreichen kann. Da wir die meiste Zeit unseres Lebens

in Innenräumen verbringen, ist es für Architekten wichtig Gebäude zu entwerfen, die ein therapeutisches Lichtniveau bieten.<sup>1</sup>

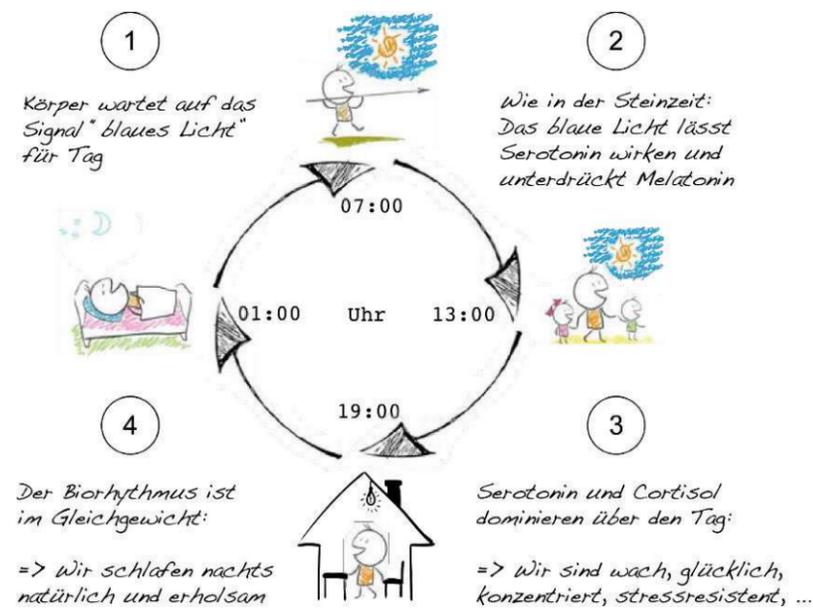


Abb. 37 © Mohamed Boubekri

- Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 53-60
- Vgl. Michael Schmedt: Winterliche Lichttherapie wirkt auch bei nicht-saisonalen Depression (11.2015). <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/64930/Winterliche-Lichttherapie-wirkt-auch-bei-nicht-saisonalen-Depression>. (20.05.2023).
- Vgl. Prof. Dr. Dr. Martin Holtmann: Wirksamkeit von Lichttherapie bei stationär behandelten Jugendlichen mit Depression. (<https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/wirksamkeit-von-lichttherapie-bei-stationaer-behandelten-jugendlichen-mit-depression-eine-7186.php>). (20.05.2023).

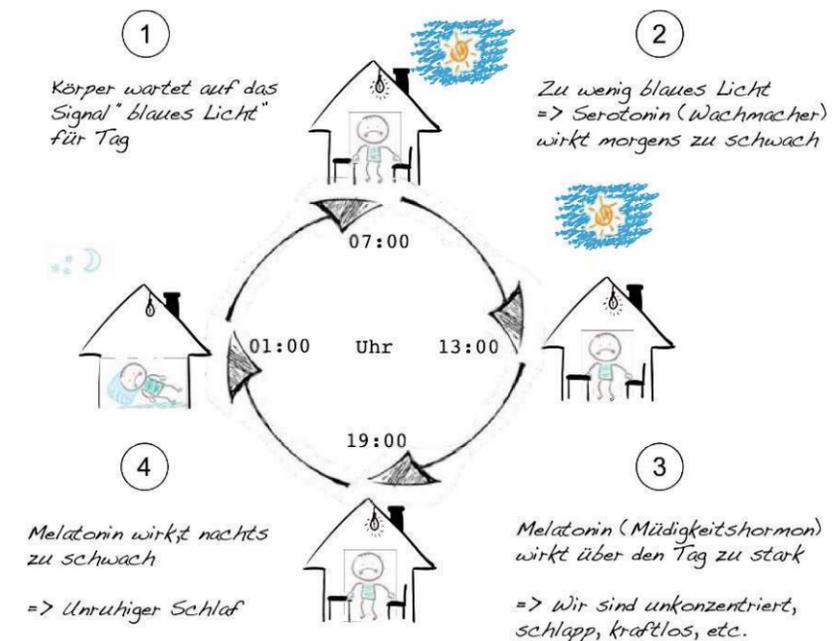


Abb. 38 © Mohamed Boubekri

- Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 53-60
- Vgl. Michael Schmedt: Winterliche Lichttherapie wirkt auch bei nicht-saisonalen Depression (11.2015). <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/64930/Winterliche-Lichttherapie-wirkt-auch-bei-nicht-saisonalen-Depression>. (20.05.2023).
- Vgl. Prof. Dr. Dr. Martin Holtmann: Wirksamkeit von Lichttherapie bei stationär behandelten Jugendlichen mit Depression. (<https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/wirksamkeit-von-lichttherapie-bei-stationaer-behandelten-jugendlichen-mit-depression-eine-7186.php>). (20.05.2023).

## UV-STRAHLUNG ZUR VITAMIN D GEWINNUNG

UV-Licht wird in drei Spektren unterteilt: UV-A, UV-B und UV-C. Während die UV-C-Strahlung (280-100nm) durch die Atmosphäre zur Gänze absorbiert wird, dringen etwa 10 Prozent der UV-B-Strahlung (315-280nm) und der größte Teil der UV-A-Strahlung (400-315nm) bis zur Erdoberfläche durch.<sup>1</sup> UV-A ist für die Pigmentierung der Haut verantwortlich und wird auch als Bräunungslicht bezeichnet. UV-B Strahlung spielt eine wichtige Rolle bei der Photosynthese und der Vitamin-D-Bildung in unserer Haut.<sup>2</sup>

Der UV-Index gibt auf einer Skala von 0 bis 11 die Strahlungsstärke der Sonne an, welcher von der Jahreszeit, Tageszeit, geografische Lage, Bewölkung, Luftverschmutzung und Dicke der Ozonschicht abhängig ist. Je höher der Wert, desto stärker ist die Strahlung. Vitamin D kann erst ab einem UV-Index von 3 gebildet werden. UV-Strahlung kann jedoch auch zu Haut-

schäden und Hautkrebs führen. Zudem kann es Augenentzündungen, Schneeblindheit oder grauen Star verursachen und das Immunsystem schwächen. Reflexionen durch Wasser oder Schnee, Berge und südliche Länder können die UV-Strahlung verstärken, während Wolken die Strahlung nur wenig abschwächen.<sup>3</sup> Glas filtert 95% der UV-B-Strahlung in der Atmosphäre, so dass im Innenraum 19-20 Mal weniger UV-B-Strahlung erhalten wird. Die höchste UV-B Strahlung gibt es in Breitengraden bis zu 30 Grad nördlich oder südlich des Äquators. In einer Höhe von 1000 Metern ist der UV-B Anteil 15% höher als auf Meereshöhe, während der Anteil an UV-A Strahlung fast gleich bleibt. In Breitengraden über 55 Grad erreicht, vor allem im Winter, nur sehr wenig UV-B Strahlung die Erdoberfläche. Der Gehalt an UV-B-Strahlen hängt vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ab und ist zwischen 11 und 15 Uhr in höheren Breitengraden am stärksten.<sup>2</sup>

## VITAMIN D

Vitamin D reguliert die Aufnahme von Nährstoffen im Dünndarm und hilft dabei, Kalzium- und Phosphorkonzentrationen im Serum im Normalbereich zu halten. Dadurch wird die Verhärtung von Knochen und Zähnen ermöglicht. Es fördert die Gesundheit von Muskeln und Knochen und reduziert Sturz- und Frakturrisiko von älteren Menschen. Es gibt Hinweise darauf, dass Vitamin D auch den Verlauf von chronischen und schweren Krankheiten beeinflussen könnte, wie z.B. Herz-Kreislauf- und Krebserkrankungen, neurologische und Autoimmunerkrankungen sowie Infektionen. Es gibt jedoch noch keine eindeutige Aussage darüber, ob ein niedriger Vitamin D-Spiegel eine Erkrankung verursacht oder ob ein niedriger Spiegel aufgrund einer Erkrankung auftritt.<sup>3</sup> Vitamin D wird als „Sonnenschein Vitamin“ bezeichnet, da 80-100 % unseres Vitamin-D-Bedarfs über unsere Haut durch Photosynthese gebildet wird. Es kann auch durch Lebensmittel aufgenommen werden, aber die Menge ist im Vergleich zur durch Photosynthese gebildeten Menge vernachlässigbar. Wir sollten uns daher ausreichend dem Sonnenlicht aussetzen. Ein Mangel an Sonnenlicht kann zu einer niedrigen Vitamin-D-Konzentration im Körper führen, was zu einer Reihe von Gesundheitsproblemen führen kann, wie zum Beispiel Knochenschwund, Krebs, Bluthochdruck, Burnout, Depressionen und Erkrankungen des Immunsystems.<sup>2</sup>

Es wurde in vielen Studien nachgewiesen, dass ältere Menschen mit einem Mangel an Vitamin D ein höheres Risiko haben Knochenbrüche zu erleiden, insbesondere Hüftfrakturen. Besonders zum Ende des Winters, wenn die Tage noch sehr kurz sind und die Sonnenstrahlung minimal ist, besteht ein erhöhtes Risiko, da die Menschen in den vorherigen Monaten nur wenig Sonnenlicht ausgesetzt waren. Untersuchungen haben auch gezeigt, dass ein Mangel an Vitamin D bei Patienten mit Herzinsuffizienz häufig vorkommt und für verschiedene Herzfunktionsstörungen wie Bluthochdruck verantwortlich sein kann. Bluthochdruck gilt als einer der Hauptfaktoren, die zum Risiko von Herzversagen beitragen.<sup>1</sup>

Die Sonnenexposition erhöht die Insulinausschüttung und senkt den Blutzuckerspiegel, was mit einem geringeren Risiko für Typ-2-Diabetes verbunden ist. Vitamin D scheint auch die Funktion der insulinproduzierenden Zellen in der Bauchspeicheldrüse zu verbessern und die Insulinwirkung zu verstärken, was zu einem besseren Blutzucker-Management führt. Eine Studie untersuchte die Auswirkungen von Vitamin-D-Supplementen auf Diabetikerinnen und zeigte, dass eine tägliche Dosis von 1332 IE über einen Monat zu einem Rückgang der Insulinresistenz um 21,4 % und einem Anstieg der Insulinproduktion um 43,3 % führte. Es wurde auch festgestellt, dass Sonnenlicht bis zu 20000 IE Vitamin D pro Tag produzieren kann, was für Typ-1- und Typ-2-Diabetiker eine wichtige Information ist.<sup>2</sup>

Darstellung	Strahlungsstärke	Schutz
	schwach	kein Schutz erforderlich
	mittel	Schutz erforderlich: Hut, T-Shirt, Sonnenbrille, Sonnencreme
	hoch	Schutz erforderlich: Hut, T-Shirt, Sonnenbrille, Sonnencreme
	sehr hoch	zusätzlicher Schutz erforderlich: Aufenthalt im Freien möglichst vermeiden
	extrem	zusätzlicher Schutz erforderlich: Aufenthalt im Freien möglichst vermeiden

Abb. 39 © Bundesamt für Gesundheit

1 Vgl. Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt: Eckdaten und Wirkung von UV-Strahlung. [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/luft\\_uv/strahlung.html#:~:text=W%C3%A4hrend%20die%20UV%2DC%2DStrahlung,im%20UV%2DBereich%20nicht%20sehen.](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft_uv/strahlung.html#:~:text=W%C3%A4hrend%20die%20UV%2DC%2DStrahlung,im%20UV%2DBereich%20nicht%20sehen.) (20.05.2023).  
2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 63-86  
3 Vgl. Bundesamt für Gesundheit BAG Schweiz: UV-Index. [https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne\\_uv-strahlung/uv-index.html.](https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne_uv-strahlung/uv-index.html) (20.05.2023)

1 Vgl. Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt: Eckdaten und Wirkung von UV-Strahlung. [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/luft\\_uv/strahlung.html#:~:text=W%C3%A4hrend%20die%20UV%2DC%2DStrahlung,im%20UV%2DBereich%20nicht%20sehen.](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft_uv/strahlung.html#:~:text=W%C3%A4hrend%20die%20UV%2DC%2DStrahlung,im%20UV%2DBereich%20nicht%20sehen.) (20.05.2023).  
2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 63-86  
3 Vgl. Bundesamt für Gesundheit BAG Schweiz: UV-Index. [https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne\\_uv-strahlung/uv-index.html.](https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne_uv-strahlung/uv-index.html) (20.05.2023)

# 05

## ENTWURFSKRITERIEN

# 1

## VORHABEN

Diese Arbeit versucht den Menschen die Wichtigkeit des Sonnenlichts wieder näher zubringen. Sonnenlicht hat einen essentiellen Einfluss auf unseren Organismus. In dieser Kriterienammlung werden Punkte ausgearbeitet für die optimale Anwendung des Sonnenlichts. Die Einstrahlung des Sonnenlichts ist abhängig von der Tages- und Jahreszeit, sowie von Wettereinflüssen. Um einen Mangel an natürlichem Sonnenlicht auszugleichen, beziehungsweise den Nutzungszeitraum zu verlängern, werden gleichzeitig die Kriterien für Kunstlichtkonzepte erarbeitet.

### ZIEL DER ENTWURFSKRITERIEN

Mit den Entwurfskriterien wird im nächsten Schritt ein Raum entwickelt der diese Kriterien bestmöglichst erfüllt. Er sollte die Wirkung des Sonnenlichts auf den menschlichen Körper optimal nutzen und wenn nötig mit Kunstlicht zusätzlich unterstützen. Hierfür werden drei Szenarien betrachtet.

### DREI SZENARIEN

Der Kriterienkatalog behandelt drei unterschiedliche Zeiten des Tagesrhythmus:

- **Morgen**
- **Mittag**
- **Abend**

Beziehungsweise drei unterschiedliche Synthesen unseres Organismus:

- **Sonnenlicht durch einen Blaufilter zur Anregung der Cortisol und Serotonin Produktion**
- **den Einfluss von direktem Sonnenlicht hauptsächlich zur Vitamin D Gewinnung**
- **Sonnenlicht durch einen Gelb-Orange-Filter zur Anregung der Melatonin Produktion**

Dies Szenarien werden unter folgenden Namen erklärt:



- MORGENLICHT (Morgen + Cortisol und Serotonin Gewinnung)



- MITTAGSLICHT (Mittag + Vitamin D Gewinnung)



- ABENDLICHT (Abend + Melatonin Gewinnung)



MORGENLICHT

1



## ANWENDUNGSBEREICH

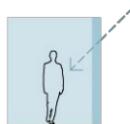
Die Sonne reguliert den Tag Nacht Rhythmus. Sie gleicht die Ausschüttung und Produktion der Hormone Melatonin, Cortisol und Serotonin im Körper auf natürliche Weise aus und beeinflusst so unseren Tag-Nacht Rhythmus. Durch blaues Licht wird die Ausschüttung von Cortisol und Serotonin angeregt und die Produktion von Melatonin gehemmt. Cortisol wirkt antizyklisch auf Melatonin. Ein Ungleichgewicht kann Krankheiten auslösen sowie Störungen des Blutzuckerspiegels, Blutdruck und des Immunsystems. Serotonin macht uns aktiv und ist ein wichtiger Regulator für psychiatrische Störungen wie Depression, Anorexie und Zwangsstörungen.<sup>1</sup>

2

# SONNENLICHT KRITERIEN

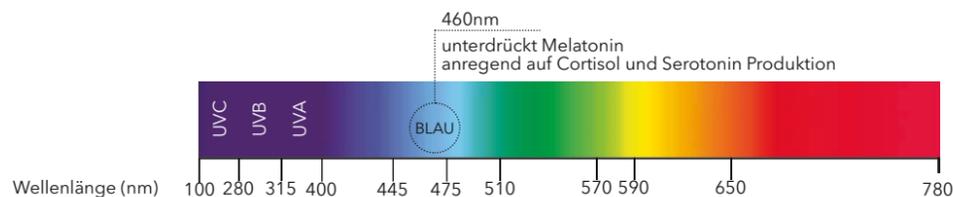
## WELLENLÄNGE

Licht aktiviert bestimmte melanopsinreiche Fotorezeptoren (Ganglienzellen) im Auge, welche Signale an den Hypothalamus und die Zirbeldrüse leiten und somit unseren Hormonspiegel und den circadianen Rhythmus des Menschen steuern. Die Ganglienzellen in unserem Auge reagieren bestmöglich auf Licht der Wellenlänge von ca. 460nm.<sup>1</sup> Diese Wellenlänge des Lichts unterdrückt die Melatoninproduktion und fördert die Ausschüttung von Cortisol und Serotonin.<sup>2</sup>



Melatonin: wird blockiert  
Innere Uhr: Tag

*Konsequenz  
Blaulicht mit 460nm Wellenlänge.  
Beispielsweise durch farbiges  
Fensterglas.*



## ZEIT

Die Produktion von Cortisol und Serotonin soll vor allem Vormittags angekurbelt werden, da die Hormone Cortisol und Serotonin uns aktiv und leistungsfähig machen und uns einen energiegeladenen Start in den neuen Tag ermöglichen. Die Hormone geraten in den Blutkreislauf und aktivieren unseren Organismus, was zu einer höheren Leistungsfähigkeit beiträgt. Cortisol wird normalerweise in sieben bis zehn Schüben pro Tag von der Nebenniere freigesetzt. Ab dem späten Nachmittag bis Einbruch der Abenddämmerung sollte der Körper langsam die Cortisol- und Serotoninproduktion zurückfahren, damit mit Einbruch der Dunkelheit die Melatoninproduktion beginnen kann um einen erholsamen Schlaf zu ermöglichen.<sup>3</sup>



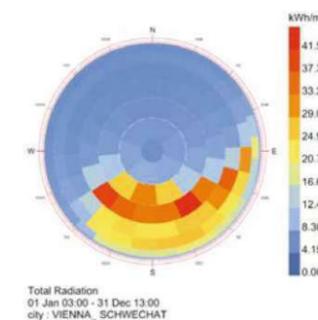
*Konsequenz  
Geeigneter Zeitpunkt  
Vormittags ab Sonnenaufgang*

„Die biologische Halbwertszeit von Cortisol liegt bei 1 Stunde. Der Cortisol-Spiegel sollte direkt vor dem Zubettgehen bei unter 0,4µg/dl liegen, denn nur so ist ein erholsamer Schlaf möglich.“<sup>3</sup>

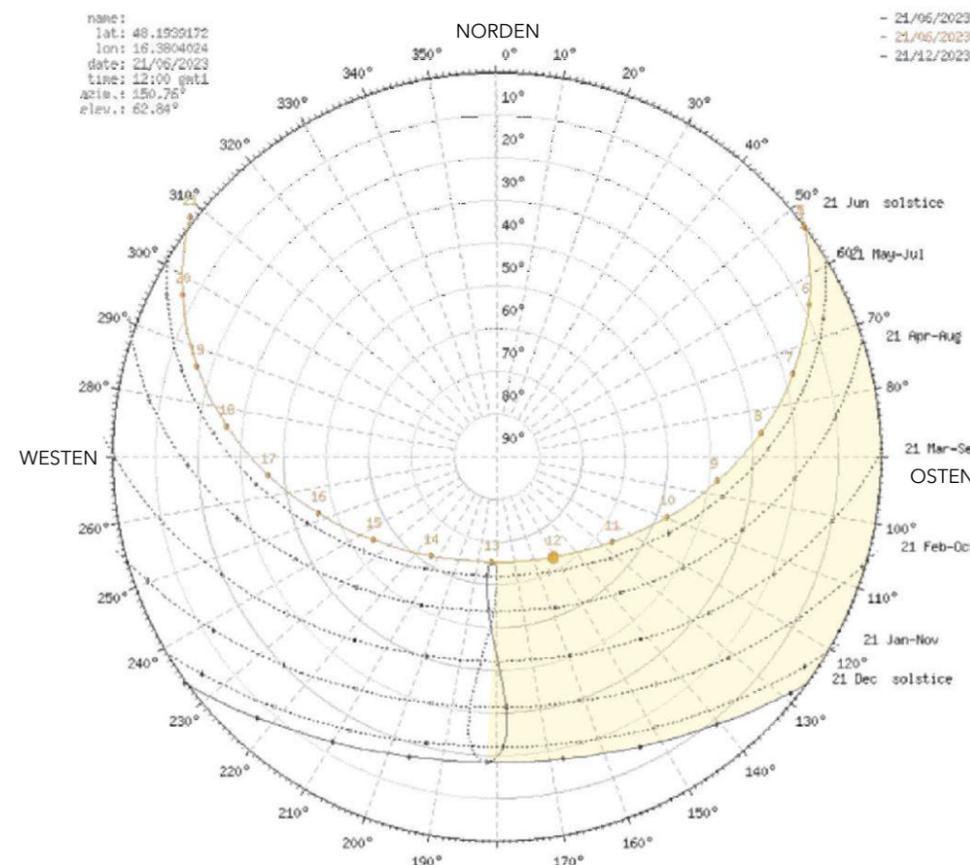
1 Vgl. Fink Bijan, Dr. Frank Antwerpes, Anton-Martin Christof: Photosensitive Ganglienzelle (08.2020). [https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive\\_Ganglienzelle](https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive_Ganglienzelle). (09.05.2023).  
2 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.3-23  
3 Vgl. Dr. Jacoby: Melatonin und Cortisol bestimmen über den Schlaf (12.2018). <https://www.foryouhealth.de/gesund-leben-blog/melatonin-und-cortisol-bestimmen-ueber-den-schlaf.html>.(21.05.2023)

## HIMMELSRICHTUNG

Die Sonne geht im Osten, beziehungsweise Nordosten auf und wandert immer höher nach Süden. Am Vormittag steht die Sonne also im Nordosten, Osten, oder Südosten. In Wien geht die Sonne zur Sommersonnenwende 50° nordöstlich auf, zur Wintersonnenwende 137° südöstlich. siehe Abbildung Sonnenverlauf



## SONNENVERLAUF WIEN



Das Strahlungsdiagramm zeigt den Strahlungseinfall der direkten und diffusen Strahlung zwischen 3Uhr morgens und 13Uhr.

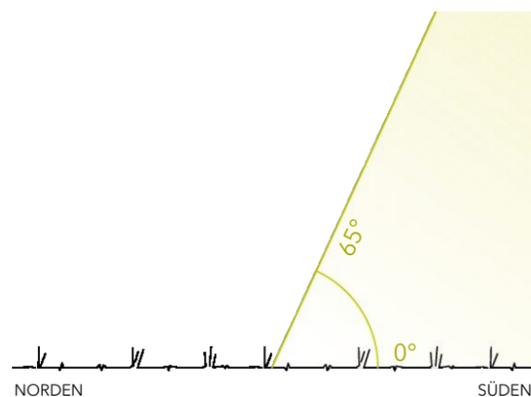
*Konsequenz  
Öffnung von Nordosten bis Südosten.  
Beispielsweise durch ein  
Fensterband mit blauem Glas auf  
diese Länge.*

Abb. 40 © SunEarthTools

### EINFALLSWINKEL SONNE

Die Cortisol und Serationin Ausschüttung sollte am Vormittag angeregt werden, zu dieser Zeit wandert die Sonne vom niedrigsten bis zum höchsten Punkt ihrer Tagelaufbahn.

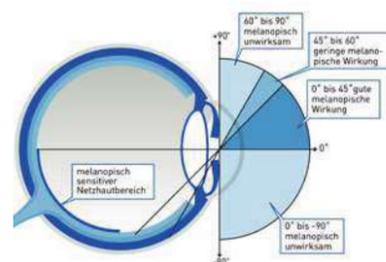
In Wien wandert die Sonnen demnach von 0° bis 65°, beim Höchststand zur Sommersonnenwende.



**Konsequenz**  
 Öffnung auf einer Höhe von 0 bis 65°. Dies muss überlagert werden mit dem Einfallswinkel zur Person.

### EINFALLSWINKEL ZUR PERSON

Die melanopische Wirksamkeit des Lichtes ist abhängig vom Einfallswinkel und der Großflächigkeit der Lichtquelle. Natürliches Tageslicht aus einem Einfallswinkel von 0 bis 45 Grad regt die Fotorezeptoren am Besten an. Wenn das Beleuchtungskonzept eine hohe Wirkung auf die Rezeptoren haben soll, muss es also nicht nur einen hohen Blaulichtanteil garantieren, sondern auch möglichst von Oben herabstrahlen.<sup>1,2</sup>



**Konsequenz**  
 Öffnung auf einer Höhe von 0 bis 60°. Beispielsweise ein Fensterband mit blauem Glas mit dieser Höhe.

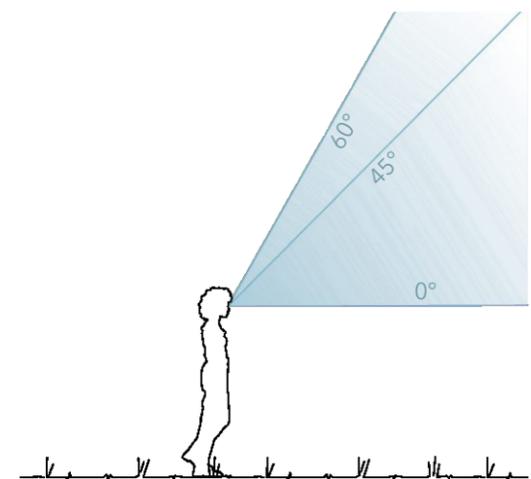


Abb. 41 © 2022 TRILUX GmbH & Co. KG

1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.3-23

### EXPOSITIONSDAUER

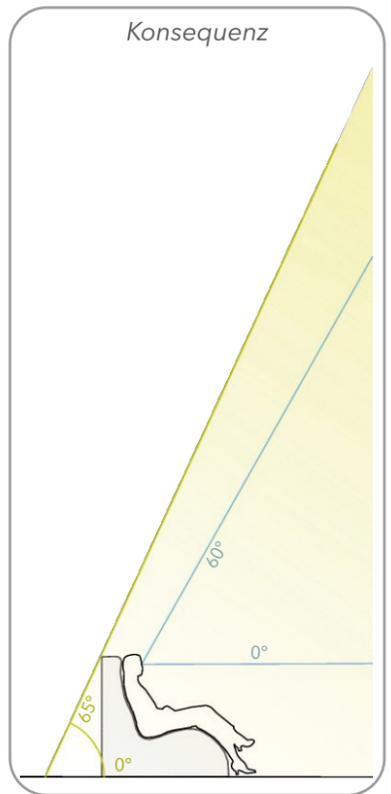
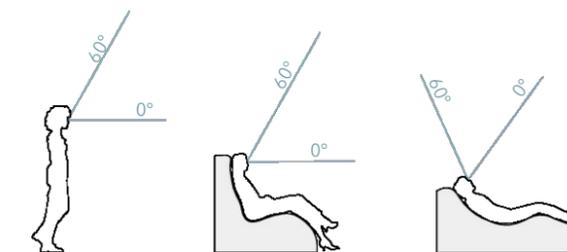
Die Ergebnisse der Studien des Lighting Research Center (2019) und Joshua J Gooley (2010) deuten darauf hin, dass eine 90 minütige Netzhautexposition mit Licht zwischen 555nm und 460nm eine Melatoninunterdrückung und somit Cortisol und Serotonin Ausschüttung anregen. Einer Lichtquelle mit 460nm ist hierfür besonders effektiv. Die Studien zeigten auch, dass die Melatonin-suppression während der ersten 3-stündigen Expositionsperiode zunahm, zwischen den 3-stündigen und 4,5-stündigen Expositionsperioden gleich blieb und dann mit einer Expositionsdauer von mehr als 4,5 Stunden abnahm.<sup>1,2</sup>

Um unseren Tag-Nacht-Rhythmus zu stimulieren und im Gleichgewicht zu halten ist eine tägliche Exposition mit Blauen Licht am Vormittag für 90 Minuten geeignet.<sup>3</sup>

**Konsequenz**  
 Aufenthaltsdauer täglich ca. 90 Minuten.

### AUSRICHTUNG DER PERSON

Wir brauchen Cortisol und Serationin Vormittags ab Sonnenaufgang, während dieser Zeit steht die Sonne inWien im Nordosten bis Südosten zwischen 0° und 65°. Die Ausrichtung der Person muss so gewählt werden, dass der Einfallswinkel den wir für die Hormongewinnung benötigen im Einfallswinkel der Sonne liegt.

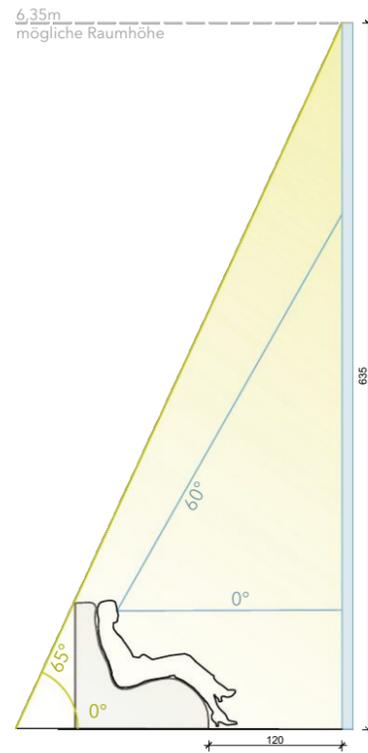


1 Vgl. Dr. Jacoby: Melatonin und Cortisol bestimmen über den Schlaf (12.2018). <https://www.foryouhealth.de/gesund-leben-blog/melatonin-und-cortisol-bestimmen-ueber-den-schlaf.html>.(21.05.2023)  
 2 Vgl. R. Nagare, B Plitnick & MG. Figueiro: Effect of exposure duration and light spectra on nighttime melatonin suppression in adolescents and adults, Light Res Technol, 06.2019  
 3 Vgl. Gooley, Rajaratnam, Brainard, Kronauer, Czeisler & Lockley: Spectral responses of the human circadian system depend on the irradiance and duration of exposure to light: Sci Transl Med., 05.2010

## FENSTERPOSITION

Bei einer normgerechten Gangbreite von 1,20m zwischen Fenster und Sitzmöbel, könnte das Fenster...

## VARIANTE A



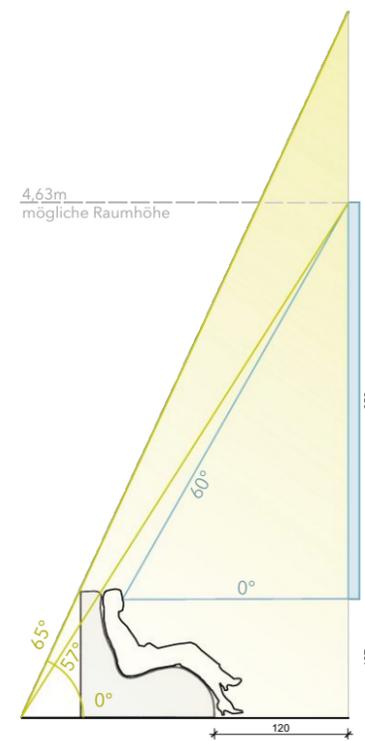
...unter Berücksichtigung des Sonneneinfalls, etwa 6m hoch sein. (Was eine Raumhöhe von über 6m voraussetzt)

## VARIANTE B



...gewölbt sein um im Bereich des Sonneneinfalls zu liegen und eine enorme Raumhöhe zu vermeiden.

## VARIANTE C



...unter Berücksichtigung des optimalen Einfallswinkels zur Person, etwa 3,60m hoch sein und 1,07m über dem Boden liegen. So ist in dem kurzen Zeitraum, in dem die Sonne über 57° steht, der Raum jedoch leider nicht effektiv nutzbar.

 KUNSTLICHT KRITERIEN

LICHTQUELLE

Tageslichtlampen simulieren ein Licht ähnlich dem Tageslicht der Sonne. Im Allgemeinen gibt es zwei Arten von Tageslichtlampen, die je nach Verwendungszweck und Eigenschaften unterschieden werden. Tageslichtlampen für die Lichttherapie. Diese werden eingesetzt um Symptome einer Saisonal-Abhängigen-Depression (SAD) zu mildern. Und Tageslichtleuchten für die Raumbelichtung. Sie erzeugen ein besonders helles, klares und kontrastreiches, dem natürlichen Tageslicht ähnliches Licht. Beide Lichtquellen unterstützen durch ihre hohen Lichtstärken die melanopische Wirkung des menschlichen Auges. Diese beeinflusst den Melatonin und Serotoninspiegel im Körper und somit den wachen, aktiven Zustand und die Stimmung.<sup>1,2</sup>

*Konsequenz  
Einsatz von Tageslichtleuchten*

LEUCHTSTÄRKE

Die Lichtstärke bezieht sich auf die Menge des abgestrahlten Lichts in einer bestimmten Richtung und wird hauptsächlich von reflektierenden Elementen wie Reflektoren beeinflusst.<sup>3</sup> Tageslichtlampen signalisieren dem Auge durch Leuchtstärke und Farbtemperatur, dass es Tag ist. Dadurch wird die Produktion von Melatonin reduziert und man wird wacher. Gleichzeitig steigt der Cortisol- und Serotoninspiegel und damit auch die Stimmung. So kann der circadiane Rhythmus auch ohne Sonnenlicht stimuliert werden.<sup>1</sup> Die Leuchtstärke der Tageslichtlampen ist abhängig von der Expositionsdauer.

bedeckter Sommertag	ca. 20 000lx
bedeckter Himmel	ca. 6 000lx
Bürobeleuchtung	ca. 500lx
Beleuchtung Wohnräume	ca. 100-300lx

*Konsequenz  
Beleuchtungsstärke  
um die 240 Lux bei 6500K im  
Innenraum sind bei einer Ex-  
position über mehrere Stunden  
ausreichend.  
Die Leuchtstärke kann durch Re-  
flectoren verstärkt werden.*

Tageslichtlampen für die Lichttherapie haben eine Leuchtstärke zwischen 5.000 und 10.000 Lux und deshalb eine kürzere Anwendungsdauer.<sup>1</sup> Raubleuchten richten sich nach der Regel, dass die vertikale Beleuchtungsstärke am Auge 250 Lux bei 8 000 K beziehungsweise einen wirkungsäquivalenten Betrag beispielsweise etwa 240Lux bei 6 500 K erreichen sollte. Dies führt zu einer Expositionsdauer über mehrere Stunden.<sup>4</sup>

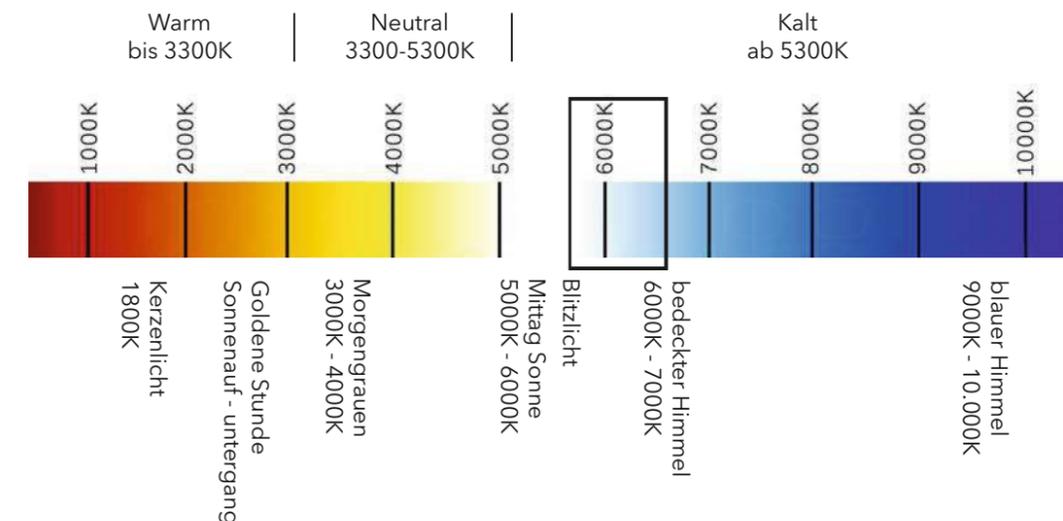
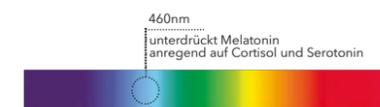
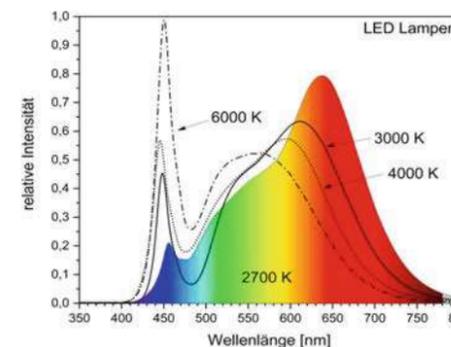
Abb. 42 © Bundesamt für Strahlenschutz  
 1 Vgl. Anja Klein: Tageslichtlampen - Sonne aus der Steckdose. <https://www.tageslicht-lampe.de>. (20.05.2023).  
 2 Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz: Lichttherapie mit Tageslichtlampen (10.2021). [https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen_node.html).(20.05.2023).  
 3 Vgl. Zumtobel Lighting GmbH: Licht-Handbuch für den Praktiker, Dornbirn: Zumtobel Lighting GmbH, 05.2012, S.2-24  
 4 Vgl. Renate Hammer; Aktuelles aus der Lichtwelt in Theorie und Praxis, Lichttechnische Gesellschaft Österreichs; Lichttechnischer Kongress 2022

FARBTEMPERATUR / WELLENLÄNGE

In den meisten Tageslichtlampen ist ein UV-Filter eingebaut, sodass nur das unschädliche spektrum des Lichts auf unsere Netzhaut trifft. Die Farbtemperatur ist ein Maß für den Farbeindruck, den eine Lichtquelle verursacht und wird in der Maßeinheit Kelvin (K) gemessen. Je höher die Farbtemperatur in Kelvin (K), desto mehr kürzere Wellenlängen und desto höher der Blaulichtanteil.<sup>1</sup>

Bei LED-Lampen wird Tageslicht mit einer Farbtemperatur zwischen 5700 und 6500 Kelvin zusammen mit einer relativ hohen Lichtstärke in Lux erzeugt. Das Licht von Tageslichtlampen kann auch als "bläulich" oder "kaltweiß" beschrieben werden da es reich an kurzen Wellenlängen ist.<sup>2</sup>

Die melanopsinhalte Zellen im Auge reagieren bestmöglich auf Licht der Wellenlänge von ca. 460nm. Diese Wellenlänge des Lichts unterdrückt die Melatoninproduktion und fördert die Ausschüttung von Cortisol und Serotonin.<sup>3</sup>



*Konsequenz  
Farbtemperatur von 5700 - 6500K  
welche einen hohen Anteil an  
kurzen Wellenlängen mit  
460 nm hat.*

Abb. 43 © Bundesamt für Strahlenschutz  
 1 Vgl. Andreas Göppel, Sven Hohmann: Farbtemperatur. <https://www.baunetzwissen.de/licht/fachwissen/lichttechnische-groessen/farbtemperatur-882485>.(20.05.2023).  
 2 Vgl. Andreas Flatau: Tageslichtlampen. <https://lanama.de/tageslichtlampen/>. (20.05.2023).  
 3 Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz: Lichttherapie mit Tageslichtlampen (10.2021). [https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen_node.html).(20.05.2023).

**ANWENDUNG**

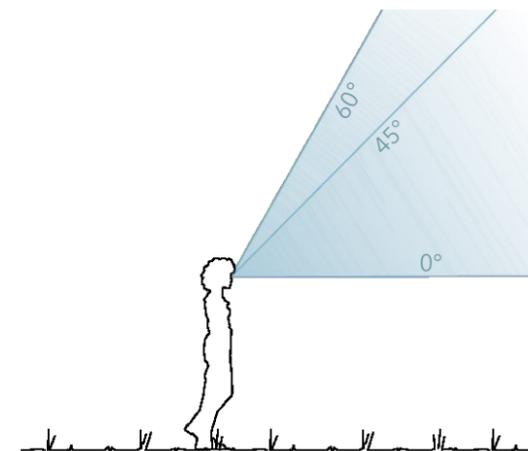
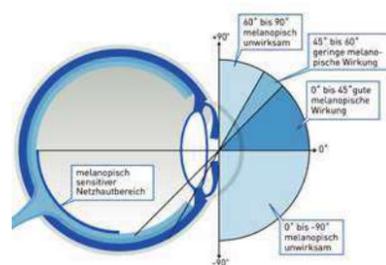
Die Dauer ist abhängig von der Entfernung und der Lichtstärke der Lampe. Bei Lichttherapiegeräten wird empfohlen für eine Dauer von 30 Minuten bis zu maximal 2 Stunden pro Tag für die Lichtdusche zu verwenden. Je nach Abstand zu der Tageslichtlampe variiert die Beleuchtungsstärke in Lux und somit auch die empfohlene Expositionszeit. Die Hersteller empfehlen in der Regel einen Sitzabstand von 20 bis 60 cm zur Lichtdusche. Im Abstand von 10 cm erreicht die Tageslichtlampe etwa 10.000 Lux, bei 20 cm etwa 9.000 Lux, bei 40 cm noch 4.000 Lux und bei 60 cm nurmehr 2.300 Lux.<sup>1</sup>

Tageslichtleuchten für die Raumbelichtung haben aufgrund Ihrer weiteren Entfernung zur Person und einer geringeren Leuchtstärke eine Expositionsdauer von mehreren Stunden. Dies ist in Alltagssituationen, beispielsweise im Büro, aufgrund des langen Aufenthaltes kein Problem, für einen schnellen Therapieeffekt ist dies jedoch nicht geeignet.<sup>2</sup>

**Konsequenz**  
Tageslicht Therapielampen:  
30 Minuten bei 10.000Lux.  
  
Tageslicht Raubleuchten:  
mehrere Stunden bei 250 Lux und  
6500K

**EINFALLSWINKEL ZUR PERSON**

Der optimale Einfallswinkel von Kunstlicht ist identisch mit dem optimalen Einfallswinkel des Sonnenlichts. Die melanopische Wirksamkeit des Lichtes ist abhängig vom Einfallswinkel und der Großflächigkeit der Lichtquelle. Ein Einfallswinkel von 0 bis 45 Grad regt die Fotorezeptoren am Besten an. Wenn das Beleuchtungskonzept eine hohe Wirkung auf die Rezeptoren haben soll, muss es also nicht nur einen hohen Blaulichtanteil garantieren, sondern es soll möglichst von Oben herabfallen.<sup>3,4</sup>



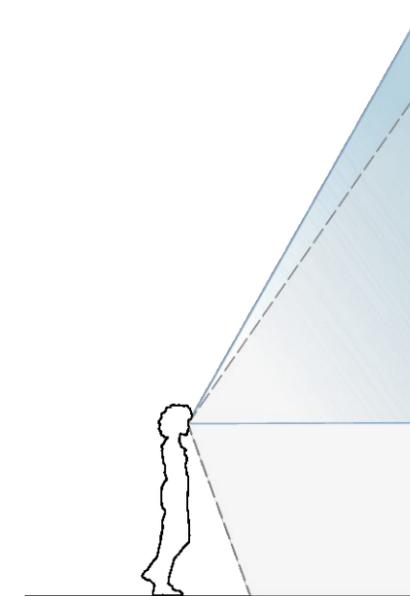
**Konsequenz**  
Öffnung auf einer Höhe  
von 0 bis 60°.  
Beispielsweise ein Fensterband  
mit blauem Glas mit dieser Höhe.

Abb. 44 © 2022 TRILUX GmbH & Co. KG

1 Vgl. Anja Klein: Häufige Fragen zu Tageslichtlampen und Lichttherapie. <https://www.tageslicht-lampe.de/haeufige-fragen-tageslichtlampen/#tageslichtlampe-wirkung>. (20.05.2023).  
2 Vgl. Renate Hammer; Aktuelles aus der Lichtwelt in Theorie und Praxis, Lichttechnische Gesellschaft Österreichs; Lichttechnischer Kongress 2022  
3 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.3-23

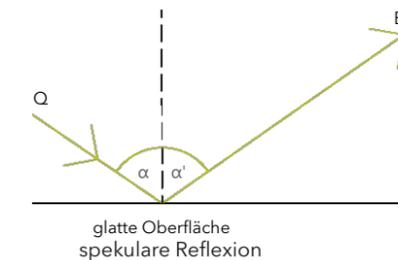
**BLENDUNG**

Das Sichtfeld des Menschen erstreckt sich im Innenräumen auf einen Winkelbereich von etwa 70 Grad unterhalb bis 55 Grad oberhalb der Blickrichtung. Der Blick ist nicht statisch, aber im Mittel leicht nach unten gerichtet, da die Sehaufgabe im Allgemeinen eher im unteren Bereich angeordnet ist.<sup>1</sup> Dieser Bereich sollte als Position der Lichtobjekte vermieden werden. Dadurch wird ein direkter Blick in die Lichtquelle und somit eine Blendung vermieden.



**REFELXION**

Wird der Einfallswinkel nicht mit direkter Einstrahlung gegeben so können Reflexionsflächen zur verbesserten Lichtverteilung beitragen und die Aufnahme der Sonnenstrahlen optimieren.<sup>2,3</sup> Bei metallischen Spiegeln kann dieser Anteil sehr hoch sein und nahezu 100 Prozent betragen. Die Reflexion ist abhängig von der Rauheit der Oberfläche und kann grob in zwei Arten unterteilt werden. Spekulare Reflexion bezieht sich auf Licht, das von einer glatten Oberfläche in einem bestimmten Winkel reflektiert wird.<sup>3</sup> Wenn ein Lichtstrahl von der Lichtquelle Q ausgesendet wird, wird er von der glatten Oberfläche reflektiert und erreicht den Empfänger des Lichts E.<sup>4</sup> Im Gegensatz dazu tritt diffuse Reflexion auf rauen Oberflächen auf, bei der das Licht in verschiedene Richtungen reflektiert wird. Im Alltag begegnen wir viel häufiger der diffusen Reflexion als der spekularen Reflexion.<sup>4</sup> Ein gutes Beispiel dafür ist ein weißes Blatt Papier. Aufgrund seiner leicht rauen Oberfläche erscheint es hell, wenn es beleuchtet wird, unabhängig davon aus welcher Richtung man es betrachtet.

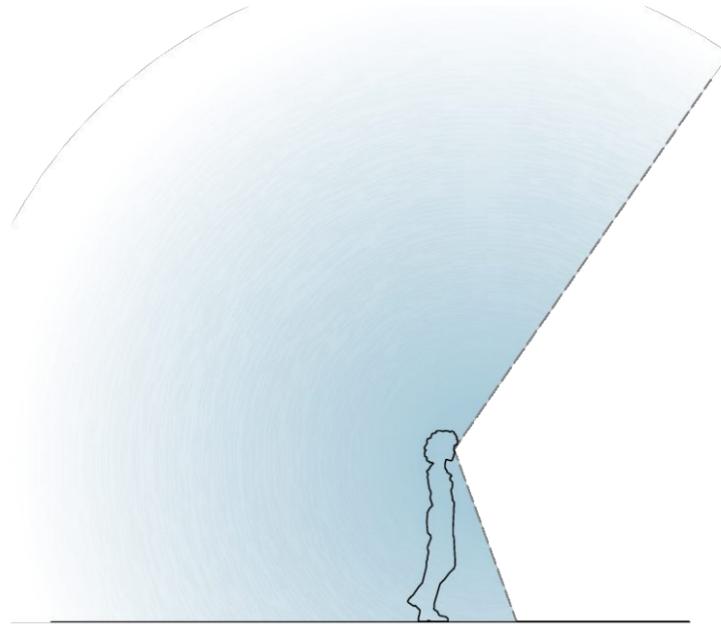


**Konsequenz**  
Ist der Einfallswinkel nicht gegeben - Reflexionsflächen erzeugen.  
Beispielsweise durch weiße Wände oder Spiegel.

1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 3-23  
2 Vgl. R. Nagare, B Plitnick & MG. Figueiro: Effect of exposure duration and light spectra on nighttime melatonin suppression in adolescents and adults, Light Res Technol, 06.2019  
3 Vgl. Gooley, Rajaratnam, Brainard, Kronauer, Czeisler & Lockley: Spectral responses of the human circadian system depend on the irradiance and duration of exposure to light: Sci Transl Med., 05.2010  
4 Vgl. T. Fellers & M. Davidson: Einführung in die Reflexion von Licht. <https://www.olympus-lifescience.com/de/microscope-resource/primer/lightandcolor/reflectionintro/>. (21.05.2023).

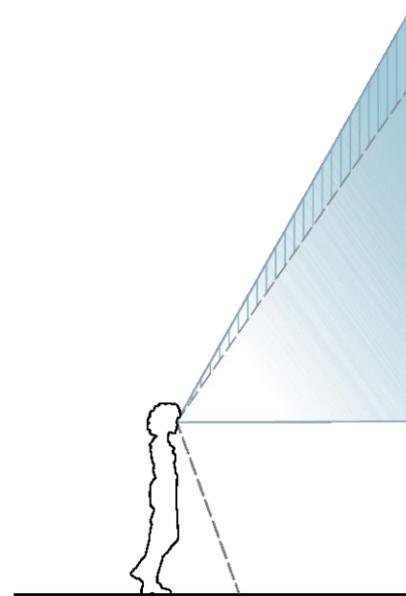
### KUNSTLICHTPOSITION

Um eine Blendung zu vermeiden, sollte sich die Lichtquelle im blauen Bereich der Abbildung befinden.



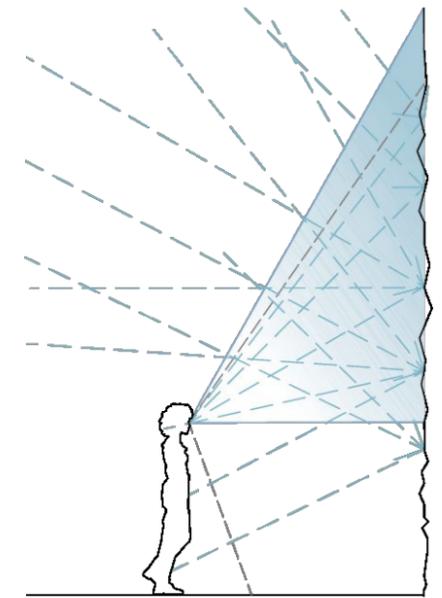
### VARIANTE A

Das Kunstlicht ist im Bereich zwischen Einfallswinkel zur Person und dem Sichtwinkel der Person angebracht um eine Blendung zu vermeiden.



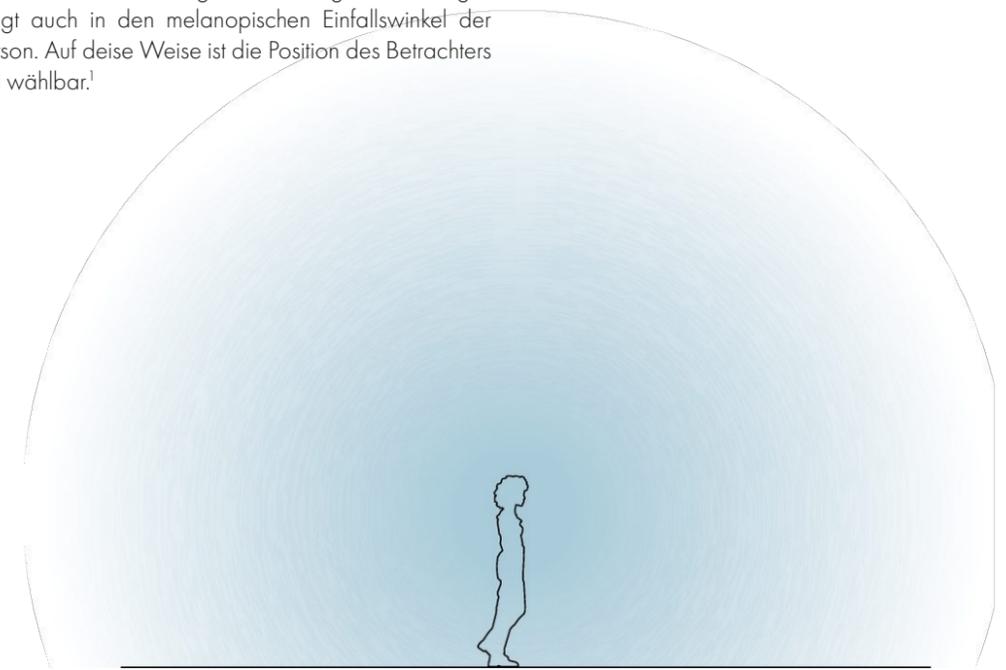
### VARIANTE B

Das Kunstlicht ist außerhalb des Blendbereichs angebracht, trifft jedoch nicht direkt in den Einfallswinkel der zur Melatonin Hemmung benötigt wird. Eine Lösung wäre, dass die Person zu einer reflektierenden Wand beziehungsweise zu einem Spiegel oder Glas gerichtet ist über diese Fläche können die Lichtstrahlen an die richtige Position reflektiert werden.



### VARIANTE C

Da kurzwelliges blaues Licht im Sonnenlicht Tagsüber sehr stark gestreut wird, nehmen wir auf natürliche weiße mehr diffuses Licht als direktes Licht auf. Diese Phänomen kann auch im Innenraum erzeugt werden, wenn Kunstlich über eine diffuse Lichtstreuung (beispielsweise mit einem Lichtdiffuser) gleichmäßig im Raum verteilen wird. So wirkt der Raum gleichmäßig heller und wird vom Betrachter als Tag wahrgenommen. Zugleich wird das Licht in alle Richtungen im Raum gestreut und gelangt auch in den melanopischen Einfallswinkel der Person. Auf deise Weise ist die Position des Betrachters frei wählbar.<sup>1</sup>



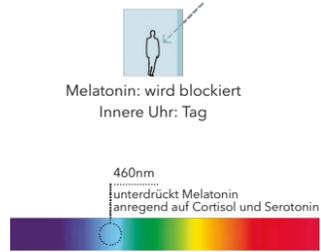


MORGENLICHT  
ZUSAMMENFASSUNG LICHTKRITERIEN

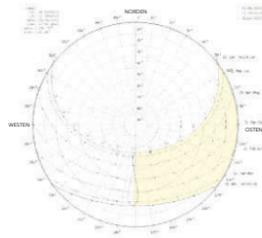


# MORGENLICHT | SONNENLICHT KRITERIEN

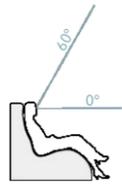
## Wellenlänge



## Sonnenverlauf



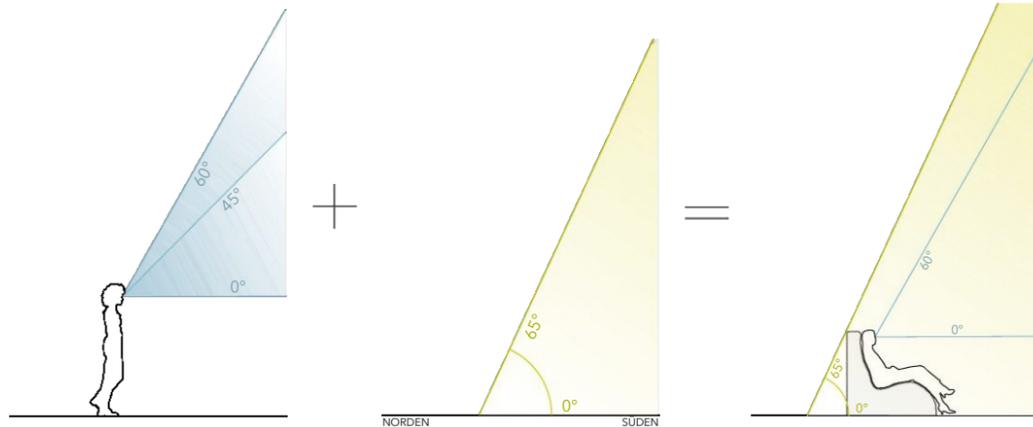
## Ausrichtung



Einstrahlfläche des Lichts für die Cortisol und Serotonin Ausschüttung

Einstrahlfläche der Sonne am Vormittag bis früher Nachmittag

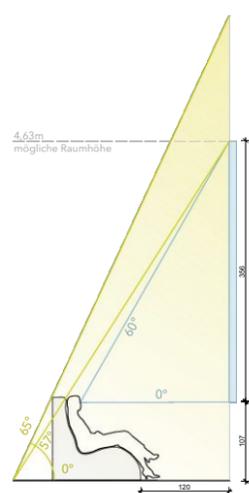
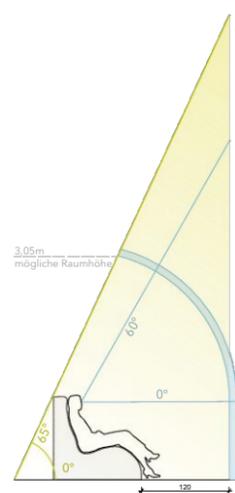
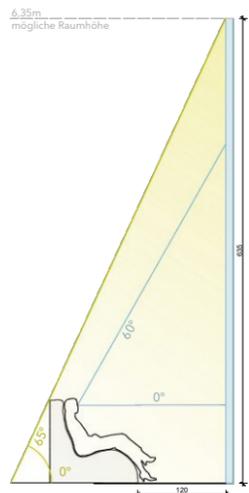
Ausrichtung der Person zur Sonneneinstrahlung



VARIANTE A

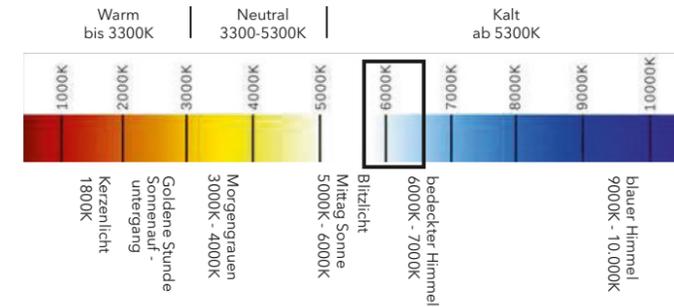
VARIANTE B

VARIANTE C



# MORGENLICHT | KUNSTLICHT KRITERIEN

## Farbtemperatur



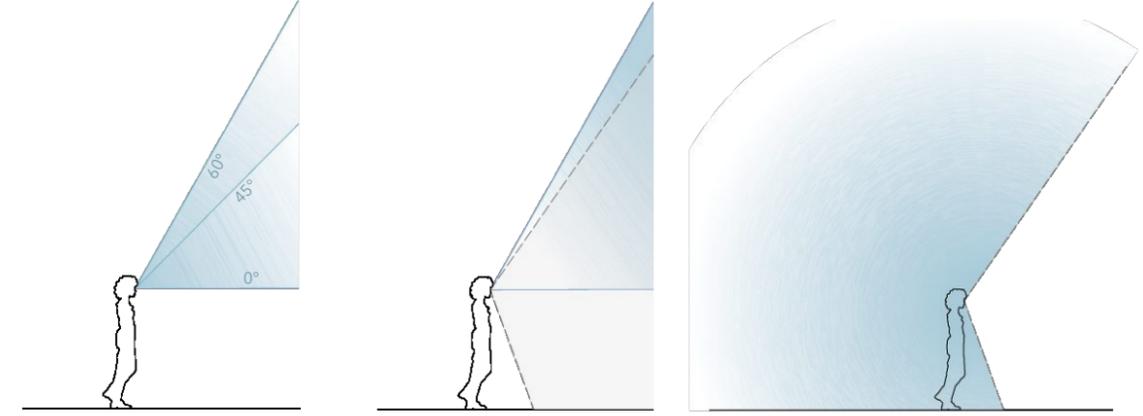
## Wellenlänge



Einstrahlfläche des Lichts für die Cortisol und Serotonin Ausschüttung

Sichtwinkel aussparen Blendung vermeiden

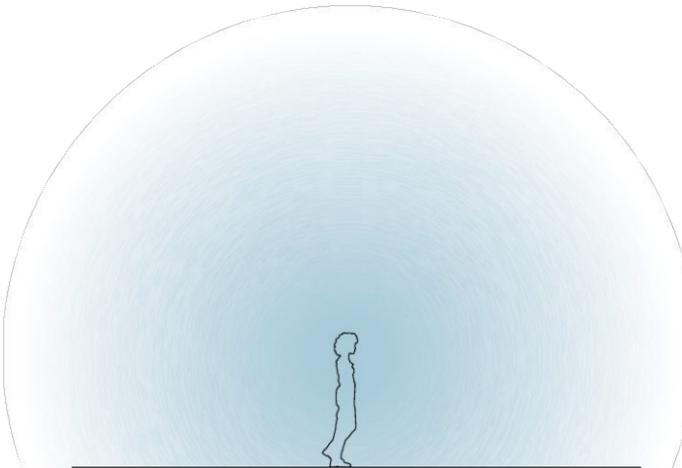
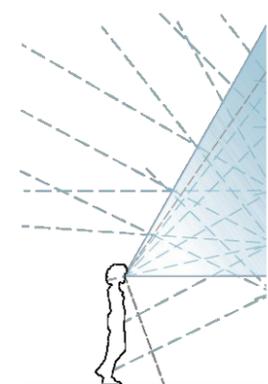
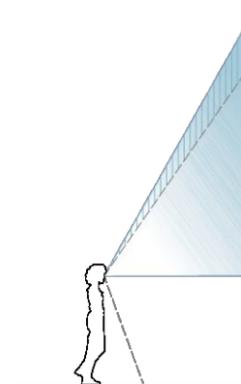
Position Kunstlichtbeleuchtung



VARIANTE A direkte Einstrahlung

VARIANTE B indirekt durch Reflexion

VARIANTE C diffuse Lichtstreuung





MITTAGSLICHT

## 1



## ANWENDUNGSBEREICH

## SONNENLICHT ZUR VITAMIN D BILDUNG

Vitamin D reguliert den Stoffwechsel und die Kalzium- und Phosphorkonzentrationen. Vitamin D fördert die Gesundheit der Muskeln und kann den Verlauf von chronischen und schweren Krankheiten beeinflussen. Ein Mangel kann zu schweren negativen gesundheitlichen Folgen führen. 80-100 % unseres Vitamin-D-Bedarfs wird über unsere Haut durch Photosynthese gebildet.<sup>1,2,3</sup>

## SONNENLICHT VERBESSERT DEN KÖRPEREIGENEN SONNENSCHUTZ

Durch die UVB-Strahlung wird die Bildung von Melanin angeregt, was zur dunkleren Hautpigmentierung führt.<sup>1,2,3</sup>

## SONNENLICHT WIRKT BLUTDRUCK SENKEND

Sonnenlicht regt die Haut an Stickoxid freizusetzen, diese Gas lässt die Gefäße weiten und den Blutdruck sinken.<sup>1,2,3</sup>

## SONNENLICHT STÄRKT UNSER IMMUNSYSTEM

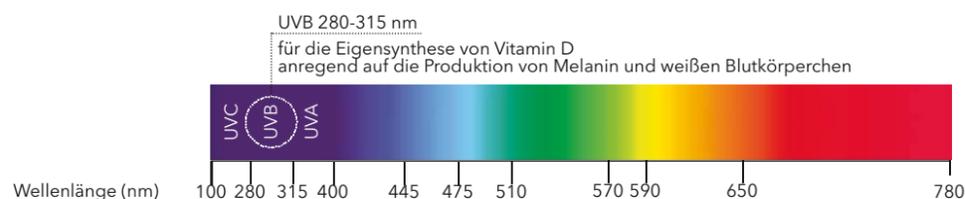
Die UVB-Strahlung aktiviert weiße Blutkörperchen, ohne diese würde unser Immunsystem nicht funktionieren. Diese Blutkörperchen schützen unseren Körper vor Viren und Bakterien, sowie vor Infektionen.<sup>1,2,3</sup>

1 Vgl. Mag. Michael Duscher: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen. <https://www.gesund-bleiben.at/die-heilende-kraft-der-sonnenstrahlen>. (22.05.2023)  
 2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 63-86  
 3 Vgl. Bundesamt für Gesundheit BAG Schweiz, Vitamin D und Sonnenstrahlung, 2021

 SONNENLICHT KRITERIEN

STRAHLUNGSART

Nur die UV-B-Strahlung, mit einer Wellenlänge von 290nm bis 315nm, ermöglicht die Eigensynthese von Vitamin D.<sup>1</sup>

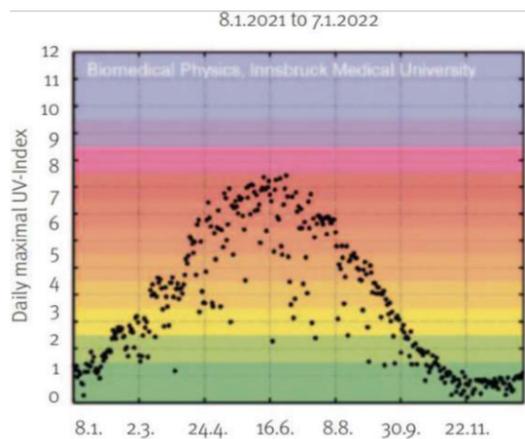


*Konsequenz  
UV-B-Strahlung wird benötigt*

STRAHLUNGSINTENSITÄT

Bei zu geringer UV-B-Strahlungsintensität wird kein Vitamin D produziert. Der UV-Index gibt auf einer Skala von 0 bis 11 die Strahlungsstärke der Sonne an, welcher von der Jahreszeit, Tageszeit, geografische Lage, Bewölkung, Luftverschmutzung und Dicke der Ozonschicht abhängig ist.<sup>2</sup> Vitamin D kann erst ab einem UV-Index von höher als 3 gebildet werden.<sup>1</sup>

Die Abbildung zeigt den maximalen UV-Index je Tag. Dieser wurde über die Dauer von einem Jahr in Wien gemessen. In diesem Jahr konnte von April bis September einen UV-Index von mehr als 3 gemessen werden.



*Konsequenz  
Strahlungsintensität  
UV-Index über 3.  
Intensität erhöhen durch  
Reflexionsflächen*

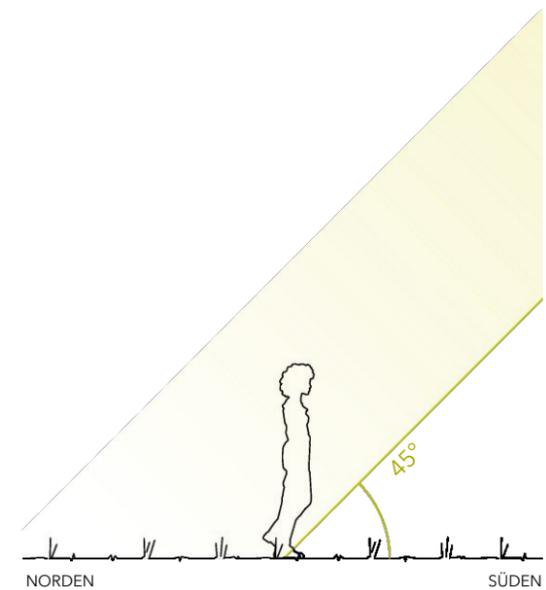
BREITENGRAD

Die höchste UV-B Strahlung gibt es in Breitengraden bis zu 30 Grad nördlich oder südlich des Äquators. Nur in Regionen unterhalb des 35 Breitengrades ist ganzjährig ausreichend UV-B-Strahlung zur Eigensynthese von Vitamin D vorhanden. In höheren Breitengraden nimmt die Intensität und Dauer der ausreichenden Strahlung ab, und die Vitamin D Gewinnung wird abhängig von der Jahreszeit. Österreich liegt beispielsweise auf dem 48 Breitengrad. Hier kann lediglich von April bis Ende August ausreichend Vitamin D produziert werden. In den restlichen Monaten gelangen die benötigten UV-B Strahlen aufgrund des zu flachen Einfallswinkels nicht in der passenden Menge bis auf die Erde. In Breitengraden über 52 Grad (Berlin, Hannover) dehnt sich dieser Zeitraum, in dem keine Eigensynthese möglich ist, von Oktober bis März aus.<sup>1,2</sup>

*Konsequenz  
UV-B Strahlung ist abhängig vom  
Breitengrad:  
unter 35° ganzjährig  
über 35° von der Jahreszeit  
abhängig*

EINFALLSWINKEL

Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen zur Vitamin D Gewinnung muss mindestens 45° betragen. Als Faustregel gilt, wenn ihr Schatten kürzer ist als Sie groß sind, ist der Einfallswinkel der Sonne größer als 45° und Ihre Haut kann Vitamin D produzieren.<sup>1</sup>



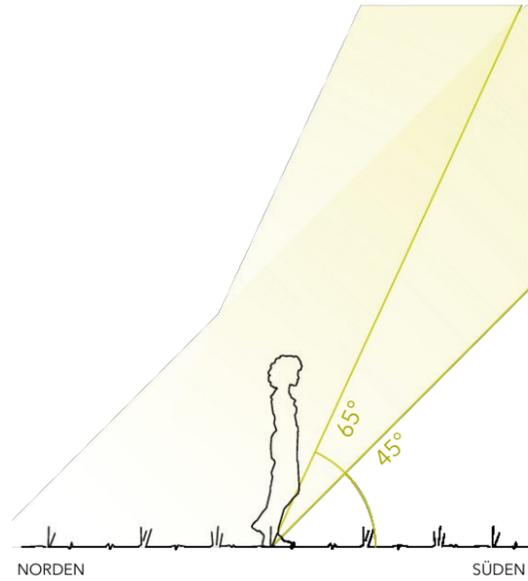
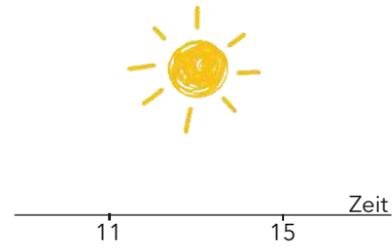
*Konsequenz  
Einfallswinkel von über 45° muss  
gegeben sein.*

Abb. 45 © Medizinische Universität Innsbruck  
 1 Vgl. Mag. Michael Duscher: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen. <https://www.gesund-bleiben.at/die-heilende-kraft-der-sonnenstrahlen>. (22.05.2023)  
 2 Vgl. Carina Rehberg: Fünf Störfaktoren für die körpereigene Vitamin-D-Bildung (03.2023). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-bildung-stoerung-ia>. (21.05.2023).

1 Vgl. Carina Rehberg: Fünf Störfaktoren für die körpereigene Vitamin-D-Bildung (03.2023). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-bildung-stoerung-ia>. (21.05.2023).  
 2 Vgl. Robert Koch Institut: Wie kommt es zu niedrigen Vitamin-D-Werten?(01.2019). [https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Vitamin\\_D/FAQ03.html](https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Vitamin_D/FAQ03.html). (22.05.2023).

**ZEIT**

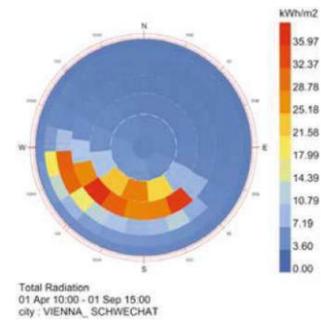
Der Gehalt an UV-B-Strahlen hängt vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ab und ist zwischen 11 und 15 Uhr in höheren Breitengraden am stärksten.<sup>1</sup> In Wien erreicht die Sonne ab April zwischen 11 und 15 Uhr einen Hochstand über 45°. Am 21 Juni erreicht die Sonne ihren jährlichen Höchststand bei 65°.



*Konsequenz  
Geeigneter Zeitpunkt  
April - September  
11.00 - 15.00 Uhr*

**HIMMELSRICHTUNG**

Der Einfallswinkel über 45° und die Strahlungsintensität, die zur Vitamin D Produktion benötigt werden, sind nur von 11 bis 15 Uhr gegeben. Zu der Zeit wandert die Sonne vom Süd-Osten nach Süd-Westen. Beispielsweise in Wien von zur Sommersonnenwende von 127° südöstlich bis 255° südwestlich.<sup>2</sup>



*Konsequenz  
Öffnung von Südosten bis Südwesten.*

Das Strahlungsdiagramm zeigt den Strahlungseinfall der direkten und diffusen Strahlung zwischen 10 Uhr und 15 Uhr.

1 Vgl. Carina Rehberg: Fünf Störfaktoren für die körpereigene Vitamin-D-Bildung (03.2023). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-bildung-stoerung-ia>. (21.05.2023).

**SONNENVERLAUF WIEN**

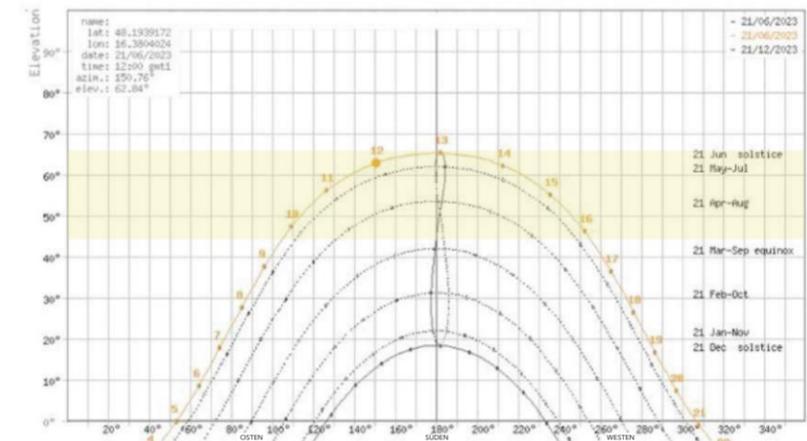
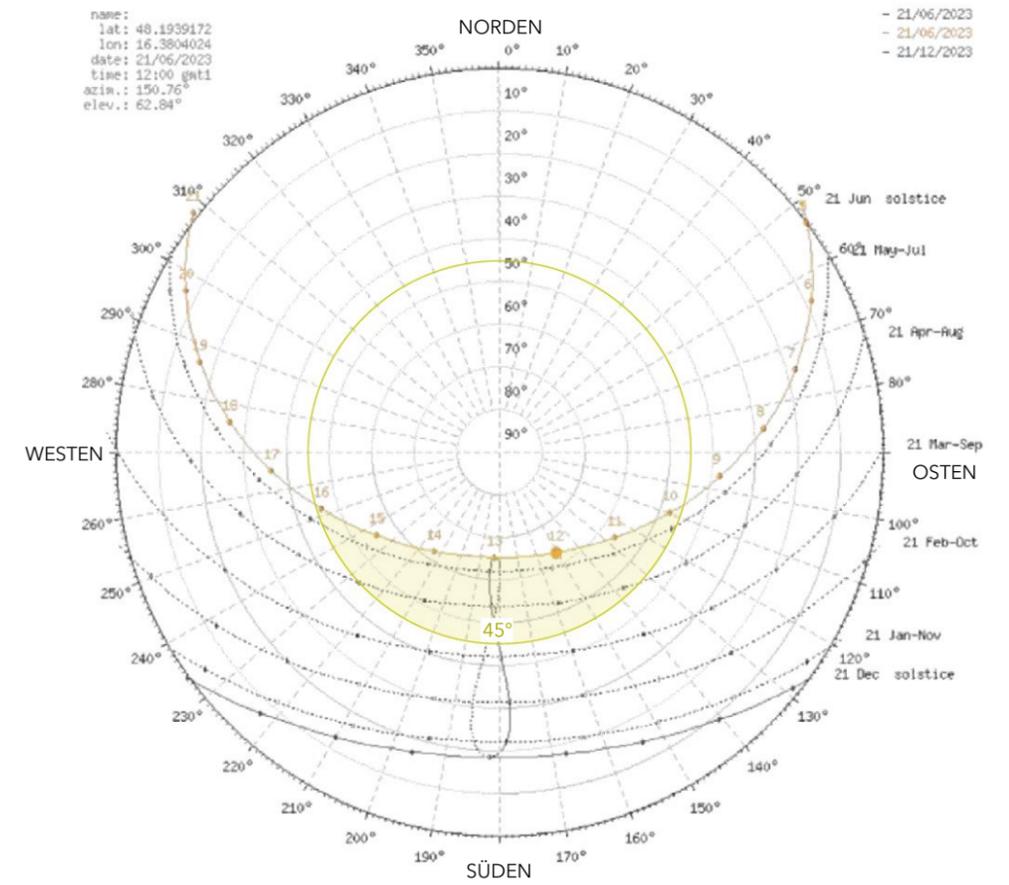


Abb. 46 © SunEarthTools

**HAUTFARBE**

80-100 % unseres Vitamin-D-Bedarfs wird über unsere Haut durch Photosynthese gebildet.<sup>1</sup> Je heller der Hauttyp, desto schneller kann über die Haut Vitamin D produziert werden. Je dunkler der Hauttyp, desto länger dauert die Produktion.<sup>2</sup>

**EXPOSITIONSDAUER**

Derzeitigen Erkenntnissen des Bundesamt für Strahlenschutz zu folge, ist eine zwei- bis dreimal wöchentliche Exposition, von einem Viertel der Hautoberfläche (Gesicht, Arme oder Beine) ausreichend. Zu berücksichtigen ist eine Expositionszeit von der Hälfte der Zeit, die der minimalen sonnenbrandwirksamen UV-Dosis entspricht. Das ist die Zeit in der sich bei ungeschützter Sonneneinstrahlung ein Sonnenbrand bilden würde. Der Vitamin-D-Speicher im Körper ist sehr individuell. Bei normalgewichtigen wird von etwa 20.000 – 100.000 IE ausgegangen. Trotz der Langzeitspeicherung sinkt der Vitamin D Spiegel mit der Zeit.<sup>3</sup>

Bei Menschen mit Hauttyp II würde dies bedeuten, dass eine Bestrahlungszeit von etwa 14 Minuten ohne Sonnenschutz bei einem UV-Index von 6 keine Hautschäden verursacht und ausreichend Vitamin D in nur 7 Minuten produziert wird. Es wurde festgestellt, dass längere Bestrahlungszeiten nicht zu einer höheren Vitamin-D-Produktion führen, sondern das Risiko für UV-bedingte Gesundheitsschäden erhöhen.<sup>3</sup>

Anhand der vorherigen Grafiken des Täglichen UV-Indexes innerhalb eines Jahres (Medizinische Universität Innsbruck) und des Sonnenverlaufs (SunEarthTool) entnehmen wir, dass ab April ein UV-Index über 3 und ein Einfallswinkel von 45° erreicht wird. In diesem Monat wäre für einen Hauttyp II eine Expositionszeit von 14 min zur Vitamin D Synthese nötig.

*Konsequenz  
Expositionsdauer:  
2-3 mal pro Woche  
abhängig von Hauttyp  
Hälfte der Zeit in der sich unge-  
schützt ein Sonnenbrand  
bilden kann.*

		UV - Index							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Hauttyp	I	34 min	17 min	11 min	9 min	7 min	6 min	5 min	5 min
	II	42 min	21 min	14 min	11 min	9 min	7 min	6 min	6 min
	III	59 min	30 min	20 min	15 min	12 min	10 min	9 min	8 min
	IV	75 min	38 min	25 min	19 min	15 min	13 min	10 min	10 min

Abb. 47 © 2021 ÖTK Österreichischer Touristenklub

1 Vgl. Carina Rehberg: Fünf Störfaktoren für die körpereigene Vitamin-D-Bildung (03.2023). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-bildung-stoerung-ia>. (21.05.2023).  
 2 Vgl. Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008, S. 63-86  
 3 Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz: Bildung des körpereigenen Vitamin D (03.2022). <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/akut/vitamin-d.html>. (22.05.2023).

**HINDERNISSE**

Glas filtert 95% der in der UV-B-Strahlung der Atmosphäre, so dass im Innenraum 19-20 Mal weniger UV-B-Strahlung als im Freien erhalten werden.<sup>1</sup> Daher ist die Bestrahlung im Freiraum oder einem Innenhof beziehungsweise einem Raum mit UVB durchlässigem Fensterglas nötig. Andere Hindernisse wie Luftverschmutzung oder Bewölkung beeinflussen ebenso wieviel UV-B-Strahlung bis an die Erdoberfläche durchdringen.

**VARIANTE A**

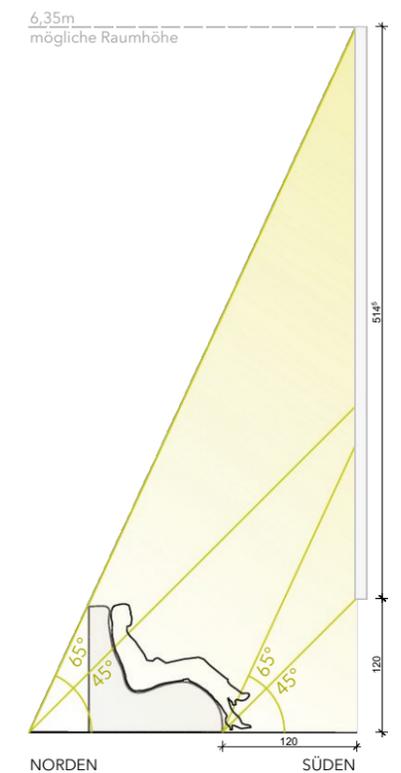
**UVB DURCHLÄSSIGES PLEXIGLAS**

Geht man davon aus, dass die Person vollständig der Sonnenstrahlung exponiert ist, um selbst die freiliegende Fläche ihres Körpers zu wählen. Die Gangbreite zwischen Fenster und Sitzmöbel beträgt normgerecht 1,20m, dann könnte das Fenster...

**VARIANTE A.1**

...unter Berücksichtigung des Sonneneinfalls, etwa 6m hoch sein. (Was eine Raumhöhe von über 6m voraussetzt)

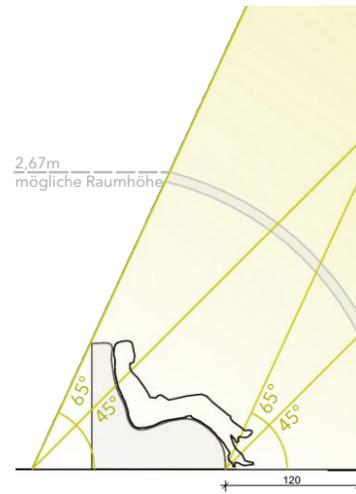
*Konsequenz  
Direkte Sonnenbestrahlung muss  
möglich sein ohne Hindernisse  
wie Glas oder andere Materialien,  
die UV-B- Strahlung abhalten.  
Durch Reflexionsflächen oder  
künstlicher Beleuchtung kann die  
UV-B-Strahlungsintensität wenn  
nötig erhöht werden.*



1 Vgl. Mag. Michael Duscher: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen. <https://www.gesund-bleiben.at/die-heilende-kraft-der-sonnenstrahlen>. (22.05.2023)

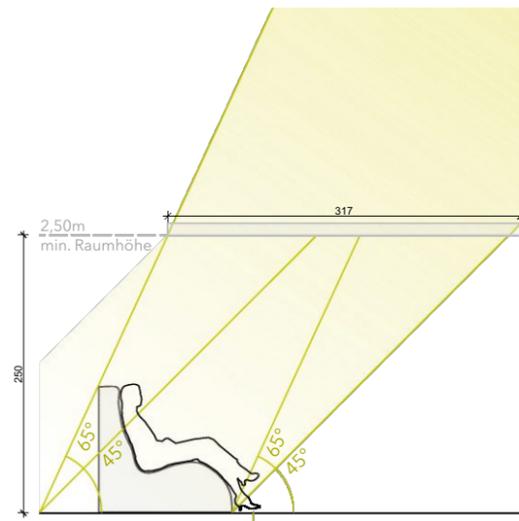
VARIANTE A.2

...gewölbt sein um im Bereich des Sonneneinfalls zu liegen und eine enorme Raumhöhe zu vermeiden.



VARIANTE A.3

...als Oberlicht ausgeführt werden. Bei einem Oberlicht hängt die Länge des Fensters von der Raumhöhe ab. Desto höher die Raumhöhe, desto länger wird das Fenster. Bei einer Raumhöhe von normgemäßen 2,50m könnte das Fenster...unter Berücksichtigung der Einfallswinkels, etwa 3,17m lang sein.



VARIANTE B  
FREIRAUM

Eine Vitamin D Synthese ist in unseren Breitengraden von April bis September möglich. Glücklicherweise sind in unseren Breitengraden in diesen Monaten genügend sonnige Tage um sich seinen Vitamin D Speicher aufzufüllen. Eine Exposition an einer gut ausgerichteten Fläche im Aussenraum, welche vorallem bei Schönwetter genutzt wird kann hier ausreichend sein.

*Konsequenz  
Schönwetter ist nötig um im Freiraum komfortabel Vitamin D zu sammeln.*

VARIANTE C  
GESCHÜTZTER AUSSENRAUM

Ist eine Vitamin D Synthese auch bei Schlechtwetter erwünscht so müssen für eine angenehmen Expositionsbereich Wettereinflüsse, wie Regen, Schnee oder Wind bedacht werden. Schutz vor Regen und Schnee bietet beispielsweise ein Vordach.

VORDACH

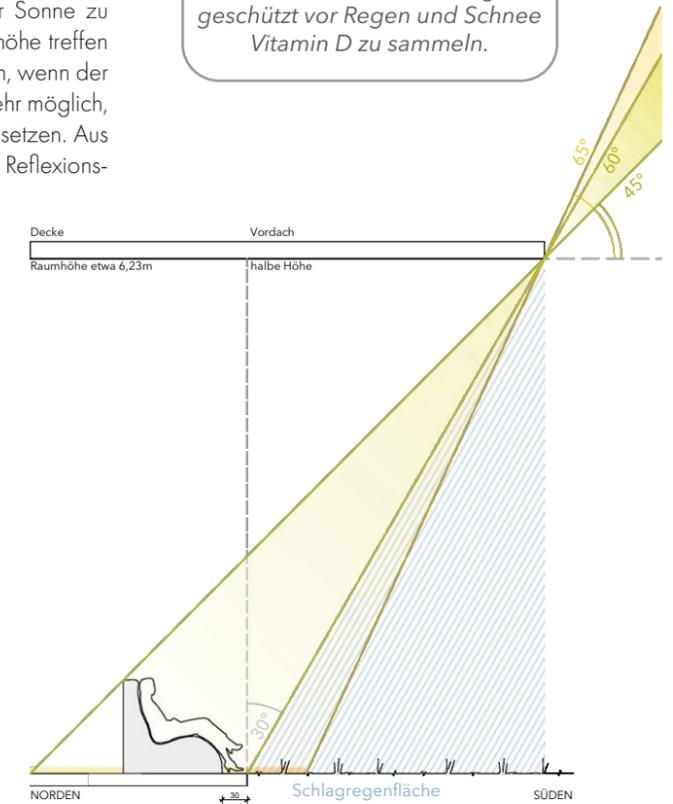
Faustformel 1: Die Tiefe des Vordachs sollte mindestens der halben Höhe entsprechen.  
Faustregel 2: Aufgrund des Regeneinfalls sollte der Überdeckungswinkel  $\alpha$  der Überdachung an dessen Fußpunkt 30 Grad betragen.<sup>1</sup>

Geht man davon aus, dass die Person vollständig der Sonnenstrahlung exponiert ist um selbst die freiliegende Fläche ihres Körpers zu wählen. Und das Sitzmöbel 30cm weg von der trockenen Kante zur Schlagregenfläche steht, könnte der Raum....

VARIANTE C.1

...dass der Raum mindestens 6,23m hoch ist. Bei einem Sonnestand von 45° ist es erst ab einer Raumhöhe von 6,23 m möglich sitzend vollständig in der Sonne zu sein. Selbst bei solch einer enormen Raumhöhe treffen die Sonnenstrahlen nichtmehr auf die Person, wenn der Einfallswinkel über 60° ist und es ist nichtmehr möglich, sich im trockenen Bereich der Sonne auszusetzen. Aus diesem Grund wird in Folge der Einsatz von Reflexionsflächen genauer untersucht.

*Konsequenz  
Reflexionsflächen sind nötig um geschützt vor Regen und Schnee Vitamin D zu sammeln.*



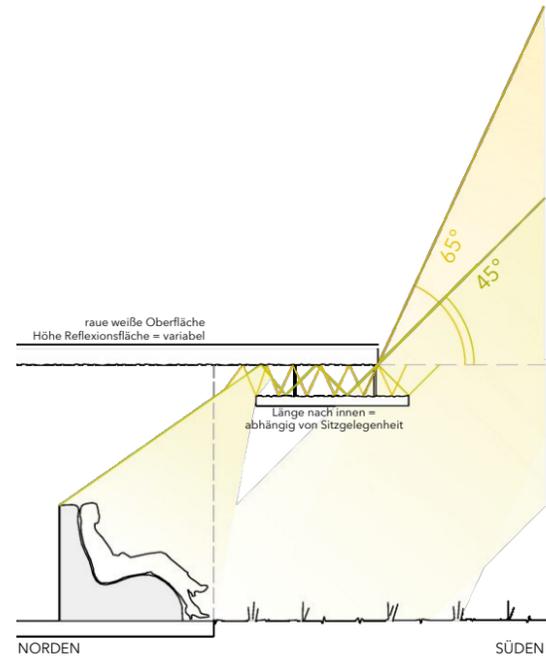
<sup>1</sup> Vgl. Barrierefrei Bauen: Nullschwellen und Vordächer - Wie groß ist groß genug? (06.2020). [https://www.bfb-barrierefrei-bauen.de/bemessung-von-vordachern/#:~:text=Faustformel%20\(oben\)%3A%20Die,mindestens%20,\(23.05.2023\).der%20halben%20H%C3%B6he%20ent sprechen.](https://www.bfb-barrierefrei-bauen.de/bemessung-von-vordachern/#:~:text=Faustformel%20(oben)%3A%20Die,mindestens%20,(23.05.2023).der%20halben%20H%C3%B6he%20ent sprechen.)

Durch die Reflexion des Lichts in der Umgebung kann die Strahlungsintensität beziehungsweise der UV-Index erhöht und gelenkt werden. Helle Flächen reflektieren die Strahlung, während dunkle Flächen die Strahlung absorbieren und sich dadurch erwärmen, dies nennt man den Albedo Effekt.<sup>1,2</sup>

**Konsequenz**  
Reflexionsflächen erzeugen.  
Beispielsweise durch weiße Wände, Spiegel oder Wasser.

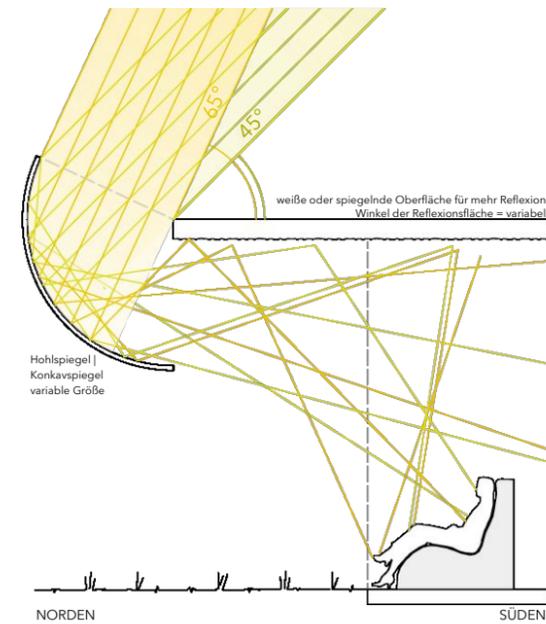
**VARIANTE C.2**

Bei einer Hängenden Reflexionsfläche wäre die Höhe und Länge der Reflexionsfläche variabel anpassbar, ebenso die Raumhöhe und Raumtiefe. Die Decke sollte mit eine raue weiße oder reflektierende Oberfläche haben. Die Wände können weiß für zusätzliche Reflexionsfläche oder schwarz zur Wärmegegewinnung sein.



**VARIANTE C.3**

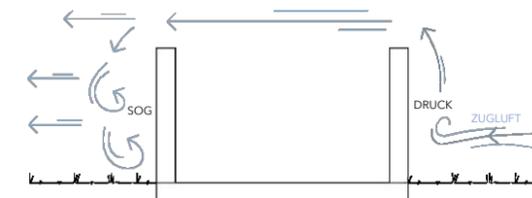
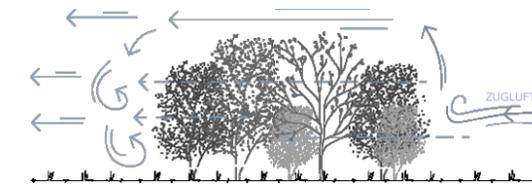
Bei einem Hohlspiegel ist die Größe variabel anpassbar, solange die Person nicht geblendet wird. Die Raumhöhe und Raumtiefe ist ebenso variable anpassbar. Die Decke sollte mit eine raue weiße oder reflektierende Oberfläche haben. Die Wände können weiß für zusätzliche Reflexionsfläche oder schwarz zur Wärmegegewinnung sein.



1 Vgl. Carina Rehberg: Fünf Störfaktoren für die körpereigene Vitamin-D-Bildung (03.2023). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-bildung-stoerung-ia>. (21.05.2023).  
 2 Vgl. Dr. Ute Münch: Albedo. <https://www.eskp.de/grundlagen/klimawandel/albedo-935817/>. (23.05.2023).  
 3 Vgl. Holger Westermann: UV-Strahlung und Hitze (08.2018). [https://www.menschenswetter.de/editorial\\_articles/show/1606/uv-strahlung-und-hitze](https://www.menschenswetter.de/editorial_articles/show/1606/uv-strahlung-und-hitze). (23.05.2023)

**WIND**

Vor Winden könnte durch Pflanzen oder durch Wände geschützt werden. Pflanzen vermindern den Wind. Wände blocken den Wind vollkommen ab.<sup>1</sup>



**Konsequenz**  
Windschutz durch  
Pflanzen oder Wände

1 Vgl. Hans-Peter Willig: Luftzug. [https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Luftzug#google\\_vignette](https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Luftzug#google_vignette). (24.05.2023).

3



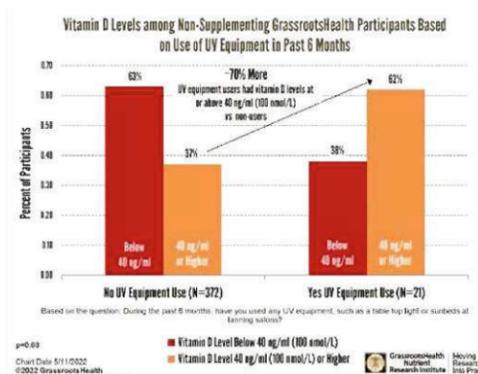
KUNSTLICHT KRITERIEN

LICHTQUELLE

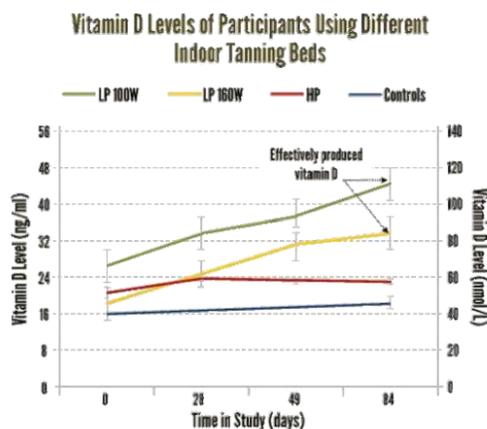
Die benötigte UV-B-Strahlung kommt in künstlichen UV-Strahlungsquellen wie einem Solarium (Indoor-Sonnenbank) oder UVB-Lampen (Tischlampen) vor.

Eine Analyse der Daten von GrassrootsHealth-Teilnehmern zeigt, dass bei der Testgruppe, die in den letzten 6 Monaten UV-Geräte verwendeten, 62% der Teilnehmer|Teilnehmerinnen Vitamin D-Werte von 40 ng/ml (100 nmol/l) oder höher erreichten. Bei der Testgruppe ohne UV-Geräte gelang dies nur 37% der Teilnehmer|Teilnehmerinnen.<sup>2</sup>

40 ng/ml (100 nmol/l oder 2.000 IE) pro Tag gelten in Europa und Nordamerika als empfohlene Maximaldosis. Ein Wert unter 26 ng/ml (78 nmol/l) bildet eine mangelhafte Vitamin-D-Versorgung mit erhöhten Risiko für Krankheiten.<sup>3,4</sup>



*Konsequenz UV-B-Strahlungsquelle beispielsweise UVB-Lampen oder Solarien werden benötigt*



Grün: Niederdruck-Leuchtstoffröhren 100 W mit 4,2 % UV-B; Gelb: Niederdruck-Leuchtstoffröhren 160 W mit 2,2 % UV-B; Rot: Hochdruck-Metallhalogenlampen 700 W mit 0,8 % UV-B; Blau: Gruppe keine Sonnenbanknutzung<sup>1</sup>

SOLARIUM

In Solarien ist der Anteil der UV-A-Strahlen, die zu einer schnellen Bräunung führen, meist wesentlich höher als der UV-B Anteil. Die Forschungsergebnisse des GrassrootsHealth Research Institute (2020) und von Kimball et al. (2017) zeigt, dass der UV-B-Anteil der verwendeten Geräte einen entscheidenden Einfluss auf die Effektivität der Vitamin-D-Produktion hat. Je näher der UV-B-Strahlungsanteil des Geräts dem der natürlichen Sommersonne entspricht, desto wahrscheinlicher ist es, dass die Vitamin-D-Produktion angeregt wird.<sup>1</sup>

Abb. 48 © GrassrootsHealth

1 Vgl. SonnenAllianz: Kann künstliche UV-Bestrahlung durch Sonnenbänke mit der Sonne mithalten?. <https://sonnenallianz.spitzen-praevention.com/mythen-behauptungen-tatsachen-solarienforschung/>. (25.05.2023).  
 2 Vgl. Grassroot health: Can Using an Indoor UV Device Improve Your Vitamin D Levels? (03.2021). <https://www.grassrootshealth.net/blog/can-using-indoor-uv-device-improve-vitamin-d-levels/>. (25.05.2023).  
 3 Vgl. Renate Hammer; Aktuelles aus der Lichtwelt in Theorie und Praxis, Lichttechnische Gesellschaft Österreichs; Lichttechnischer Kongress 2022  
 4 Vgl. Carina Rehberg: Vitamin D: Die richtige Einnahme (11.2022). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-die-richtige-einnahme/>. (25.05.2023).

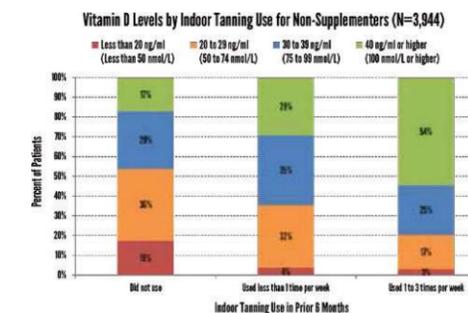
In der Forschungsstudie Kimball et al. (2017) mit Menschen mit Vitamin D Mangel (Wert <30 ng/ml) nutzten 3 von 4 Kontrollgruppen, in einem Zeitraum von 12 Wochen, Sonnenbänke zur Vitamin D Gewinnung (3-mal pro Woche in den ersten 4 Wochen und 2-mal pro Woche für den restlichen Zeitraum).<sup>1</sup>

Bei der Grünen und Gelben Gruppe, wie im obigen Diagramm dargestellt, die Solarien mit 100-W- und 160-W-Leuchtstofflampen und 2,2 % und 4,2 % UVB nutzten, konnte in den 12 Wochen eine durchschnittliche Erhöhung des Vitamin D-Spiegels um 17 ng/ml erreicht werden. Keine Verbesserung gab es bei der roten und Blauen Gruppe zu sehen.<sup>1,2</sup>

*Konsequenz 100-W- und 160-W-Leuchtstofflampen mit mindestens 2,2 % und 4,2 % UVB-Strahlungsanteil*

ANWENDUNG

Am Diagramm der GrassrootsHealth Research Institute (2020) ist ersichtlich, dass eine Exposition eines Solariumlichts bereits ab 1 mal wöchentlich zu einem höheren Vitamin D Spiegel führt. Die empfohlene Maximaldosis von 40 ng/ml (100 nmol/l) ergibt sich ab einer Exposition 1 bis 3 mal pro Woche.<sup>2</sup>



*Konsequenz Eine Exposition mit Schutzbrille sollte 1 bis 3 mal pro Woche erfolgen, die dauer wird an den Hauttyp angepasst.*

*Konsequenz Leuchtmittel mit hohe UV-B-Anteil z.B. Sperti Vitamin D Sunlamp; Philips UV-B PL-L 36W/01/4p 2G11 Lichttherapie; Philips UV-B PL-S 9W/01/2p G23 Lichttherapie*

UV-B-LAMPEN

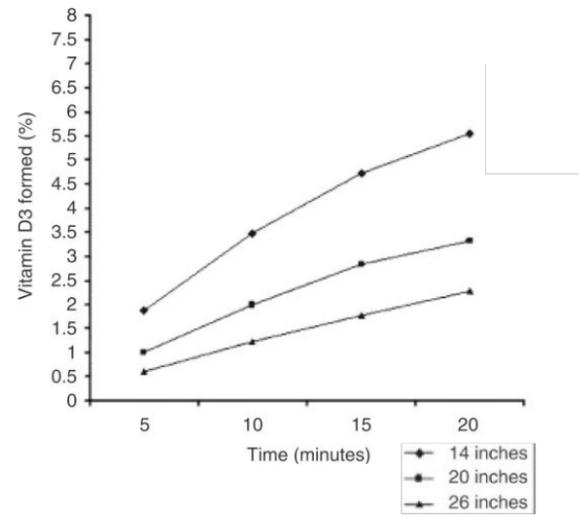
In einer anderen Forschungsstudie von Chandra und Wolfenden wurde eine handelsübliche UV-B-Lampe „Sperti Vitamin D Sunlamp“ getestet. Diese ist eine 150 W Niederdruck-Leuchtstoffröhre mit 80% UV-B-Anteil, mit einer Wellenlänge von 250-400nm. Das Ergebnis zeigte eine Erhöhung bis zu 25% des Vitamin D Spiegels.<sup>4</sup>

Abb. 49 © GrassrootsHealth

1 Vgl. SonnenAllianz: Kann künstliche UV-Bestrahlung durch Sonnenbänke mit der Sonne mithalten?. <https://sonnenallianz.spitzen-praevention.com/mythen-behauptungen-tatsachen-solarienforschung/>. (25.05.2023).  
 2 Vgl. Grassroot health: Can Using an Indoor UV Device Improve Your Vitamin D Levels? (03.2021). <https://www.grassrootshealth.net/blog/can-using-indoor-uv-device-improve-vitamin-d-levels/>. (25.05.2023).  
 3 Vgl. Chandra et. alumn.: Treatment of vitamin D deficiency with UV light in patients with malabsorption syndromes: a case series, Photodermatol Photoimmunol Photomed, 23.10.2007  
 4 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.3-23

**ANWENDUNG**

Die Studienteilnehmer setzten im Sitzen ihren unteren Rücken in verschiedenen Entfernungen und zu verschiedenen Zeiten einer UV-B Lampe aus, um die optimalen Bedingungen für die Vitamin-D-Produktion in der Haut zu bestimmen. Die Vitamin-D-Produktion war bei einem Abstand von 14 inches (35cm) zur Lampe und einer Einwirkungszeit zwischen 10 und 15 Minuten optimal.<sup>1</sup>

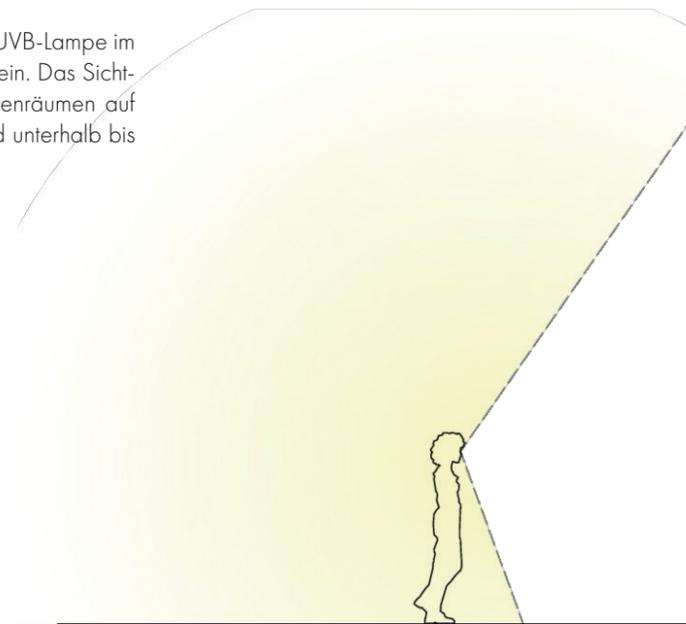


Skin type scale*	Target (min/session)
Type I: Always burns easily, never tans	-
Type II: Always burns easily, tans minimally	3
Type III: Burns moderately, tans gradually	6
Type IV: Burns minimally, always tans well	9
Type V: Rarely burns, tans profusely	12
Type VI: Never burns, deeply pigmented	15

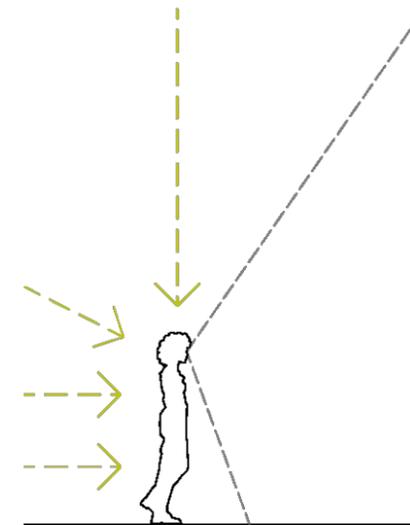
**Konsequenz**  
 Eine Exposition sollte 5 mal pro Woche erfolgen, die dauer wird an den Hauttyp angepasst.  
 Der Abstand zur Lichtquelle sollte 35 cm betragen.

**KUNSTLICHT POSITION**

Um Belendung zu vermeiden sollte die UVB-Lampe im Bereich außerhalb unseres Sichtfeldes sein. Das Sichtfeld des Menschen erstreckt sich in Innenräumen auf einen Winkelbereich von etwa 70 Grad unterhalb bis 55 Grad oberhalb der Blickrichtung.<sup>1</sup>



**VARIANTE A**  
direkte Bestrahlung



**VARIANTE B**  
indirekte Bestrahlung

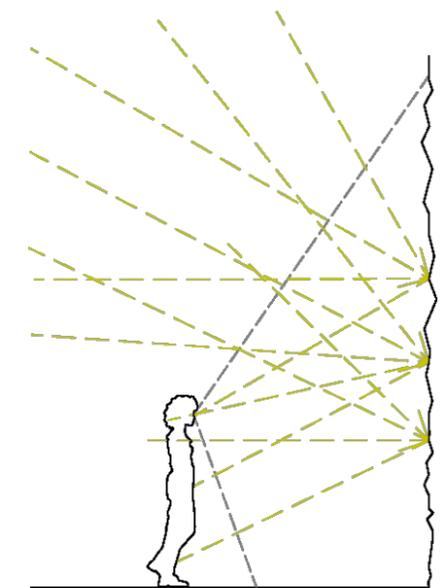


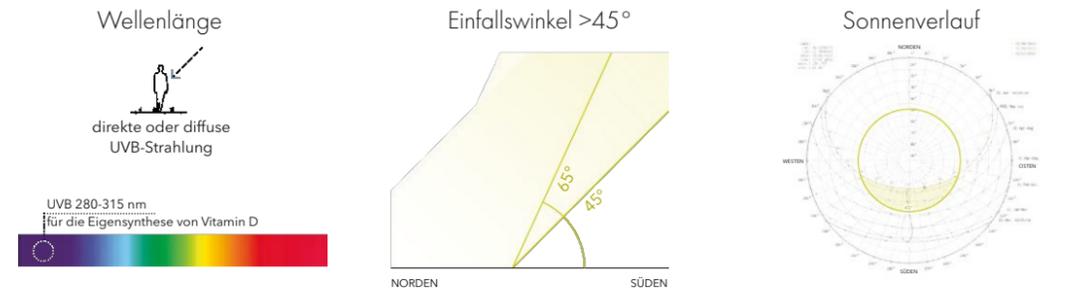
Abb. 50 © PubMed Central (PMC)  
 1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.3-23



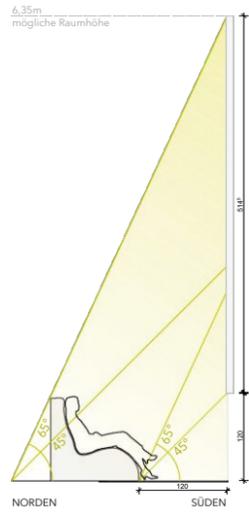
MITTAGSLICHT  
ZUSAMMENFASSUNG LICHTKRITERIEN



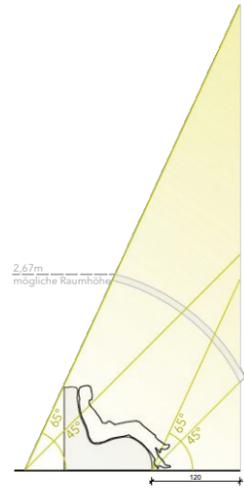
### MITTAGSLICHT | SONNENLICHT KRITERIEN



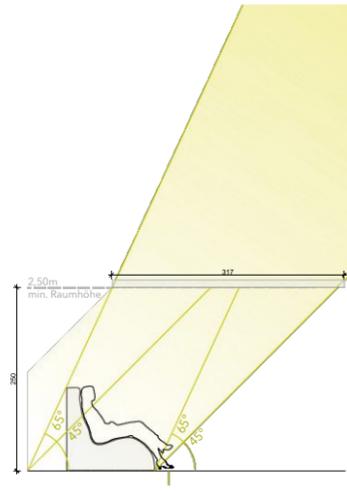
VARIANTE A.1



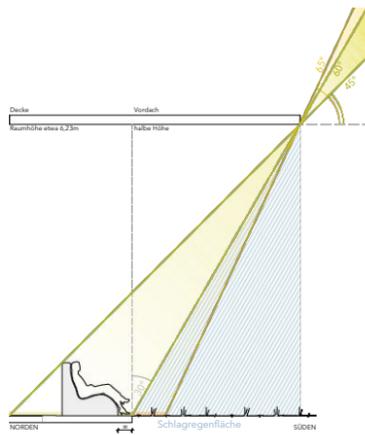
VARIANTE A.2



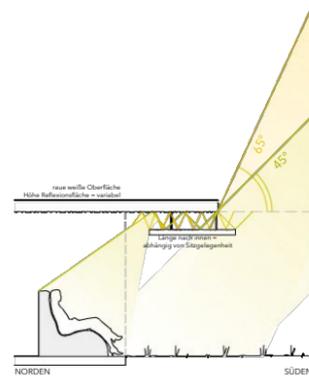
VARIANTE A.3



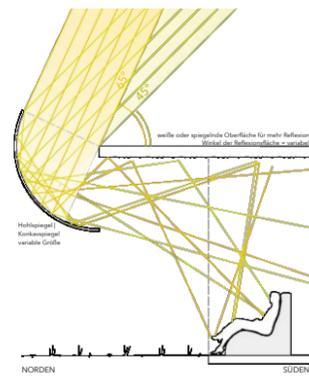
VARIANTE B.1 Vordach



VARIANTE B.2 Vordach + Reflexion



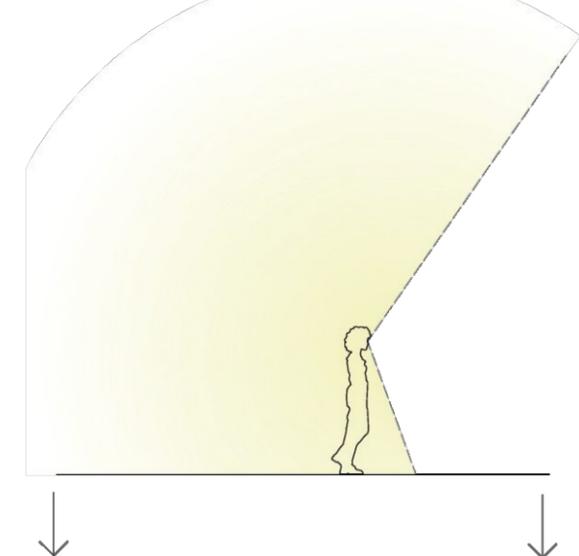
VARIANTE B.3 Vordach + Reflexion



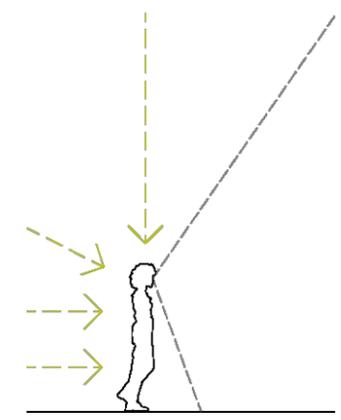
### MITTAGSLICHT | KUNSTLICHT KRITERIEN



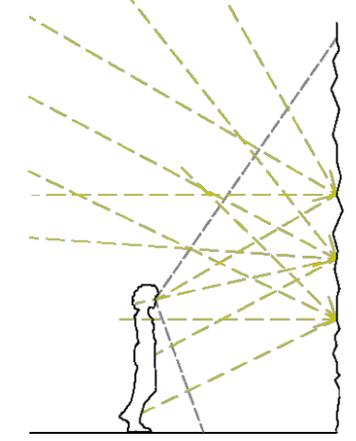
Fläche in der Kunstlicht einstrahlen kann ohne Blendung



VARIANTE A direkte Bestrahlung



VARIANTE B Reflexion





ABENDLICHT

# 1



## ANWENDUNGSBEREICH

Die Sonne reguliert den Tag-Nacht-Rhythmus. Im Verlauf des Tages nimmt der Anteil von Blaulicht bis zum frühen Abend ab, und die Zirbeldrüse beginnt Melatonin in das Blut auszuschütten. Melatonin spielt eine entscheidende Rolle für einen gesunden Schlaf, stärkt das Immunsystem und reguliert viele Körperfunktionen wie das Herz-Kreislauf-System, die Nierenfunktion und die Fortpflanzungsorgane. Melatonin macht uns müde und beeinflusst unseren Schlafrhythmus und kann als Antioxidans auf zellschädigende Stoffe wirken um den Körper von Krebsarten zu schützen und Tumorbildungen zu hemmen. Ein Mangel an Melatonin kann zu Stimmungsschwankungen führen und im schlimmsten Fall eine Depression verursachen.<sup>1,2,3</sup> Aufgrund unserer 24-Stunden-Gesellschaft, welche sich am Abend meist zu hohen Lichtintensitäten mit einer unvoreilhaften Wellenlänge aussetzt, wird dieser Rhythmus sehr oft gestört. Dies führt zu einem zu hohen Cortisolwert am Abend, was uns daran hindert müde zu werden.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Lichtexperte, Rolf Ingolf Göbel: Licht und bettlägerige Menschen (10.2021). <https://www.der-lichtexperte.de/lichtwissen/>. (19.05.2023).

<sup>2</sup> Vgl. Mag. Michael Duscher: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen. <https://www.gesund-bleiben.at/die-heilende-kraft-der-sonnenstrahlen>. (22.05.2023)

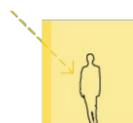
<sup>3</sup> Vgl. Bundesamt für Gesundheit BAG Schweiz, Vitamin D und Sonnenstrahlung, 2021

<sup>4</sup> Vgl. Dr. Jacoby: Melatonin und Cortisol bestimmen über den Schlaf (12.2018). <https://www.foryouhealth.de/gesund-leben-blog/melatonin-und-cortisol-bestimmen-ueber-den-schlaf.html>.(21.05.2023)

 SONNENLICHT KRITERIEN

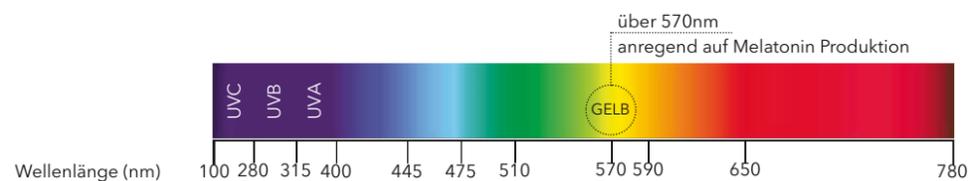
WELLENLÄNGE

Nachts führt das Fehlen von Licht zu einer Stimulation der Melatoninsynthese, was zu einer Melatoninausschüttung führt. Licht, dessen Wellenlänge oberhalb von 570nm liegt, regt die Produktion von Melatonin an, somit kann für unseren Organismus künstlich eine echte physiologische Nacht reproduziert werden. Durch farbiges Glas bei dem nur Wellenlängen über 570 nm durchstrahlen, sieht es zwar aus wie ein heller Tag wird aber von unserem Körper wie eine Nacht wahrgenommen und regt unseren Melatoninausschüttung an. Es ist das Gegenstück zum kontinuierlichen künstlichen Tag der Moderne und ein Paradox zwischen dem Visuellen und dem Physiologischen.<sup>1,2</sup> Es wurden erfolgreiche Studien durchgeführt in der Anwendung von Rotlicht mit einer Wellenlänge von 670 nm und von bernsteinfarbenen Glas, sowie Blaulichtfilter Brillen mit einer Wellenlänge zwischen 590nm bis 620nm.<sup>2,3</sup>



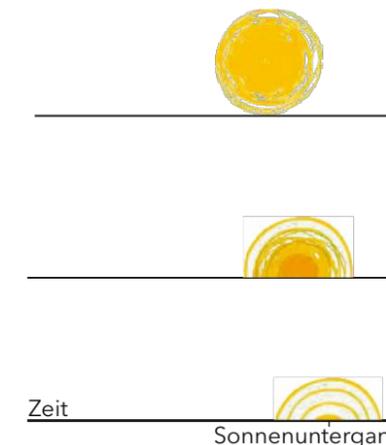
Melatonin: wird ausgeschüttet  
innere Uhr: Nacht

*Konsequenz  
Licht über 570nm Wellenlänge.  
Beispielsweise durch farbiges  
Fensterglas.*



ZEIT

Für einen erholsamen Schlaf und ausgeglichenen Tag-Nacht-Rhythmus sollte am Abend vor dem Schlafengehen die Melatoninproduktion angekurbelt werden. Mit Einbruch der Dunkelheit sollte der Serotonin- und Cortisolspiegel in unserem Körper auf natürliche Weise sinken und die Melatoninproduktion steigen um den Körper zur Ruhe kommen zu lassen. Die Zirbeldrüse gibt dieses Hormon in die Blutbahn ab, und es gelangt zu den Zellen im Hirnstamm, die daraufhin die Körpertemperatur senken. Wenn Melatonin mit der Schilddrüse interagiert, werden deren Aktivität gehemmt und Zellen wechseln in den Nachtmodus. Diese Ruhephase ist für unseren Körper essentiell, da hier zum Beispiel neue Immunzellen gebildet werden. Am Vormittag nimmt der Melatoninspiegel wieder ab.<sup>1</sup> Im Allgemeinen wird Melatonin im Körper ziemlich schnell abgebaut, mit einer Halbwertszeit von etwa 30 bis 60 Minuten. Das bedeutet, dass nach Ablauf dieser Zeitspanne noch die Hälfte des ursprünglichen Melatonins im Körper verbleibt.<sup>2</sup>



*Konsequenz  
Geeigneter Zeitpunkt  
Abends zirka 1 Stunde  
vor dem Schlafen gehen.  
Aufgrund des frühen Sonnenuntergangs in den Wintermonaten wäre eine Kombination mit Kunstlicht vorteilhaft, um eine Bestrahlung vor dem Schlafen gehen zu ermöglichen.*

EINFALLSWINKEL DER SONNE

Etwa 2 Stunden vor Sonnenuntergang steht die Sonne 20° Südwestlich bis Nordwestlich.

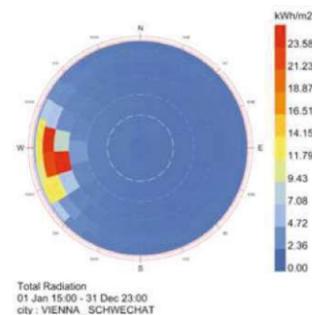


1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S.3-23  
2 Vgl. Philoppe Rahm: Diurnism (2007). <http://www.philipperahm.com/data/projects/diurnisme/index.html>, (25.05.2023).  
3 Vgl. Zhao et. al.: Red Light and the Sleep Quality and Endurance Performance of Chinese Female Basketball Players, 11.2012

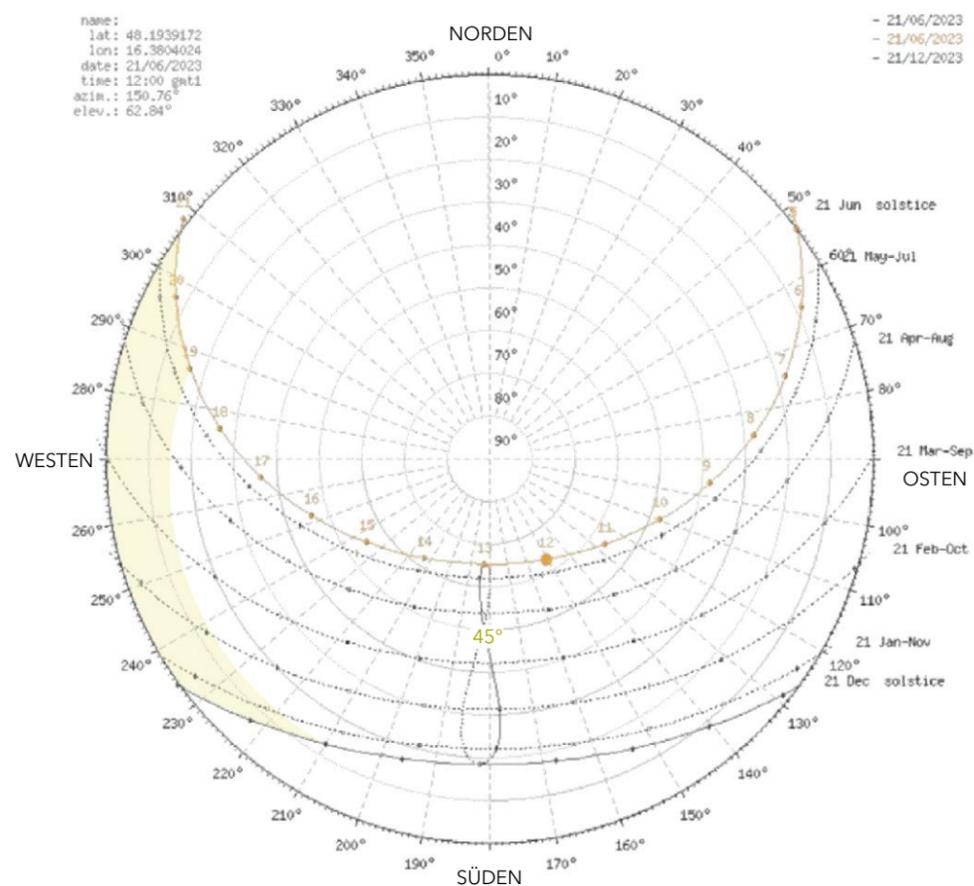
1 Vgl. Dr. Jacoby: Melatonin und Cortisol bestimmen über den Schlaf (12.2018). <https://www.foryouhealth.de/gesund-leben-blog/melatonin-und-cortisol-bestimmen-ueber-den-schlaf.html>, (21.05.2023)  
2 Vgl. Amelie Stein: Melatonin: das Schlafhormon und was Sie darüber wissen sollten (03.2023). <https://drjacobs.de/de/artikel/melatonin-das-schlafhormon-und-was-sie-darueber-wissen-sollten>, (26.05.2023)html#:~:text=30%E2%80%9360%20Minuten.,nach%20dem%20Aufstehen%20zu%20vermeiden.

### HIMMELSRICHTUNG

Die Sonne wandert vom Süden in den Westen, beziehungsweise Nordwesten. Am Abend, kurz vor Sonnenuntergang, wo die Melatoninproduktion angeregt werden soll, steht die Sonne also im Südwesten, Westen, oder Nordwesten. In Wien geht die Sonne zur Sommersonnenwende 308° nordwestlich unter, zur Wintersonnenwende 235° südwestlich.



### SONNENVERLAUF WIEN



*Konsequenz  
Öffnung von Südwest bis Nordwest. Beispielsweise durch ein Fensterband mit gelb-orangenem Glas auf diese Länge.*

Das Strahlungsdiagramm zeigt den Strahlungseinfluss der direkte und diffuse Strahlung zwischen 3 Uhr morgens und 13 Uhr.

Abb. 51 © SunEarthTools  
1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 3-23  
2 Vgl. Philippe Rahm: Diurnism (2007). <http://www.philipperahm.com/data/projects/diurnism/index.html>.(25.05.2023).

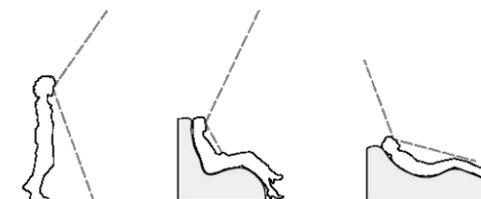
### EXPOSITIONSDAUER

Eine Studie der Harvard Universität (2021) zeigt das eine Vermeidung von Blaulicht ein bis zwei Stunden vor dem Schlafengehen die Schlafqualität verbessert, dies wird auch bestätigt durch Verwendung von Brillen mit Blaulichtfilter-Gläsern.<sup>1</sup> Mehrere Studien haben gezeigt, dass Personen, die eine Brille zur Blockierung von kurzwelligem Licht verwenden, auch in einem beleuchteten Raum oder beim Gebrauch elektronischer Geräte eine ähnliche Menge an Melatonin produzieren wie in einer dunklen Umgebung.<sup>2</sup> Blaublockerbrillen blockieren die Wellenlängen des blauen Lichts und wurden in verschiedenen Schlafsituationen untersucht, darunter Schlaflosigkeit, verzögerte Schlafphasenstörung, Schichtarbeit und Jetlag. Sie haben gezeigt, dass sie den Schlaf verbessern, indem sie die Aktivität der lichtempfindlichen Ganglienzellen der Netzhaut reduzieren, was bei den Teilnehmern zu einem Anstieg des nächtlichen Melatoninspiegels um 58 % führte. Die Ergebnisse verschiedener Studien belegen, dass die Minimierung von kurzwelligem Licht nach Sonnenuntergang zur Regulierung des Schlafverhaltens beiträgt.<sup>3,4</sup>

*Konsequenz  
Expositionsdauer  
1 Stunden  
vor dem Schlafen gehen.  
Um den langen Aufenthalt angenehm zu gestalten, sollten ergonomische Sitzplätze gegeben sein.*

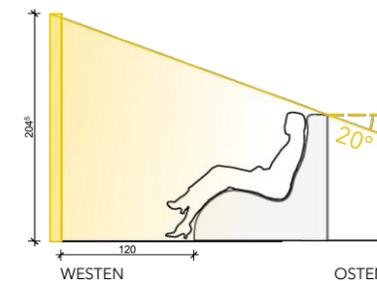
### AUSRICHTUNG DER PERSON

Wir brauchen Melatonin am Abend vor dem Schlafen gehen, da steht die Sonne im Südwesten bis Nordwesten zwischen 0° und 20°. Die Ausrichtung der Person sollte so gewählt werden, dass der Sichtwinkel zur Fensteröffnung Richtung Westen gerichtet ist.



### ÖFFNUNGSPPOSITION

Geht man davon aus, dass die Person vollständig der Sonnenstrahlung exponiert. Und die Gangbreite zwischen Fenster und Sitzmöbel normgerecht 1,20m beträgt, könnte das Fenster unter Berücksichtigung des Sonneneinfalls von 20°, etwa 2,05m hoch sein. Die Raumhöhe ist hier nicht definiert.



1 Vgl. Julie Corliss: Can blue light-blocking glasses improve your sleep?(10.2021). <https://www.health.harvard.edu/blog/can-blue-light-blocking-glasses-improve-your-sleep-202110262625>. (26.05.2023).  
2 Vgl. Kris Gunnars: Blue Light and Sleep: What's the Connection?(09.2018). <https://www.healthline.com/nutrition/block-blue-light-to-sleep-better#tinted-glasses>.(26.05.2023)  
3 Vgl. Hester et. al.: Evening wear of blue-blocking glasses for sleep and mood disorders: a systematic review, Chronobiol Int, 10.2021  
4 Rise Science Editorial Team: Blue Light Glasses' Benefits for Sleep and Eye Health (08.2022). <https://www.risescience.com/blog/blue-light-glasses-benefits#:~:text=Another%20study%20found%20that%20blue,nighttime%20melatonin%20levels%20in%20participants!>.(26.05.2023).



KUNSTLICHT KRITERIEN

LICHTQUELLE

Leuchtdioden (LEDs) werden in verschiedenen Farben hergestellt, die verschiedenen Lichtwellenlängen entsprechen und nahezu das gesamte Spektrum des Sonnenlichts abdecken. Es wurden erfolgreich LEDs in den Farben Ultraviolett, Blau, Grün, Gelb, Rot, Infrarot und UV-frei entwickelt.<sup>1</sup>

Licht mit einer Wellenlänge über 570 nm stimuliert die Produktion von Melatonin, wodurch künstlich eine physiologische Nachtsituation im Körper erzeugt werden kann.<sup>1,2</sup>

*Konsequenz  
LED-Leuchtkörper mit einer Wellenlänge über 570nm.*

LEUCHTSTÄRKE

Eine Forschungsstudie der School of Information Science and Technology, Fudan University 2017 stellte fest, dass rotes LED-Licht mit einer Leuchtstärke mehr als 10 Lux das Potenzial hat, den Schlaf zu fördern. Die Forscher stellten fest, dass Licht unter 10 Lux keine Wirkung hatte.<sup>3</sup>

*Konsequenz  
Leuchtstärke über 10 Lux*

WELLENLÄNGE

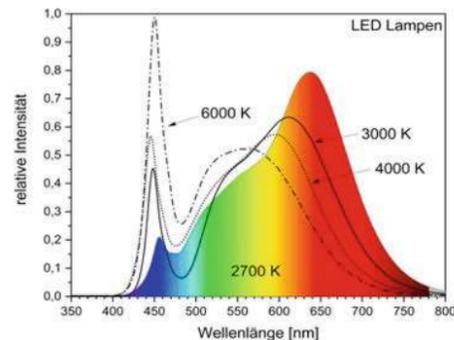
Es wurden erfolgreiche Studien durchgeführt in der Anwendung von Rotlicht mit einer Wellenlänge von 670 nm und gelb und orangem Licht in Wellenlängen zwischen 590nm und 620nm.<sup>3,4,5</sup>



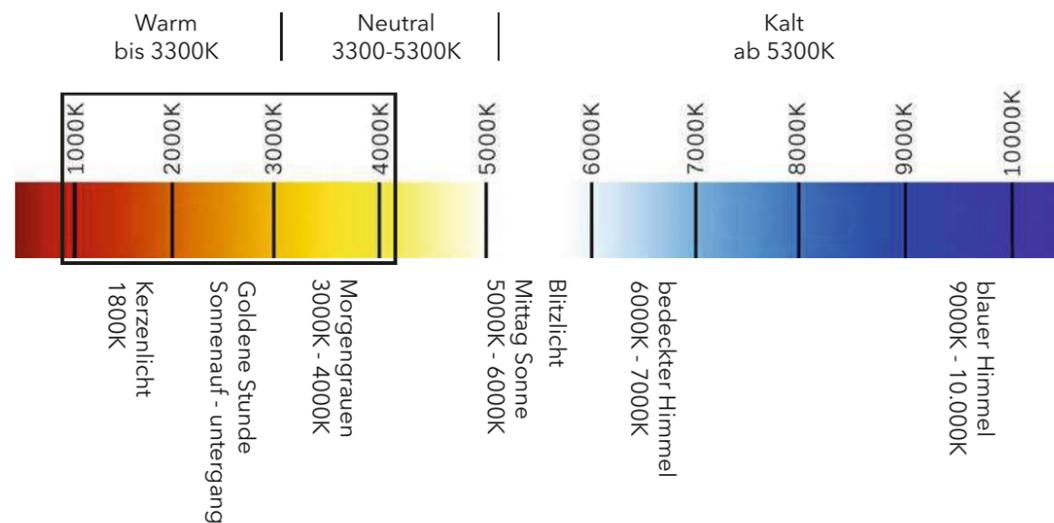
*Konsequenz  
Wellenlängen von über 570 nm*

FARBTEMPERATUR

Aufgrund der anregenden Wirkung der Melatoninproduktion bei einer Wellenlängen über 570 nm benötigen wir eine Farbtemperatur zwischen 1000 - 4000 Kelvin, die reich an diesen mittel bis langen Wellenlängen ist.<sup>1,2</sup>



1 Vgl. LightVictor Technology: Farbe Und Wellenlänge Von LED-Leuchten (09.2021).<https://de.light-victor.com/info/color-and-the-wave-length-of-led-lights-63022025.html>.(26.05.2023).  
 2 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 3-23  
 3 Vgl. Zhang et. al.: Red light at intensities above 10lx alters sleep-wake behavior in mice, Light Sci Appl., 05.2017  
 4 Vgl. Zhao et. al.: Red Light and the Sleep Quality and Endurance Performance of Chinese Female Basketball Players, 11.2012  
 5 Vgl. Philippe Rahm: Diurnism (2007). <http://www.philipperahm.com/data/projects/diurnisme/index.html>.(25.05.2023).



*Konsequenz  
Farbtemperatur von 1000 - 4000K welche einen hohen Anteil an langen Wellenlängen mit über 570 nm hat.*

ANWENDUNG

Phillipe Rahm entwickelt in seinem Projekt Diurnism eine künstliche Nacht mit 120 orangenen und gelben LED-Leuchtmitteln die von der Decke herab den Besucher bestrahlen.<sup>1</sup>



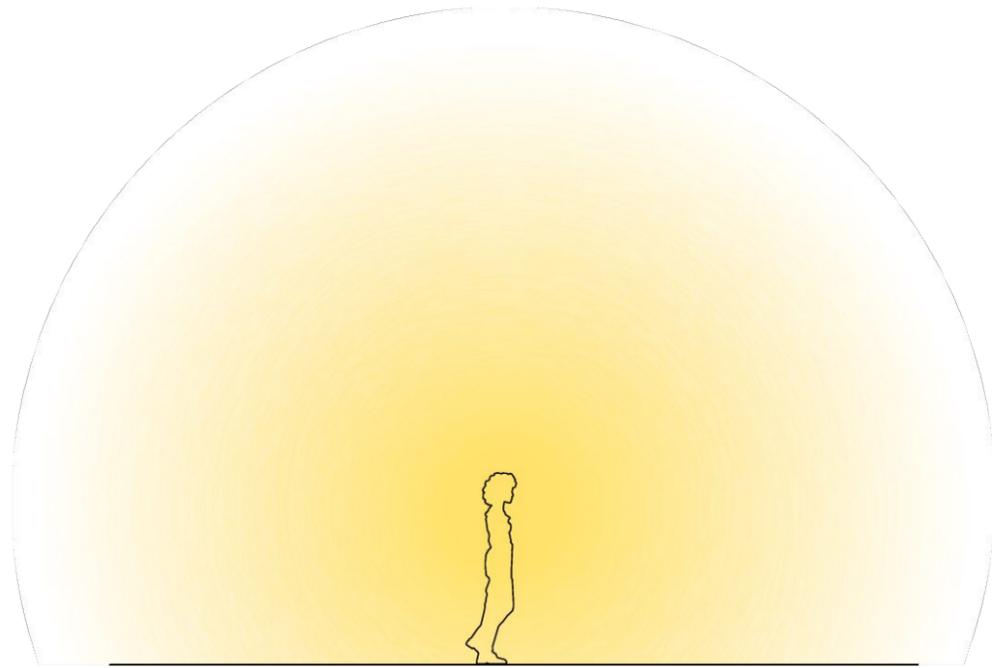
Ergebnisse der Studie von Jiexiu Zhao (2012) zeigen, dass eine 14-tägige Bestrahlungs Therapie über 30 Minuten, von Rotlicht mit einer Wellenlänge von 670 nm den Schlaf, den Melatoninspiegel und die Ausdauerleistung von Elite-Basketballspielerinnen verbessert.<sup>2</sup>

*Konsequenz  
Expositionsdauer von 30 Minuten vor dem Schlafen gehen.*

Abb. 52 © Bundesamt für Strahlenschutz  
 Abb. 53 © Philippe Rahm  
 1 Vgl. Philippe Rahm: Diurnism (2007). <http://www.philipperahm.com/data/projects/diurnisme/index.html>.(25.05.2023).  
 2 Vgl. Zhao et. al.: Red Light and the Sleep Quality and Endurance Performance of Chinese Female Basketball Players, 11.2012

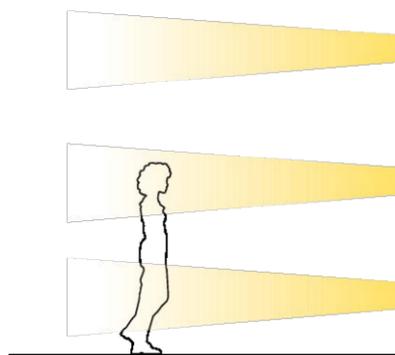
### KUNSTLICHT POSITION

Da es keine Kriterien zum Einfallswinkel zur Person gibt, ist die Positionierung des Kunstlichtes frei wählbar und kann von jeder Richtung auf die Person treffen. Für eine abendliche Stimmung sollte nicht mit zu hohen Lichtstärken gearbeitet werden, somit besteht keine Gefahr vor einer Blendung der Person.

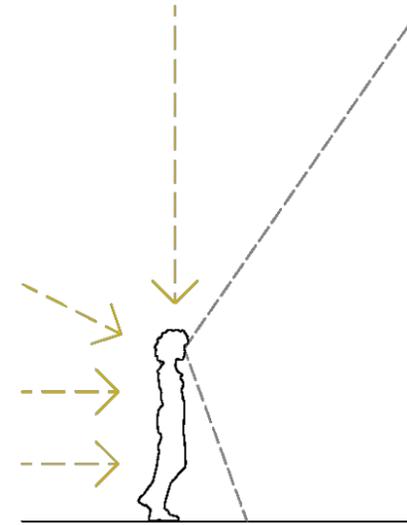


### GERICHTETES LICHT

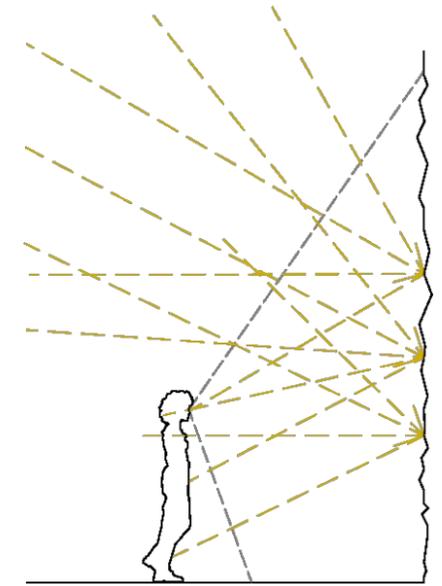
Am Abend treffen die Sonnenstrahlen unter einem flacheren Winkel auf die Atmosphäre, dadurch gelangt das Licht auf eine größere Anzahl von Streuteilchen, wodurch die Intensität des Lichts geschwächt wird und nur das langwellige rote Licht den Betrachter erreicht. Das kommt daher, dass das langwellige rote Licht nicht so stark gestreut wird wie kurzwelliges Licht. Diese Phänomene einer abendlichen Stimmung kann im Innenraum über gerichtete Lichtquellen nachgeahmt werden.<sup>2</sup>



### VARIANTE A direkte Bestrahlung



### VARIANTE B Bestrahlung über Reflexionsfläche



1 Vgl. Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014, S. 3-23  
2 Vgl. Björn Hoffmann, Georg Müller-Loeffelholz, Duden Lernattack GmbH: Streuung und Absorption von Licht. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/streuung-und-absorption-von-licht#> (20.05.2023)



ABENDLICHT  
ZUSAMMENFASSUNG LICHTKRITERIEN



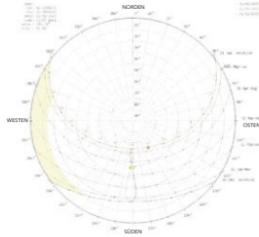
# ABENDLICHT | SONNENLICHT KRITERIEN

## Wellenlänge

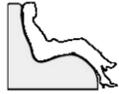


Melatonin: wird ausgeschüttet  
innere Uhr: Nacht

## Sonnenverlauf



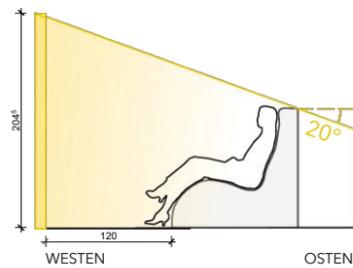
## Ausrichtung



Einstrahlfläche der Sonne  
2 Stunden vor  
Sonnenuntergang

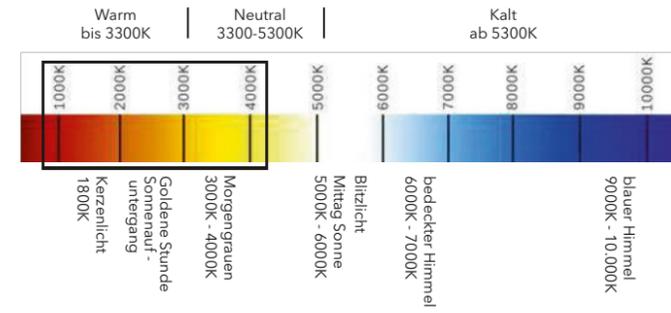


## VARIANTE B



# ABENDLICHT | KUNSTLICHT KRITERIEN

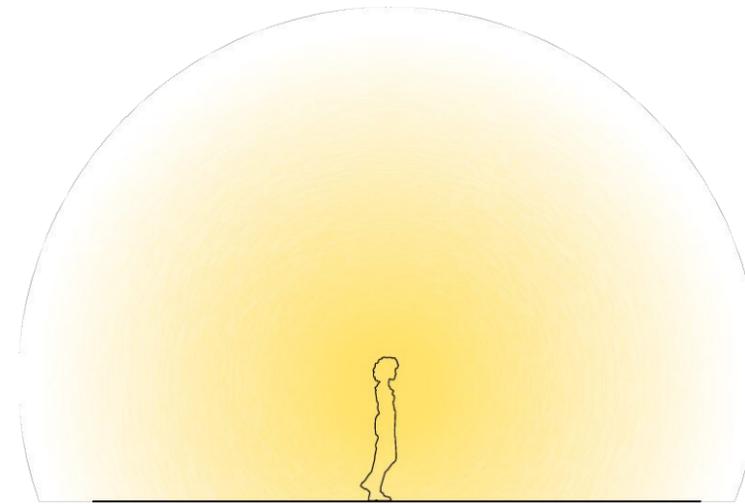
## Farbtemperatur



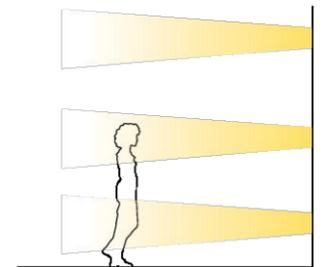
## Wellenlänge



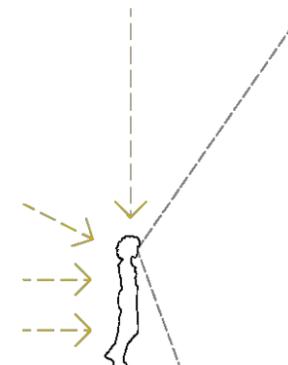
Fläche in der Kunstlicht einstrahlen sollte



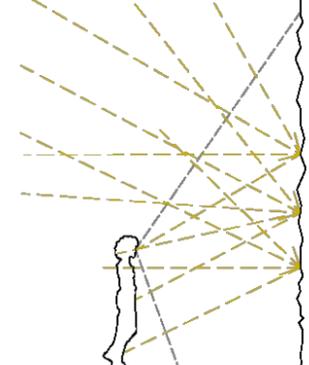
gerichtetes Licht



## VARIANTE A direkte Bestrahlung



## VARIANTE B Reflexion



# 06

ENTWURF

# 1 KONZEPT

Das Konzept ist ein Lichtzentrum in welchem dem Besucher die Wichtigkeit des Sonnenlichts wieder näher gebracht wird. Das öffentliche Zentrum kann von jeder Person besucht werden. Das Lichtzentrum ist für gesundheitsbewusste Personen, die aktiv ihren Tag-Nacht-Rhythmus unterstützen möchten. Zudem könnte es Personen mit Mangelerscheinungen oder anderen gesundheitlichen Problemen bei der Genesung helfen. Ebenso können Vereine oder Gemeinschaften die Räumlichkeiten buchen um ihre Aktivität anzubieten und auszuüben.

Das Gebäude ist so konzipiert, dass seine architektonischen und räumlichen Qualitäten eine anregende Wirkung auf unseren Organismus darstellen. Es werden Räume entwickelt auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse über Lichtlenkung, spektrale Farben, Lichtintensität sowie Synthesen im menschlichen Körper und deren Expositionsdauer zur Produktionsanregung. Diese Räume fördern durch Licht (Sonnenlicht und Kunstlicht) gezielt den zirkadianen Rhythmus und die biologischen Prozesse unseres Körpers. Ein abgestimmtes Lichtkonzept sorgt bei jeder Wetterlage für die Stimulierung oder Unterdrückung der Eigensynthesen. Den Räumlichkeiten wurde ein Nutzungsprogramm zugeschrieben, welches mit dem Tag-Nach-Rhythmus unseres Körpers einhergeht.

Der Besucher übt während seines Aufenthaltes bestimmte Aktivitäten aus, die eine positive Auswirkung auf die Schlafqualität, das Energielevel, die Stimmung, die Produktivität und sogar auf das Immunsystem haben.

### DREI SZENARIEN

Die Entwurfskriterien behandeln drei unterschiedliche Zeiten des Tagesrhythmus:

- Morgen
- Mittag
- Abend

Beziehungweise drei unterschiedliche Synthesen unseres Organismus:

- **Sonnenlicht durch einen Blaufilter zur Anregung der Cortisol und Serotonin Produktion**
- **den Einfluss von direktem Sonnenlicht hauptsächlich zur Vitamin D Gewinnung**
- **Sonnenlicht durch einen Gelb-Orange-Filter zur Anregung der Melatonin Produktion**



AUFENTHALTSDAUER:  
für eine Einheit



MORGENLICHTRAUM



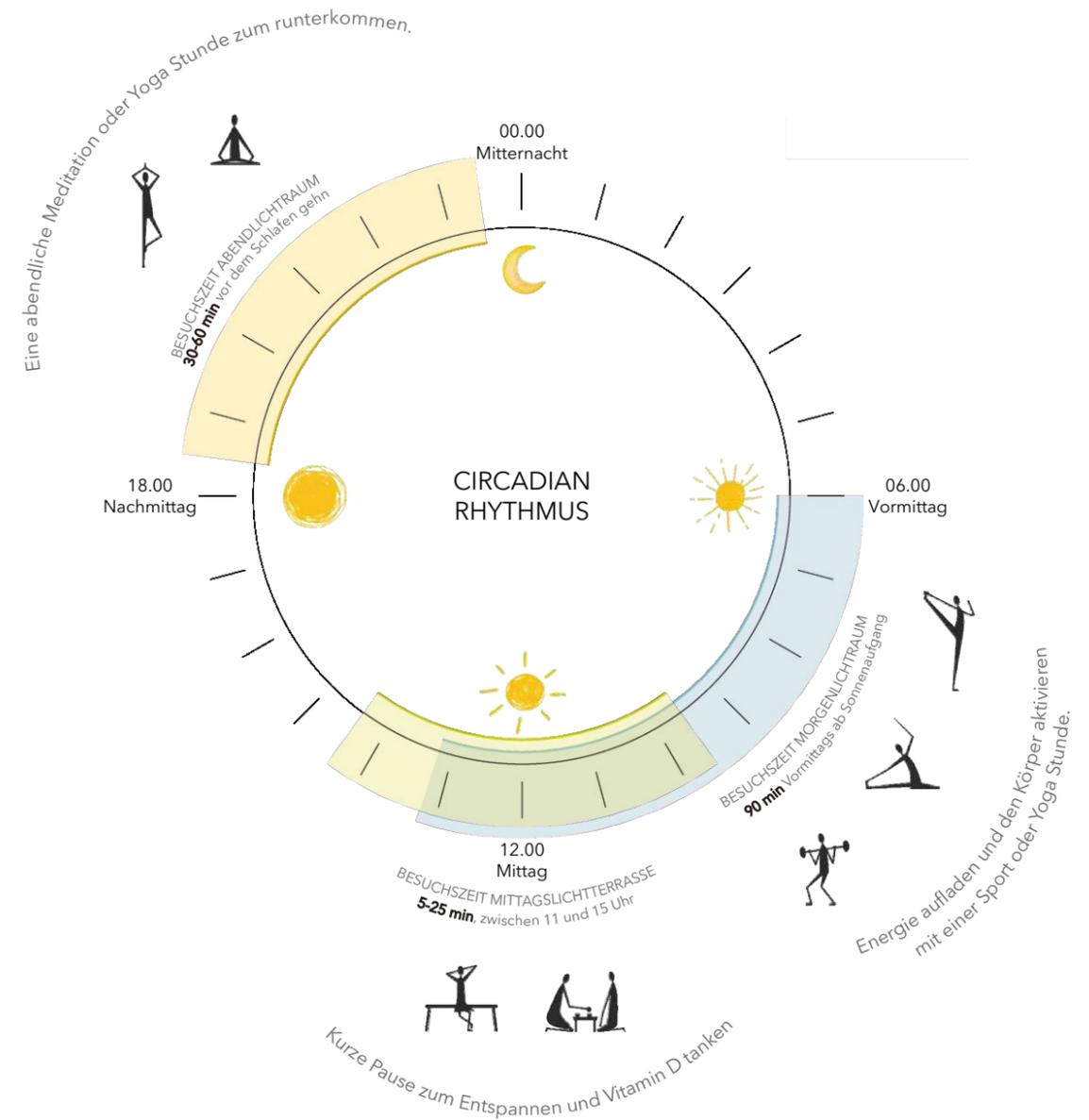
MITTAGSLICHTRAUM



ABENDLICHTRAUM



## NUTZUNGSPROGRAMM AKTIVITÄTEN NACH DEM CIRCADIANEN RHYTHMUS



## 2

## RAUMPROGRAMM

Das Lichtzentrum hat eine maximale Auslastung von 85 Personen: Diese Auslastungszahl ergibt sich aus Besuchergruppen von 10-20 Personen pro Einheit in den 3 Lichträumen plus eine Gruppe im Foyer plus 5 Angestellte.

## EINGANGSBEREICH

**Empfang:** mindestens 85m<sup>2</sup>  
bei maximaler Auslastung der Räume von jeweils 20 Personen  
4 Räume mit 20 Personen = 80 Personen plus 5 Angestellte  
(laut ÖNORM: min. 1 m<sup>2</sup> pro gleichzeitig anwesender Person)<sup>1</sup>

## BESUCHER|INNEN

**Sanitäranlagen:** 4x Sitzstellen Frauen, 2x Sitzstellen 2x Urinalstände Männer  
(laut OIB: bei einer Gesamtpersonenzahl bis zu 100 Personen)<sup>2</sup>

**Umkleide:** mindestens 48m<sup>2</sup> für maximale Auslastung von 80 Personen  
(laut ÖNORM: min. 0,6 m<sup>2</sup> pro gleichzeitig anwesender Person)<sup>1</sup>

**Duschen:** 4x Frauen, 4x Männer  
(mindestens 1 Dusche pro 10 Personen; Geschlechter getrennte Räume - wenn gleichzeitig min. 5 Frauen und min. 5 Männer auf die Räume angewiesen sind)<sup>2</sup>

## PERSONAL

**Sanitäranlagen:** 1 Toilette  
(laut OIB: min. eine verschließbare Toilettzelle für bis zu 15 Personen)<sup>2</sup>

**Umkleide:** mindestens 3m<sup>2</sup> für 5 Angestellte  
(laut ASIV: min. 0,6 m<sup>2</sup> pro gleichzeitig anwesender Person)<sup>4</sup>

**Duschen:** 1x Dusche  
(mindestens 1 Dusche pro 10 Personen; Geschlechter getrennte Räume - wenn gleichzeitig min. 5 Frauen und min. 5 Männer auf die Räume angewiesen sind)<sup>4</sup>



## - MORGENLICHTRAUM (Morgen + Cortisol und Serotonin Gewinnung)

**Aufenthaltsdauer:** 90 Minuten  
**Aktivität:** Körper aktivieren mit Sport zum Beispiel Yoga  
**Raumfläche:** 80m<sup>2</sup> für maximal 20 Personen  
(laut OIB) min 4 - 8m<sup>2</sup> pro Person um Gymnastik auszuüben<sup>3</sup>



## - MITTAGSLICHTTERRASSE (Mittag + Vitamin D Gewinnung)

**Aufenthaltsdauer:** 5-25 Minuten  
**Aktivität:** Entspannungspause  
**Raumfläche:** mindestens 25m<sup>2</sup> für maximal 20 Personen plus 5 Angestellte  
(laut ÖNORM: min. 1 m<sup>2</sup> pro gleichzeitig anwesender Person in Aufenthaltsräumen)<sup>1</sup>



## - ABENDLICHTRAUM (Abend + Melatonin Gewinnung)

**Aufenthaltsdauer:** 30-60 Minuten  
**Aktivität:** Meditation oder Yoga  
**Raumfläche:** 80m<sup>2</sup> für maximal 20 Personen  
(laut OIB) min 4 - 8m<sup>2</sup> pro Person um Gymnastik auszuüben<sup>3</sup>

1 Vgl. Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz: ÖNORMEN (06.03.2023). [https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen\\_wohnen\\_und\\_umwelt/bauen/1/Seite.1270100.html](https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/bauen/1/Seite.1270100.html). (10.06.2023)

2 Vgl. WKO:Umwelt-Energie-Gastro. [https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Gastro\\_06\\_2018.pdf](https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Gastro_06_2018.pdf). (10.06.2023)

3 Vgl. Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinien 2019 (April 2019). <https://www.oib.or.at/oib-richtlinien/richtlinien/2019>. (10.06.2023)

4 Vgl. Arbeitsinspektion: Sanitär- und Sozialbereiche (10.02.2020). [https://www.arbeitsinspektion.gv.at/Arbeitsstaetten\\_Arbeitsplaetze/Arbeitsstaetten\\_Arbeitsplaetze\\_1/Sanitaer-\\_und\\_Sozialbereiche.html](https://www.arbeitsinspektion.gv.at/Arbeitsstaetten_Arbeitsplaetze/Arbeitsstaetten_Arbeitsplaetze_1/Sanitaer-_und_Sozialbereiche.html). (10.06.2023)

5 Vgl. Lightspeed: Restaurantgrundriss (11.10.2023) [https://www.lightspeedhq.de/blog/restaurantgrundrisse/#:~:text=Gourmet%2DGastronomie%3A%201%2C67,1%2C30%20Quadratmeter%20pro%20Person](https://www.lightspeedhq.de/blog/restaurantgrundrisse/#:~:text=Gourmet%2DGastronomie%3A%201%2C67,1%2C30%20Quadratmeter%20pro%20Person.). (10.06.2023)

1 Vgl. Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz: ÖNORMEN (06.03.2023). [https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen\\_wohnen\\_und\\_umwelt/bauen/1/Seite.1270100.html](https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/bauen/1/Seite.1270100.html). (10.06.2023)

2 Vgl. WKO:Umwelt-Energie-Gastro. [https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Gastro\\_06\\_2018.pdf](https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Gastro_06_2018.pdf). (10.06.2023)

3 Vgl. Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinien 2019 (April 2019). <https://www.oib.or.at/oib-richtlinien/richtlinien/2019>. (10.06.2023)

## 3

## STANDORT

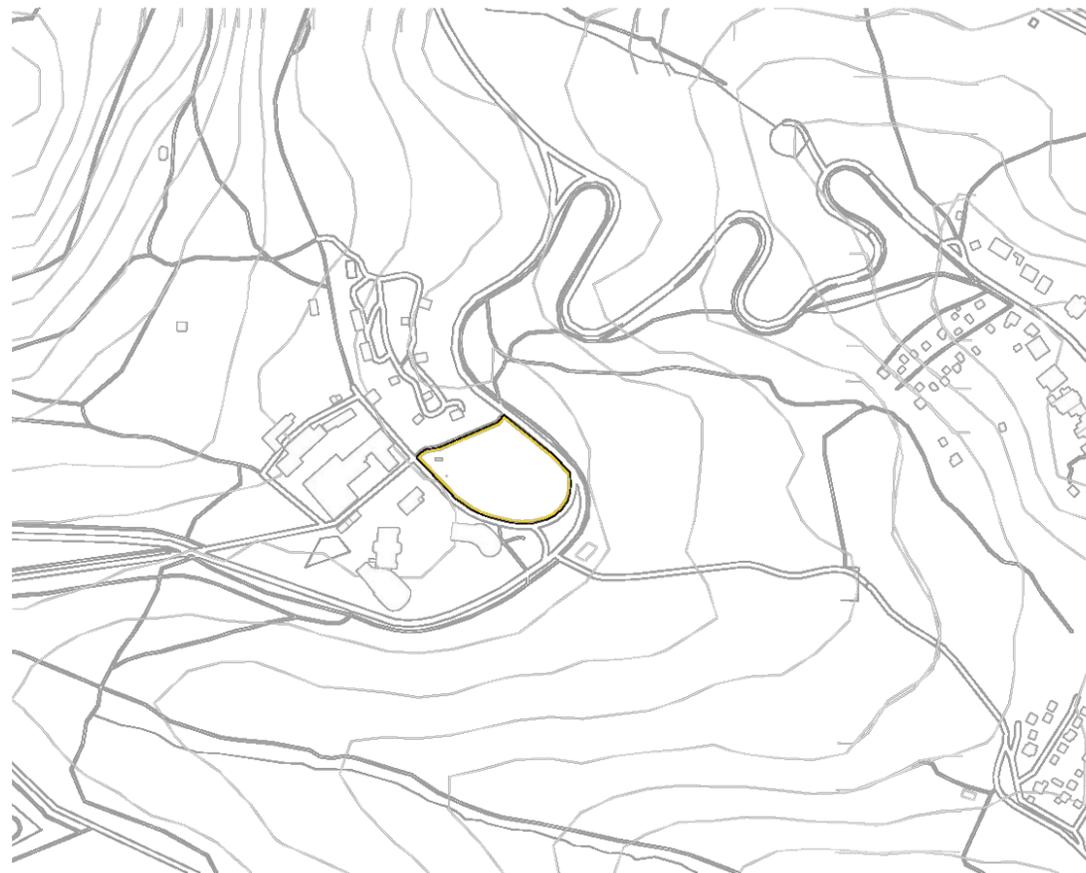
Der Cobenzl in Wien ist ein traumhafter Ort, welcher Natur und Stadtblick in harmonischer Verbindung bietet. Als ganzjährig beliebtes Ausflugsziel lockt er Besucher mit seinen malerischen Wegen durch Wälder und Weingärten und einem Panoramablick über die Stadt. Die einzigartige Lage ermöglicht nicht nur entspannende Naturerlebnisse, sondern bietet auch Potenzial für vielfältige Entwicklungen, wie Freizeit und Erholungseinrichtungen oder innovativen Konzepten wie einem Lichtzentrum. Der Cobenzl verkörpert somit die gelungene Verbindung von urbanem Leben und natürlicher Schönheit. Die bisher noch unbebaute Parkplatzfläche, neben dem Cafe Weitsicht Cobenzel, ist demnach ein Baugrund mit sehr viel Potential. Dies möchte ich mit meinem Entwurfsprojekt eines Lichtzentrums nutzen und ein weiteres Erlebnis am Cobenzel schaffen.



### INFRASTRUKTUR

Der Cobenzl in Wien beeindruckt nicht nur durch seine natürliche Schönheit, sondern auch durch eine ausgezeichnete Infrastruktur. Die Vielfalt an umliegenden Gebäuden spiegelt sich in einer ausgewogenen Mischung aus Wohn- und Freizeiteinrichtungen wieder, die den Bedürfnissen der Besucher gerecht werden. Die hervorragende öffentliche Anbindung ermöglicht eine bequeme Erreichbarkeit, was den Cobenzl zu einem attraktiven Ziel für Bewohner und Touristen gleichermaßen macht. Diese gelungene Verknüpfung von Natur, architektonischer Vielfalt und Zugänglichkeit unterstreicht die besondere Anziehungskraft dieses Ortes.

### LAGEPLAN



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
 The approved original version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.



Abb. 54 Am Cobenzl © C.Stadler  
 Abb. 55 Am Cobenzl © C.Stadler

NUTZUNGEN

GASTRONOMIE | VERANSTALTUNGEN

- 1 Weitsicht Cobenzl  
a Rundcafe und öffentliche Terrasse  
b Kuppelsaal und Meierei (Gastronomie + Events)  
c Panoramasaal (Events)
- 2 Waldgrill Cobenzl
- 3 Genuss am Cobenzl
- 4 Café Restaurant Oktogon am Himmel
- 5 Häuserl am Himmel
- 6 Die Hütte am Bellevue (Burschenschank)
- 7 Wiegel Unterwegs am Himmel (Burschenschank)
- 8 Wein Hengl Haselbrunner
- 9 Buschenschank Uhler
- 10 Bio Weinbau Obermann
- 11 Hans und Fritz Buschenschank

FREIZEIT | ERHOLUNG | SPORT

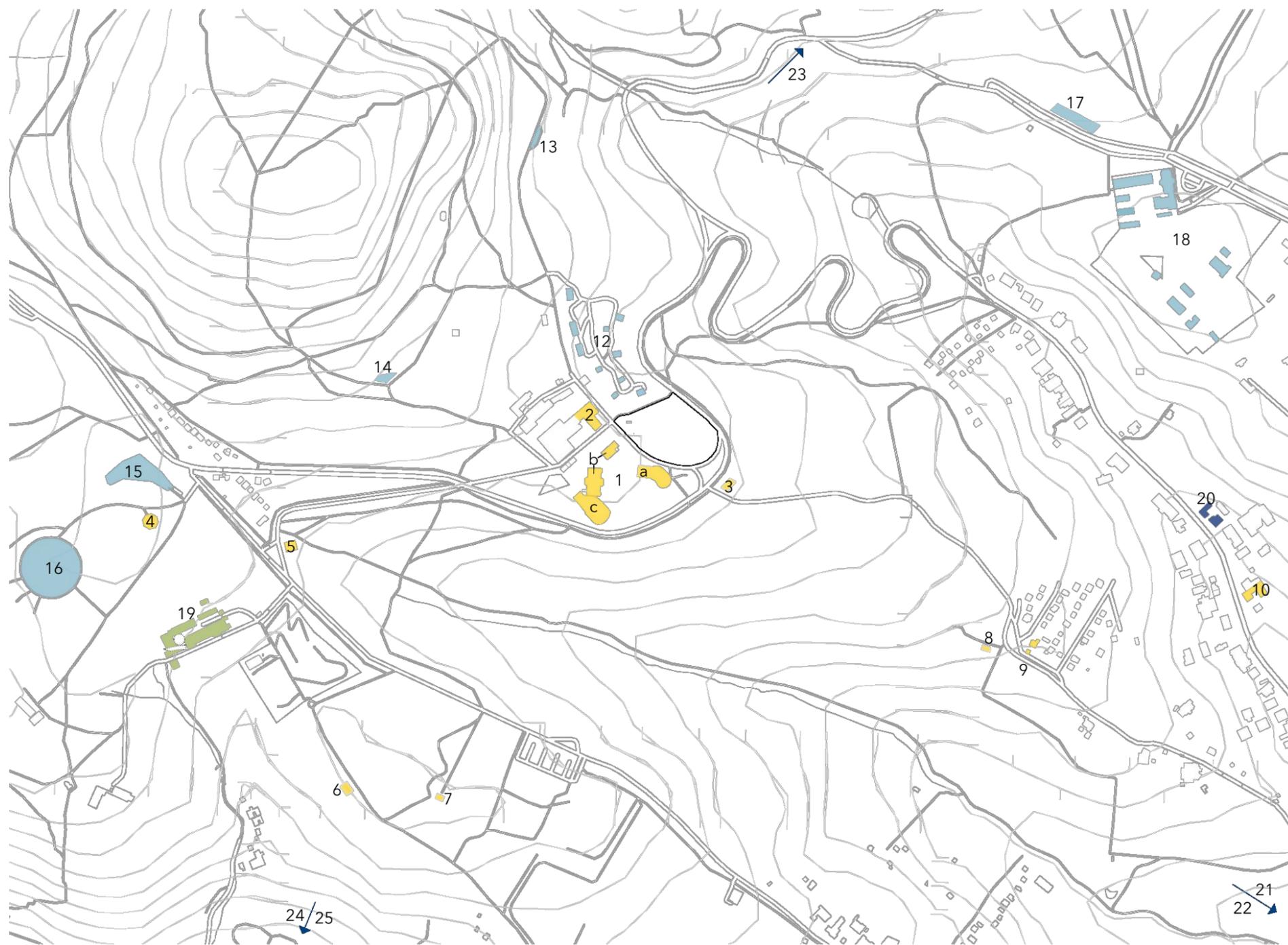
- 12 Landgut Wien Cobenzl
- 13 ehemalige Schlossterrasse
- 14 Waldspielplatz Cobenzl
- 15 Erholungsgebiet - Am Himmel
- 16 Baumkreis - Am Himmel
- 17 Grillplatz Der Stadt Wien
- 18 Krapfenwaldlbad

BILDUNG

- 19 Caritas-Schule am Himmel

HOTELLERIE

- 20 Grinzinger Gartenidylle Hotel 1,9km  
(22min zuFuß | 15min Bus | 5min Fahrrad)
- 21 Müllner Smart Hotel Wien 2,7km  
(36min zuFuß | 19min Bus | 10min Fahrrad)
- 22 Living Hotel Kaiser Franz Joseph 3,3km  
(43min zuFuß | 26min Bus | 11 min Fahrrad)
- 23 Suite Hotel Kahlenberg 3,4km  
(52min zu Fuß | 9min Bus | 23min Fahrrad)
- 24 Landhaus Fuhrgassl-Huber 3,1km  
(45min zuFuß | 40min Bus | 18 min Fahrrad)
- 25 Hotel Schild 3,6km  
(52min zuFuß | 50min Bus | 20min Fahrrad)



#### GRÜNRAUM UND ÖFFENTLICHER VERKEHR

Der bestehende Grünraum befindet sich hauptsächlich auf der Nordseite der versiegelten Parkplatzfläche. Mit dem Entwurfsprojekt des Lichtzentrums wird die versiegelte Fläche aufgebrochen und der Grünraum kann nach und nach wieder auf mehr Platz auf dem Grundstück einnehmen und so das geplante Bauwerk in die Umgebung einbetten. Die bestehende Bushaltestelle am Grundstück wird verlegt auf die östlich gelegene Verkehrsinsel, für einen intuitiveren Verkehrsfluss der Buslinien. (siehe Abbildung auf der folgenden Seite)

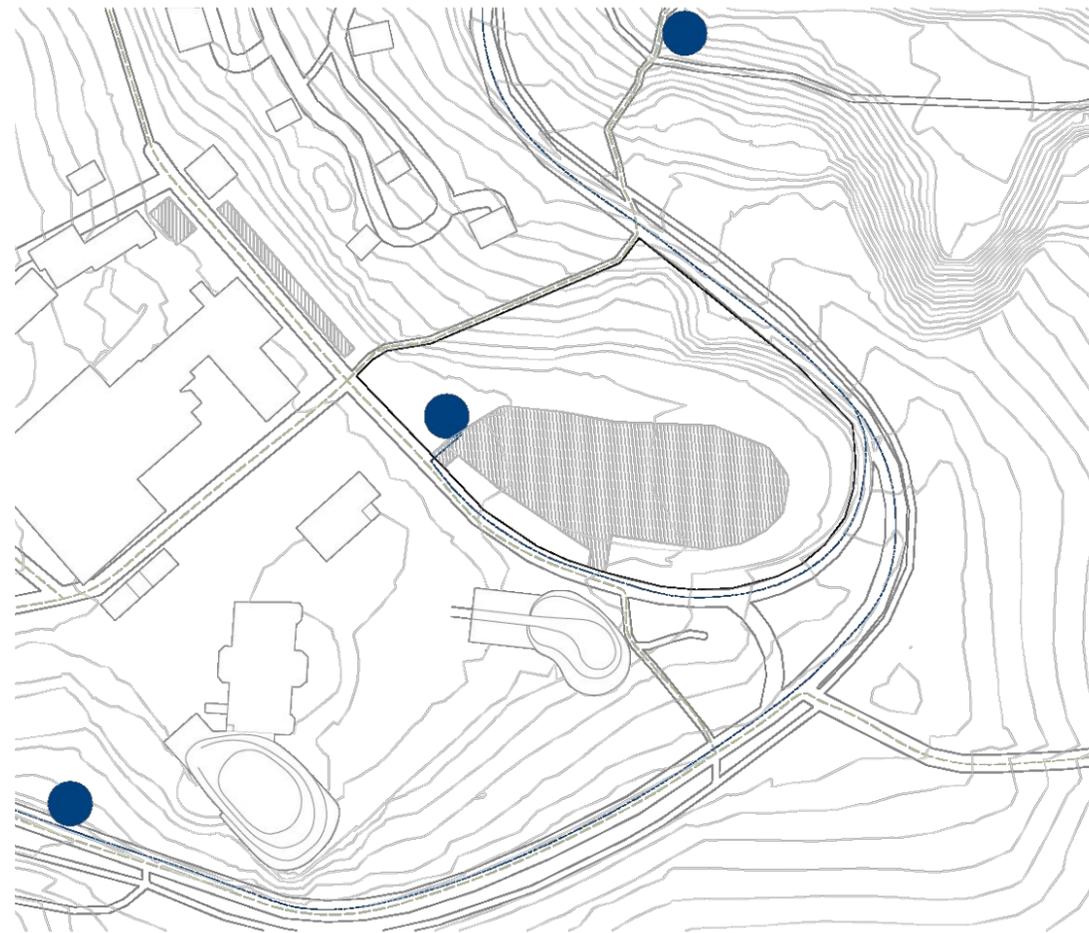


BAUMBESTAND 1:2000



GEPLANTER BAUMBESTAND 1:2000

ÖFFENTLICHER VERKEHR



BESTEHENDER ÖFFENTLICHER VERKEHR 1:2000

-  Parkplatzfläche
-  Stadtwanderweg
-  öffentlicher Verkehr
-  Bushaltestellen (Linie 38A | 43A)
-  neue Bushaltestelle (Linie 38A | 43A)



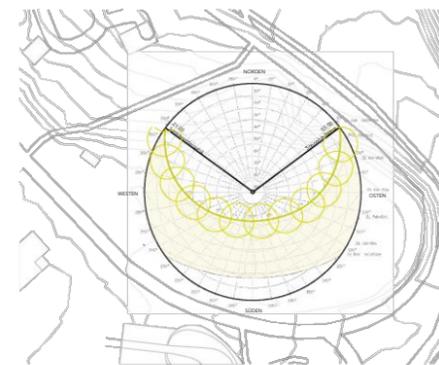
GEPLANTER ÖFFENTLICHER VERKEHR 1:2000

-  Parkplatzfläche
-  Stadtwanderweg
-  öffentlicher Verkehr
-  Bushaltestellen (Linie 38A | 43A)
-  neue Bushaltestelle (Linie 38A | 43A)

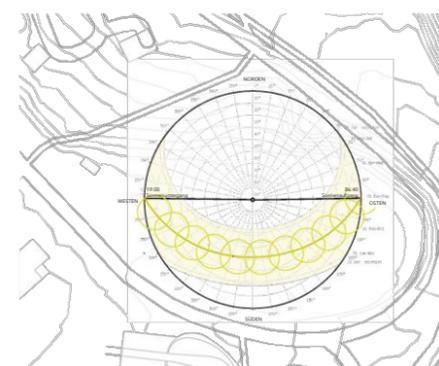
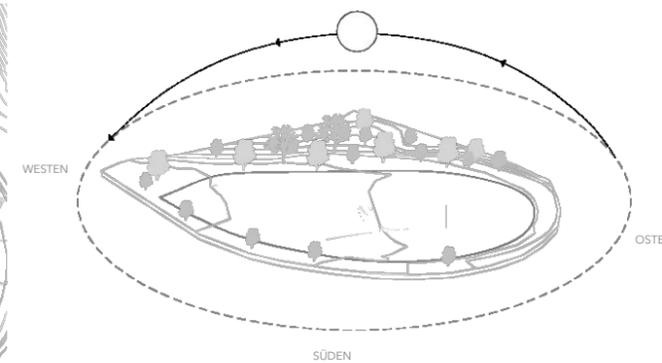
## 4

## ENTWURFSENTWICKLUNG

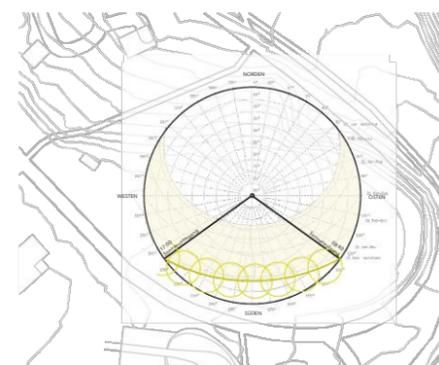
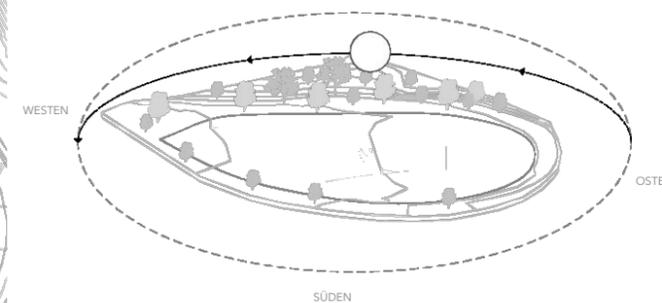
Die Lage des Bauplatzes am Cobenzl bietet nicht nur einen atemberaubenden Ausblick auf die Stadt, sondern auch eine gute Ausrichtung zur Sonnenlichtnutzung. Die Hanglage in Richtung Osten ermöglicht eine maximale Exposition gegenüber der Morgensonne. Dies schafft nicht nur eine malerische Atmosphäre, sondern bietet auch großes Potenzial für innovative und energieeffiziente Architektur. Die natürliche Neigung des Geländes wird genutzt um das Gebäude so zu platzieren, dass sie den Besucher den Blick zur Aussicht öffnen und gleichzeitig Rahmen.



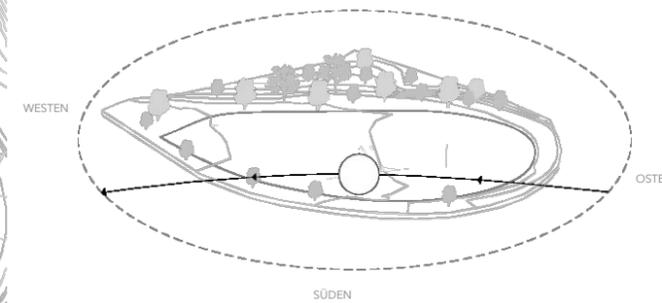
SONNENVERLAUF SOMMER



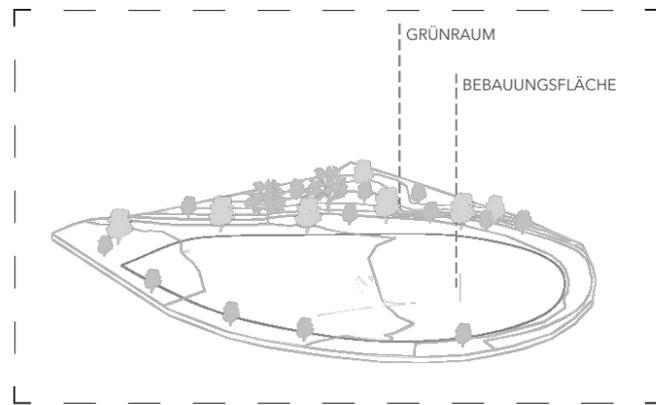
SONNENVERLAUF FRÜHLING | HERBST



SONNENVERLAUF WINTER

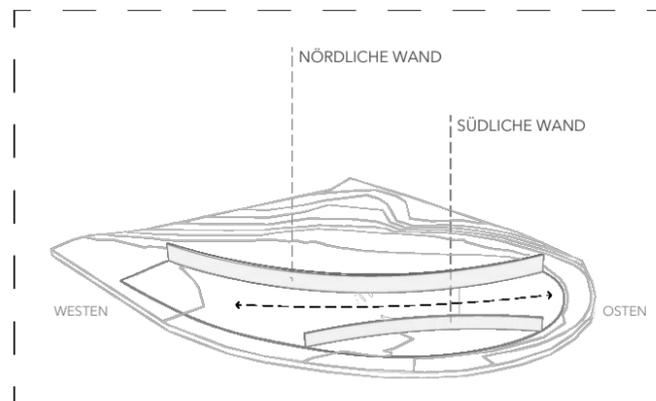


**01 GRUNDSTÜCK ZONIERUNG**

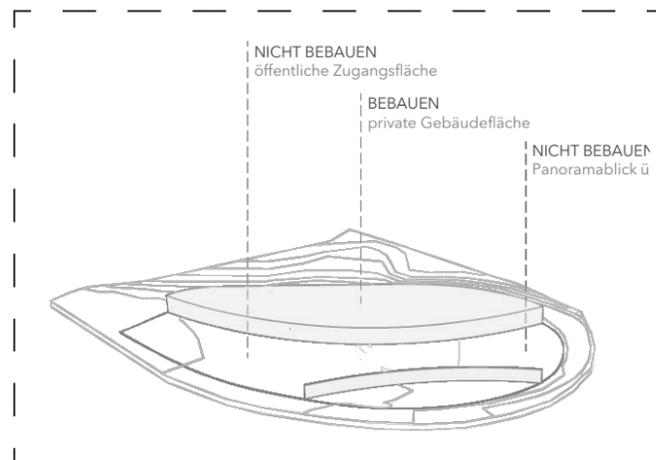


**02 ORIENTIERUNG**

Zwei Wände nördlich und südlich verlaufend, leiten die Besucher | Besucherinnen von Westen nach Osten der leichten Hanglage entlang zu Panoramablick

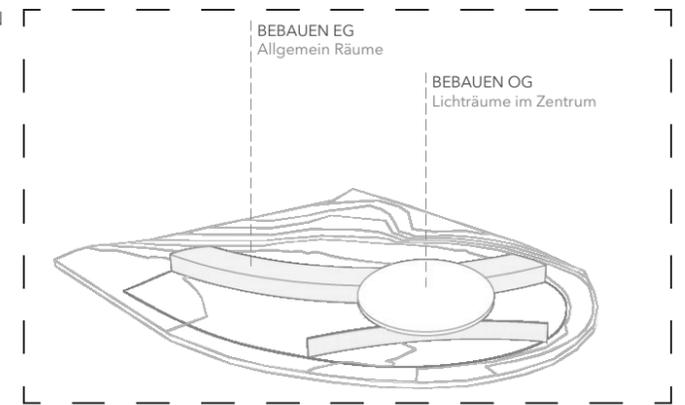


**03 BEBAUUNGSFLÄCHE ZONIERUNG**



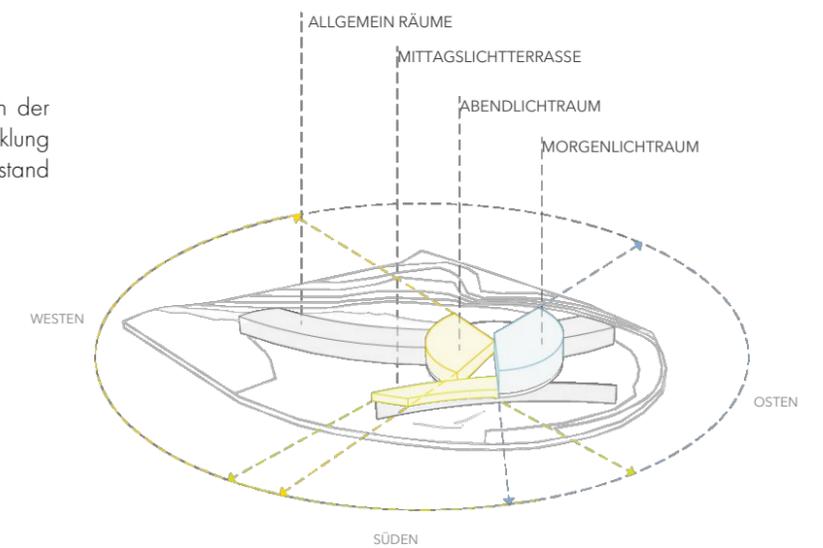
**04 WEITERENTWICKLUNG BAUFLÄCHEN**

nach Bebauungsattraktivität



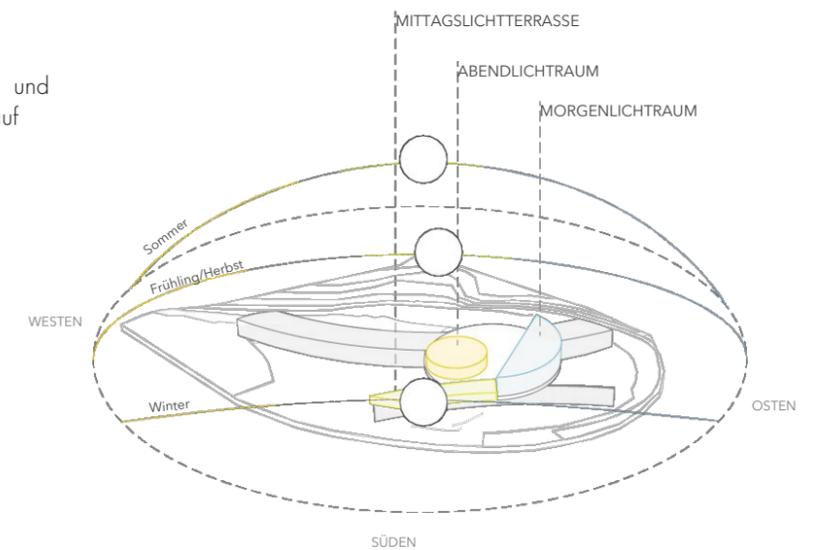
**05 RAUM POSITIONIERUNG**

Drei Lichträume: ausgerichtet nach der Himmelsrichtung. Raumentwicklung nach der Nutzung, dem Sonnenstand und der Umgebung



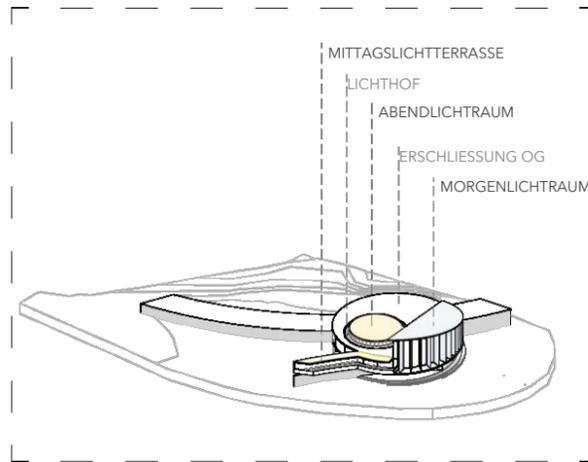
**06 LICHTRÄUME**

Volumen Weiterentwicklung und Anpassung nach dem Sonnenverlauf



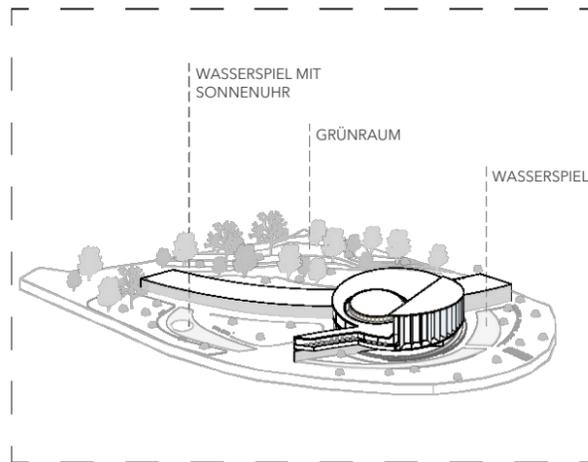
**07 ARCHITEKTONISCHE WEITERENTWICKLUNG**

Erschließung im Obergeschoss, Höhenanpassung und Dachneigung, und Lichthof



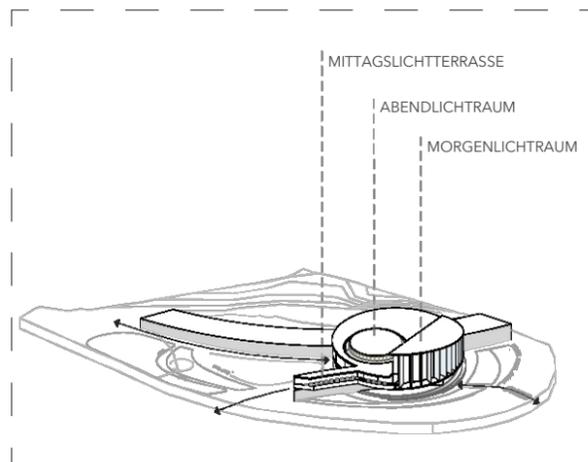
**08 AUSSENRAUMGESTALTUNG**

Grünraum wächst vor allem auf der Nordseite des Gebäudes. Ein Wasserspiel fließt auf der Südseite um das Gebäude und bietet Aufenthaltsflächen und besondere Lichtspiele.



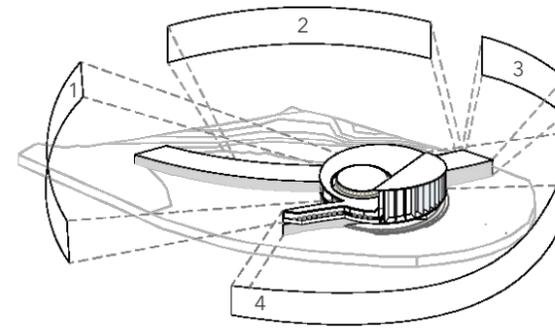
**09 ERSCHLIESSUNG DES GRUNDSTÜCKES**

Es gibt einen Zugang zum Grundstück über eine Treppe im Osten und zwei Zugänge im Westen.



**10 AUSSICHTEN**

Im Westen erhebt sich die Landschaft zum Vogelsangberg. Im Norden ergibt sich der Blick ins Grüne. Nordstlich ist der Kahlenberg und der Leopoldsberg zu sehen. Von Osten bis nach Süden erstreckt sich ein Panoramablick über Wien.



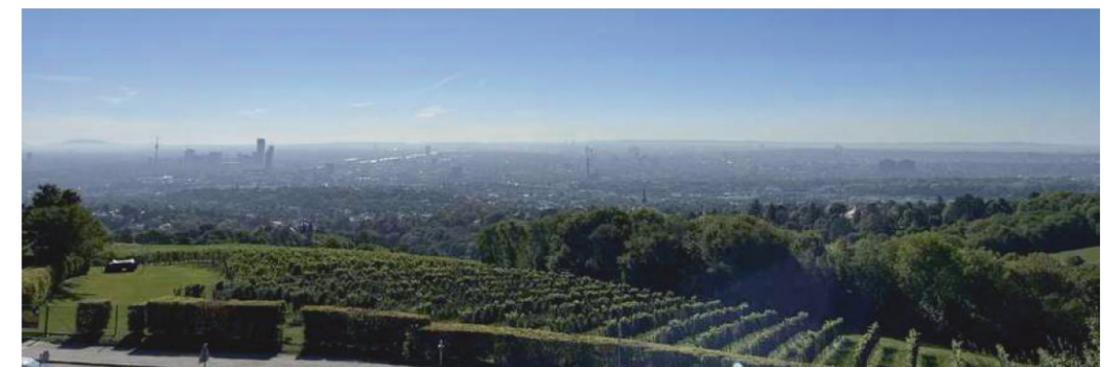
1 VOGELSSANGBERG | LATISBERG



2 GRÜNRAUM



3 KAHLENBERG UND LEOPOLDSBERG



4 PANORAMA BLICK ÜBER WIEN

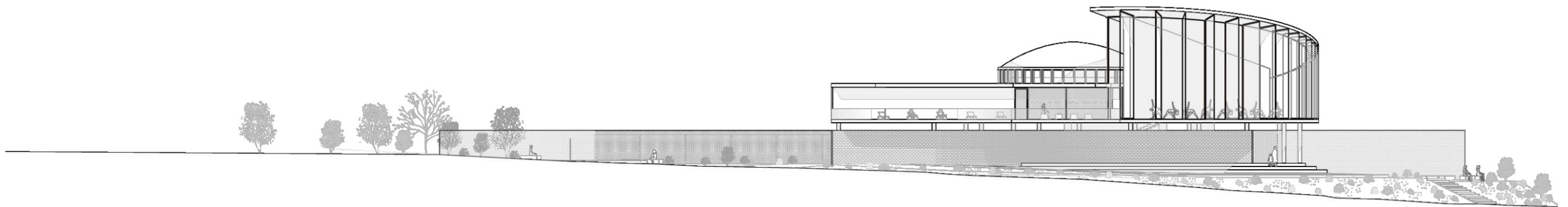
## 5

## ENTWURFSPROJEKT

Das Lichtzentrum dient als Symbol für Innovation und Fortschritt in Bezug auf den Umgang mit Licht. Die ständige Besucherattraktivität des Cobenzl stärkt die Sichtbarkeit und den Zugang zum Lichtzentrum. Harmonisch eingebettet in die natürliche Schönheit der Umgebung ist das Lichtzentrum ein weiteres attraktives Besuchsziel.



ANSICHT WEST-OST



ANSICHT 1:400

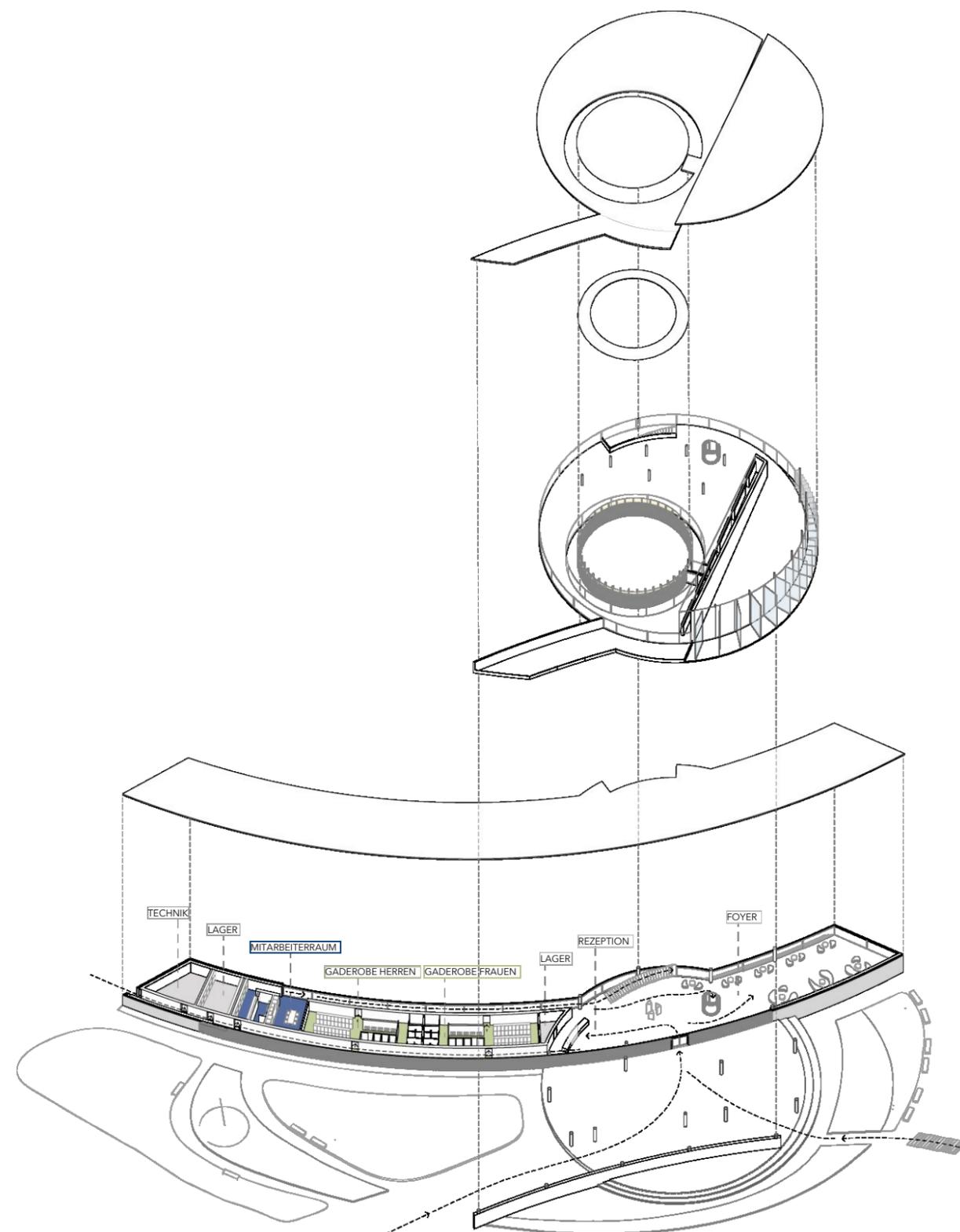


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
 The approved original version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.

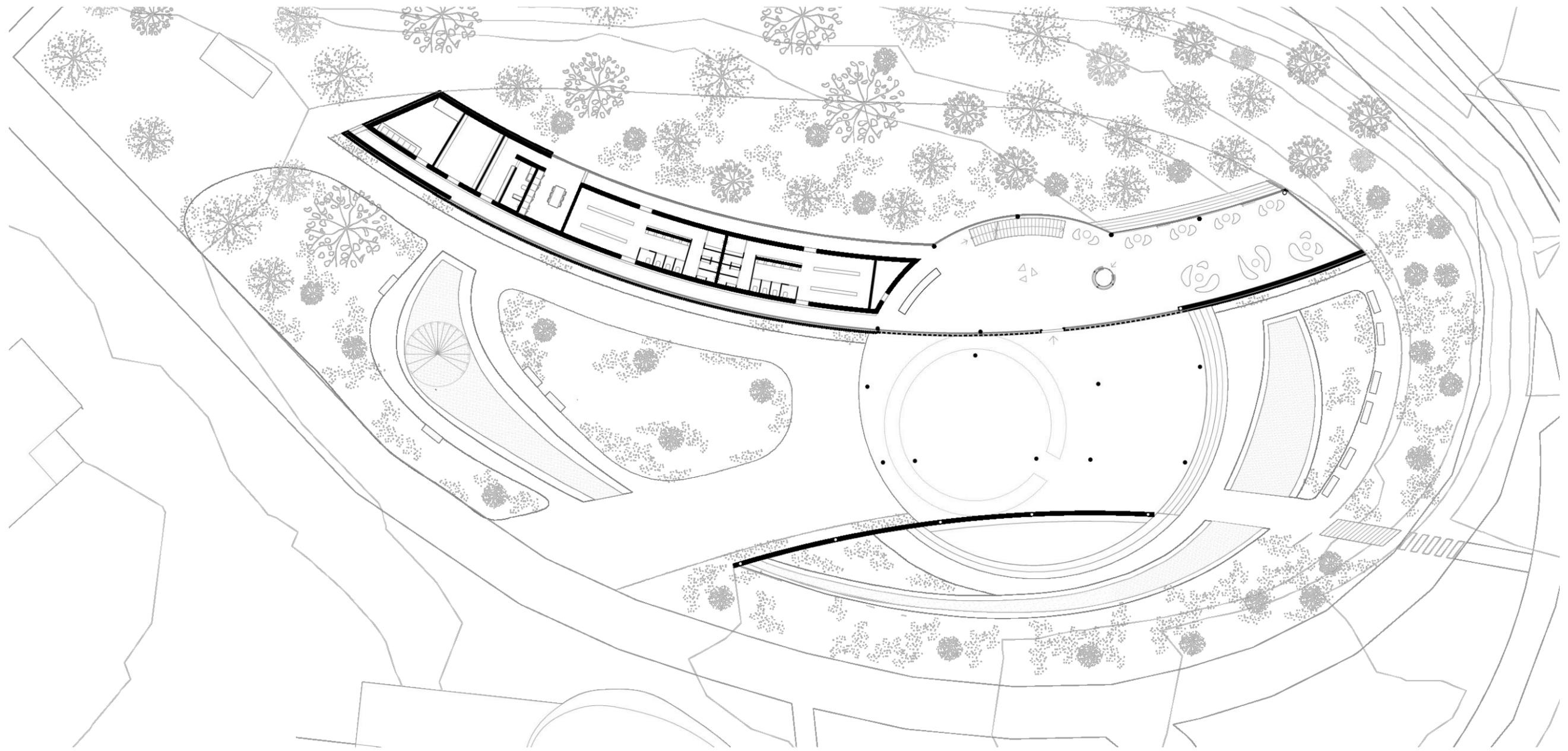
## ERDGESCHOSS

Das Grundstück ist von Osten und Westen erschlossen. Von der östlich gelegenen Bushaltestelle führt eine Treppe den kleinen Hang hoch zum Grundstück. Oben angelangt wird der wunderschöne Panoramablick über Wien sichtbar. Ein Weg führt, vorbei an Sitzgelegenheiten im Grünen über einem Wasserspiel, zum überdachten Eingangsbereich des Lichtzentrums. Kommt der Besucher|die Besucherin von der Westseite des Grundstücks, kann er|sie über zwei Wege zum Eingangsbereich gelangen. Ein Weg führt an der Klinkersteinfassade entlang, welche sich Richtung Eingang immer mehr auflöst und Einblicke ins Innere des Gebäudes gibt. Der andere führt an der gegenüberliegenden Wand entlang und leitet den Blick zum Ausblick über Wien. Die beiden Wege führen vorbei an einem kleinen Vorplatz mit Grünen Inseln und einem Wasserspiel, welches sich der Umgebung entlang von Osten nach Westen um das Gebäude erstreckt. Es verschwindet unterirdisch unter den Wegen und erhebt sich nur sehr flach aus dem Boden. Am westlichen Vorplatz befindet sich eine Sonneuhr im Wasserspiel. Die perforierten Klinkerfassade lockt neugierige Besucher|Besucherinnen zum Haupteingang des Lichtzentrums. Im Erdgeschoss befinden sich die Funktions-Räumlichkeiten des Gebäudes wie: Rezep-

tion, Umkleiden, Mitarbeiteraum, Lager und ein Technikraum. Das großzügige Foyer bietet genügend Platz zum Ankommen und einchecken an der Rezeption. In der Mitte des Foyers können Kunstwerke aus gläsernen Prismen, die das Licht in Regenbogenfarben brechen, bestaunt werden. Auf der gegenüberliegenden Seite der Rezeption öffnet sich das Foyer zu einer Sitzlounge. Von hier können die Besucher|die Besucherinnen den Blick zum Leopoldsberg genießen. Das gesamte Erdgeschoss öffnet sich Richtung Norden mit großen Glasfenstern zum Blick ins Grüne. Links von der Rezeption führt ein Gang Richtung Gaderoben, Mitarbeiteraum, Lager und Technikraum. Am Ende des Ganges befindet sich der Hintereingang des Gebäudes. Mitarbeiter können auch diesen Eingang benutzen für einen kürzeren Weg zu den Mitarbeiterumkleiden. Im Gang ergibt sich ein spannendes Lichtspiel durch die gedrehten Klinkersteine der Fassade. Die Besucher|die Besucherinnen gehen an diesem südlich gelegenen Gang mit ihren Straßenklamotten in die Umkleiden und kommen am nördlich gelegenen Gang mit ihren Sportklamotten wieder zurück. Mit Blick zum Grünraum führt der Gang zurück zum Foyer, von dem aus die Treppe oder der gläserne Lift hoch ins Obergeschoss zu den Lichträumen führt.



ERDGESCHOSS



⌚ GRUNDRISS 1:400

1 5 10

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.

## FASSADE

Die Fassade des Erdgeschoss wird aus Stahlbeton mit einer vorgesetzten Klinkerfassade konstruiert. An der Südfassade wurde die Klinkerfassade perforiert. Durch drehen und versetzen der Steine entsteht ein Muster mit Öffnungen, wohindurch Sonnenlicht ins Innere des Gebäudes Strahlen kann und ein dynamisches Lichtspiel entsteht. Hinter der perforierten Südfassade sind raumhohe Fenster. Zum Haupteingang hin werden diese Öffnungen immer größer, und die Fassade dadurch transparenter. Am Gang zu den Umkleiden sind die Klinkersteine der Fassade gedreht um Tageslicht hineinzulassen, jedoch Einblicke noch möglichst gering zu halten. Im Bereich des Foyers sind die Klinkersteine versetzt um dem Besucher|der Besucherin mehr Einblick in das Innenleben des Gebäudes zu geben.

## DETAIL AUSSENWAND ERDGESCHOSS

### ATTIKA

Klinkerziegelfertigteil mit Ansicht  
als Grenadierschicht nach hinten geneigt

### DACH

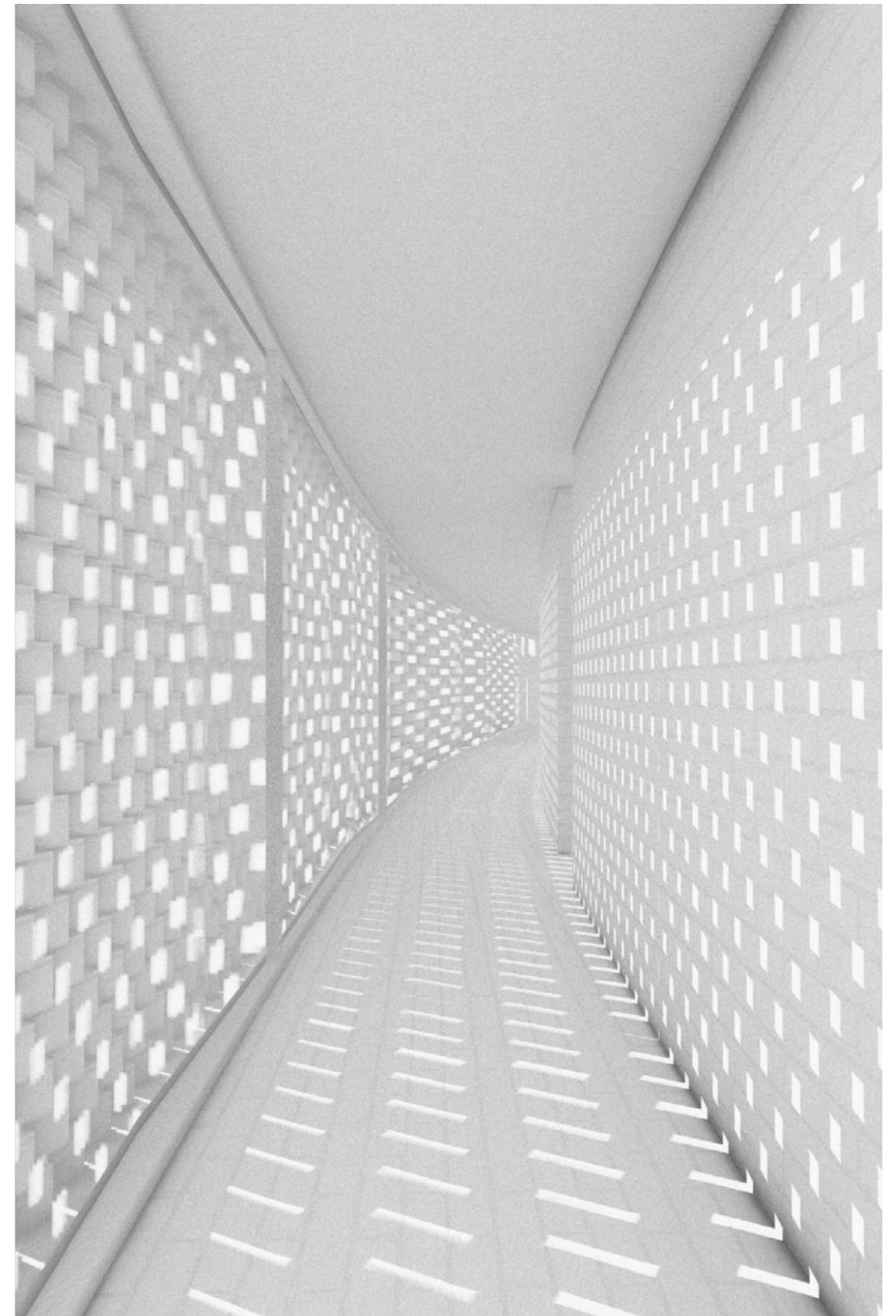
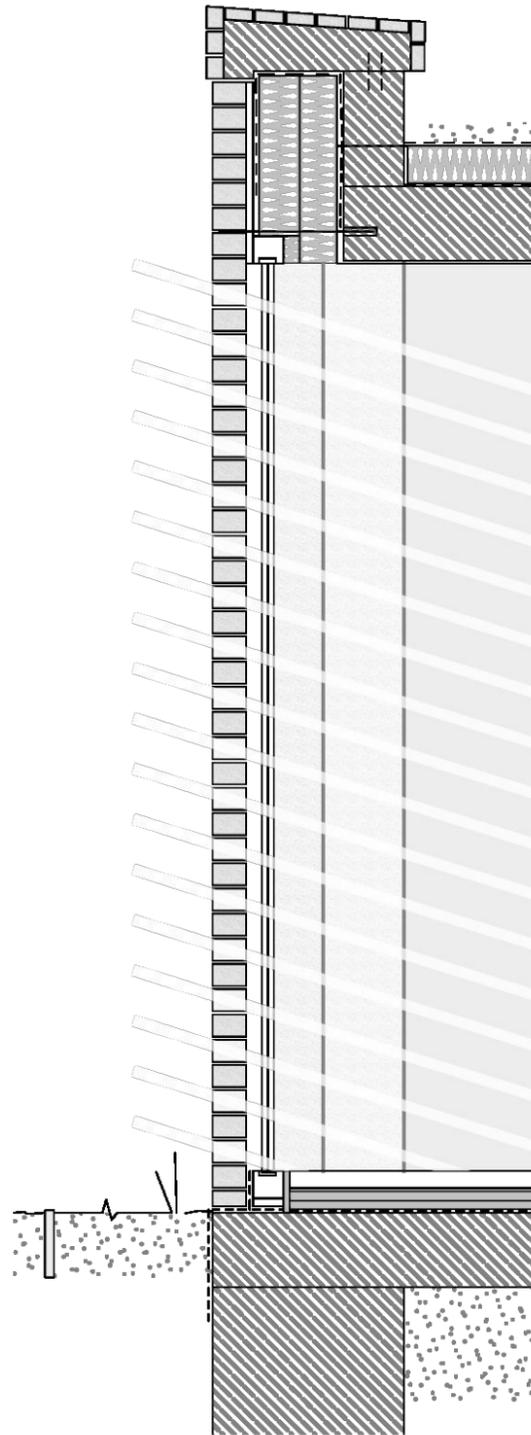
Kiesschüttung  
Filtervlies  
Abdichtung 2-Lagig  
Wärmedämmung  
Dampfsperre  
Trenn-/ Ausgleichsschicht  
Stahlbetondecke

### WAND

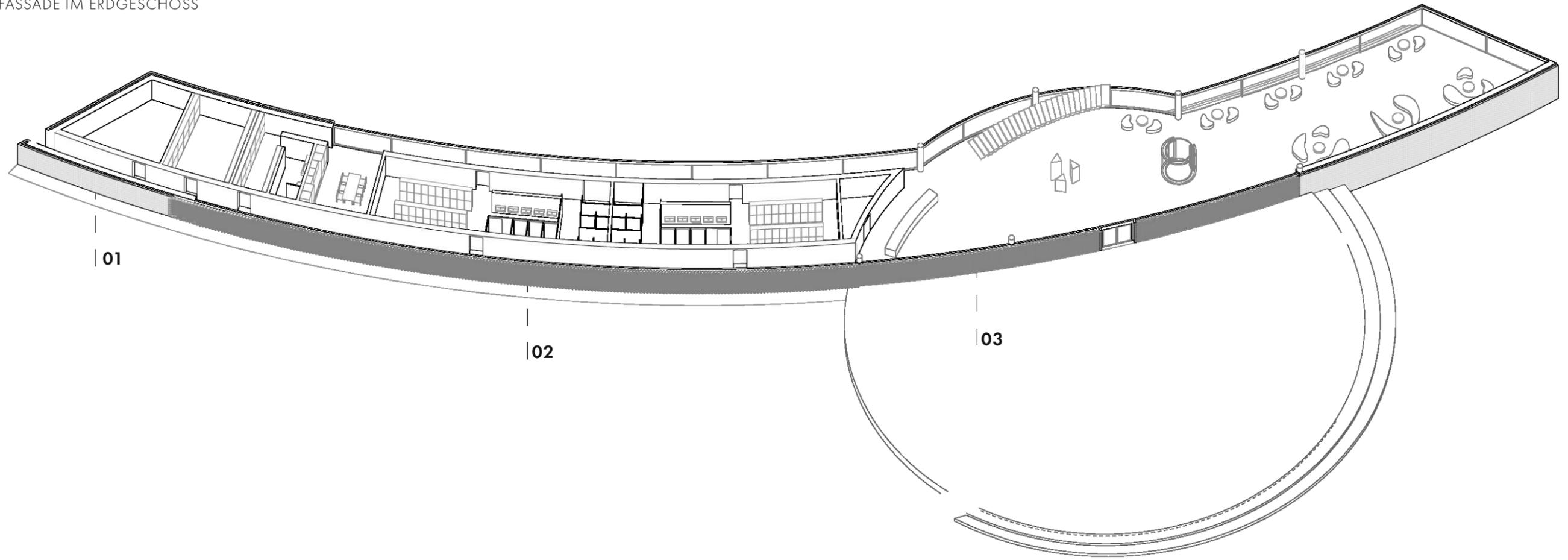
Klinkerstein (210 x 100 x 65 mm)  
Hinterlüftungsebene  
Raumhohes Fenster

### FUSSBODEN

Geschliffener Estrich  
Trennschicht  
Trittschalldämmung  
Dämmung  
Sperrschicht  
Tragende Stahlbetondecke



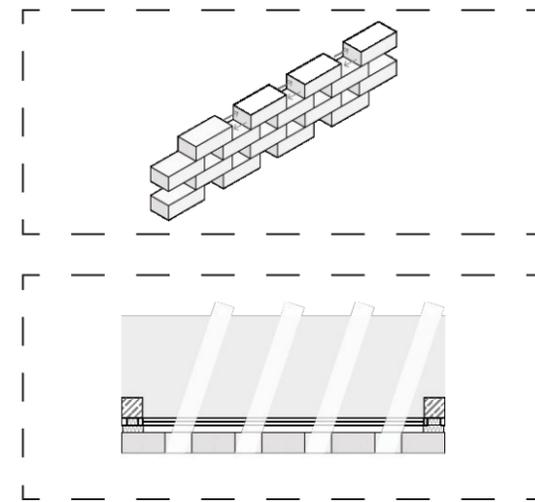
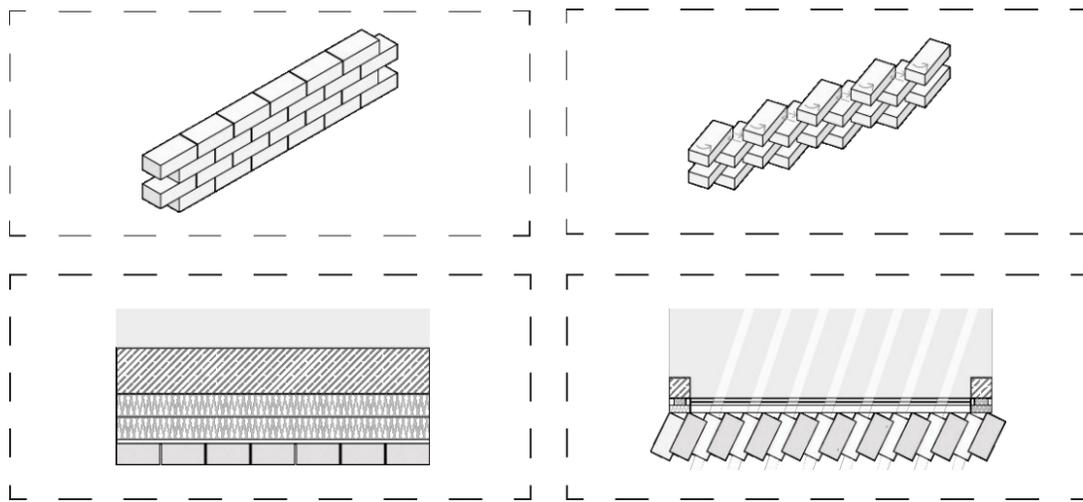
FASSADE IM ERDGESCHOSS



**01**  
Klinkerziegelwand ohne Lichtöffnungen

**02**  
Klinkerziegel gedreht mit schmalen Lichtöffnungen

**03**  
Klinkerziegel versetzt mit großen Lichtöffnungen



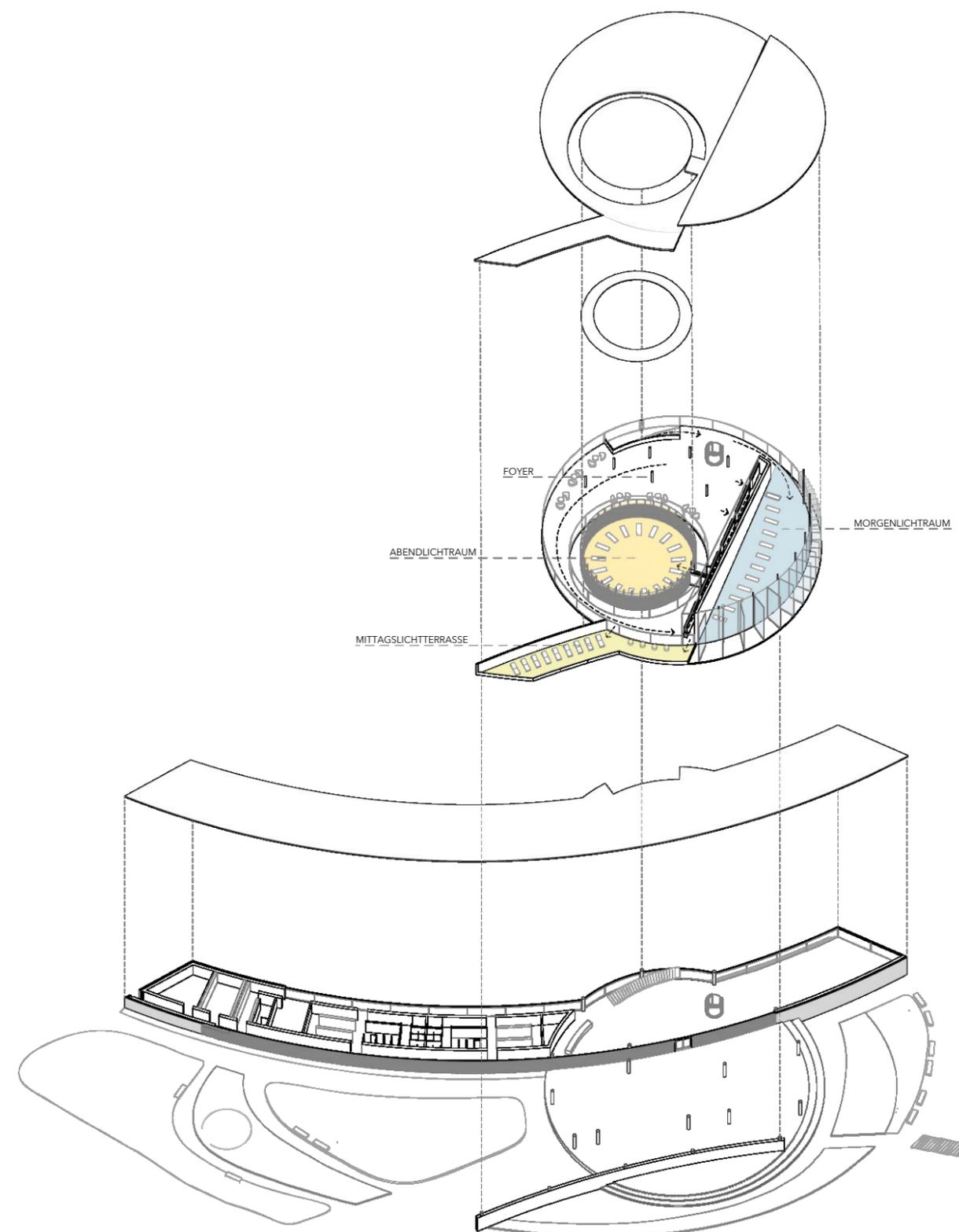
DETAIL KLINKERWAND  
Klinkerstein (210 x 100 x 65 mm)  
Zwischenraum (130x 65 mm)

DETAIL FASSADE  
Stahlbetonstützen (120 x 120 mm)  
im Raster der Fensterrahmen angeordnet  
Fenster  
Hinterlüftungsebene  
Klinkerstein (210 x 100 x 65 mm)

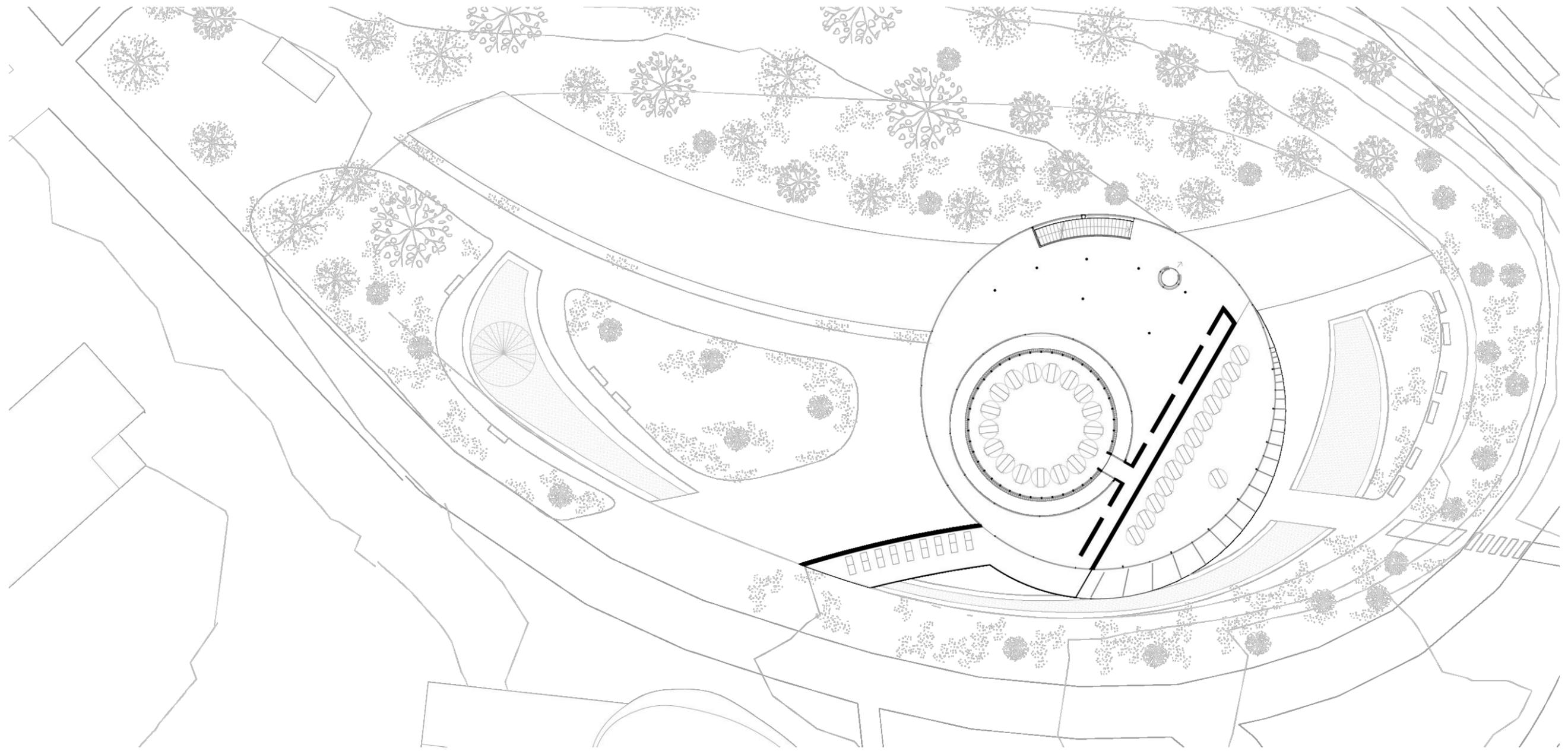
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.

## OBERGESCHOSS

Das Obergeschoss krönt nicht nur räumlich das Zentrum des Grundstückes, es ist auch nutzungsbezogen das Herzstück des Lichtzentrums. Hier befindet sich der Morgenlichtraum, die Mittagsterrasse und der Abendlichtraum. Das Obergeschoss bietet einen rundum Panoramablick. Die Treppe oder der Lift führen in das Foyer im Obergeschoss. Sitzgelegenheiten und ein wunderschöner Ausblick laden zum Verweilen vor und nach den Einheiten in den Lichträumen ein. Von der Treppe aus wird der Blick des Besuchers | der Besucherin der Glasfassade entlang geleitet. Vom Grünraum im Norden, über den Leopoldsberg wird der Besucher | die Besucherin langsam in den Morgenlichtraum geleitet und der Ausblick öffnet sich zu einem Panoramablick über Wien. Im Morgenlichtraum finden die Einheiten am Vormittag statt. Parallel zur Rückwand des Morgenlichtraumes verläuft ein Gang der zum Eingang des Abendlichtraums führt. Hierher können Besucher | Besucherinnen am Abend zum Entspannen kommen. Am Ende des Ganges befindet sich eine Auskragung ins Freie, die Mittagsterrasse. Besucher | Besucherinnen können hier vom späten Vormittag bis frühen Nachmittag die Sonne genießen. Von der Mittagsterrasse führt ein Gang mit beidseitiger Verglasung wieder zurück ins obere Foyer. Im folgenden Kapitel werden die Lichträume genauer erklärt.



OBERGESCHOSS



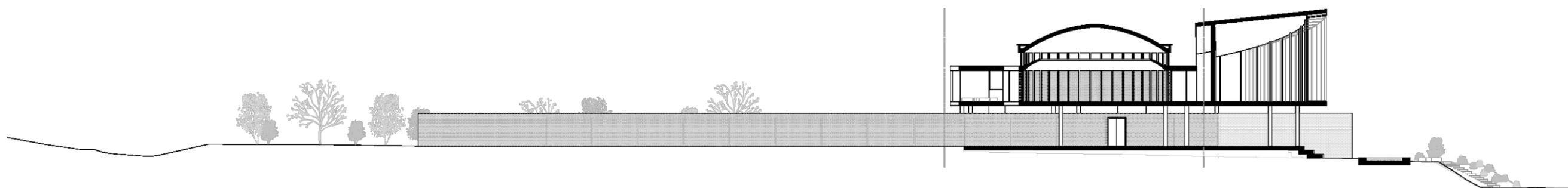
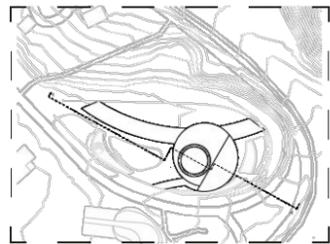
⌚ GRUNDRISS 1:400



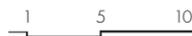
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
 The approved original version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.

LÄNGSSCHNITT WEST-OST



LÄNGSSCHNITT 1:400





# 07

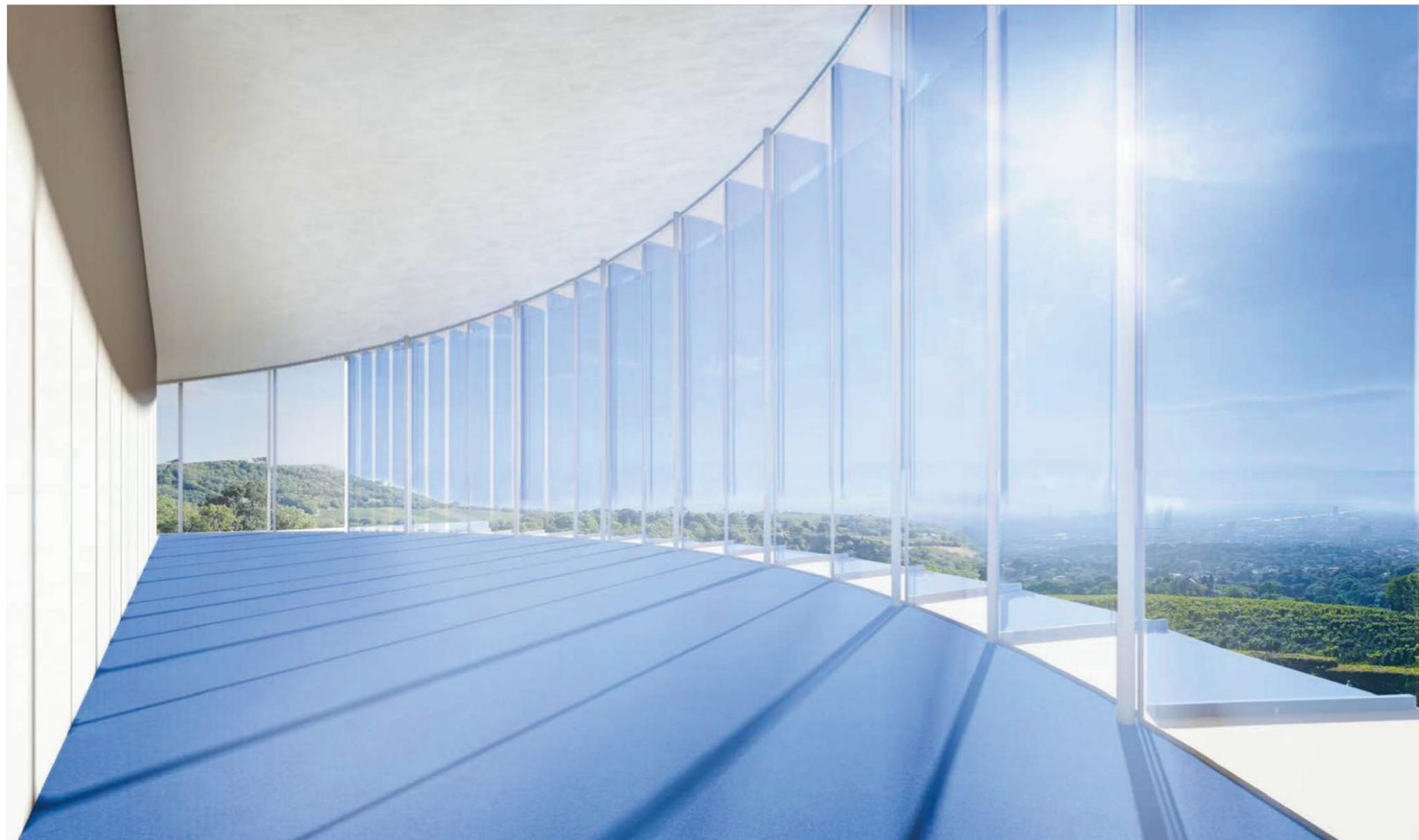
## LICHTRÄUME

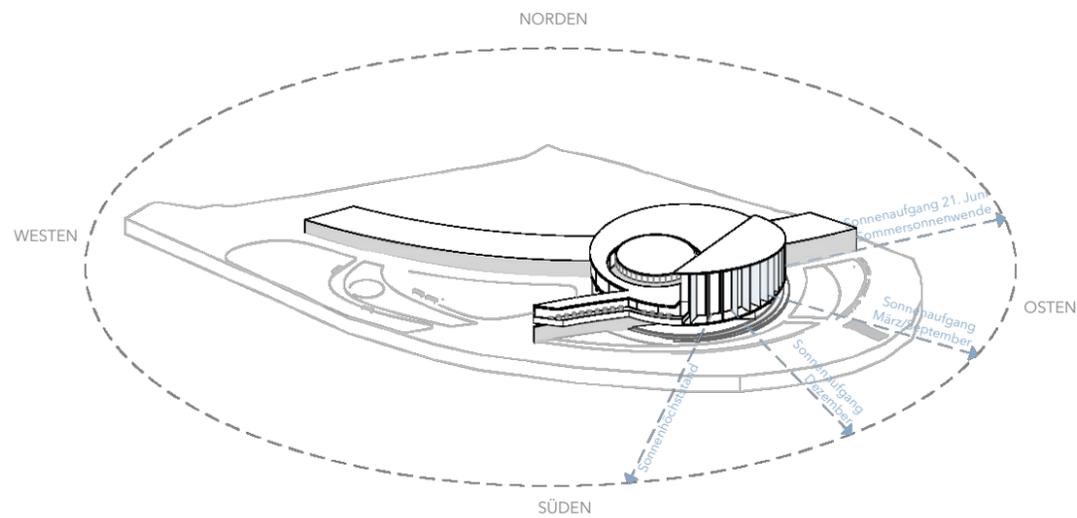
## 5



## MORGENLICHTRAUM

Der Morgenlichtraum dient dazu, den zirkadianen Rhythmus wieder ins Gleichgewicht zu bringen, genauer gesagt unseren Tagesrhythmus zu stimulieren. Der Raum wurde basierend auf den Erkenntnissen entwickelt, dass Vormittags bis zum frühen Nachmittag die Helligkeit und auch der Blauanteil im Sonnenlicht sehr hoch ist. Dies wirkt auf die Fotorezeptoren in unseren Augen und hemmt die Melatoninausschüttung. Gleichzeitig wird die Freisetzung von Cortisol und Serotonin in unserem Körper gefördert. Diese Hormone sorgen für einen aktiven, leistungsfähigen und positiven Zustand unseres Körpers und unserer Psyche. Blaues Glas oder kunstlicht mit hoher Lichtstärke und einem hohen Blauanteil können dem Auge ebenso einen Tag vorgespielen, was die genannten biologischen Impulse stimuliert. Besucher|Besucherinnen kommen am Vormittag für eine 60-90 minütige Sport oder Yoga Einheit in den Morgenlichtraum, um ihren Körper zu aktivieren und Energie aufzuladen. Ein regelmäßiger Besuch am Vormittag führt zu einem wacheren und fitteren Zustand, mehr Leistungsfähigkeit, verbesserte Stimmung und Schlaf.

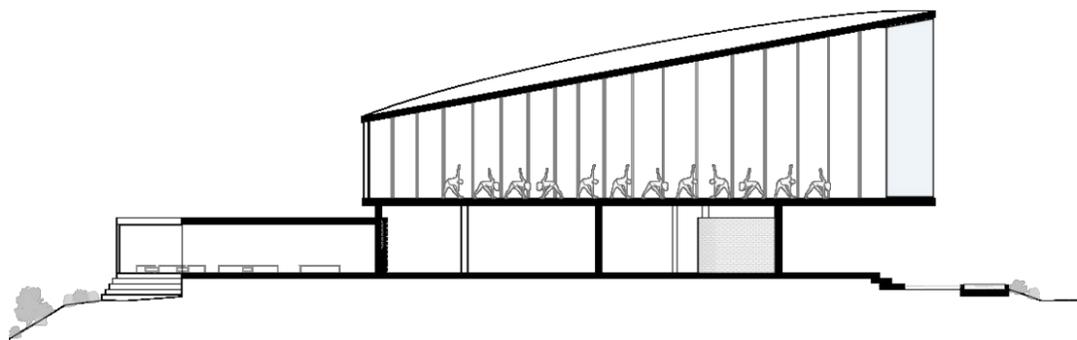




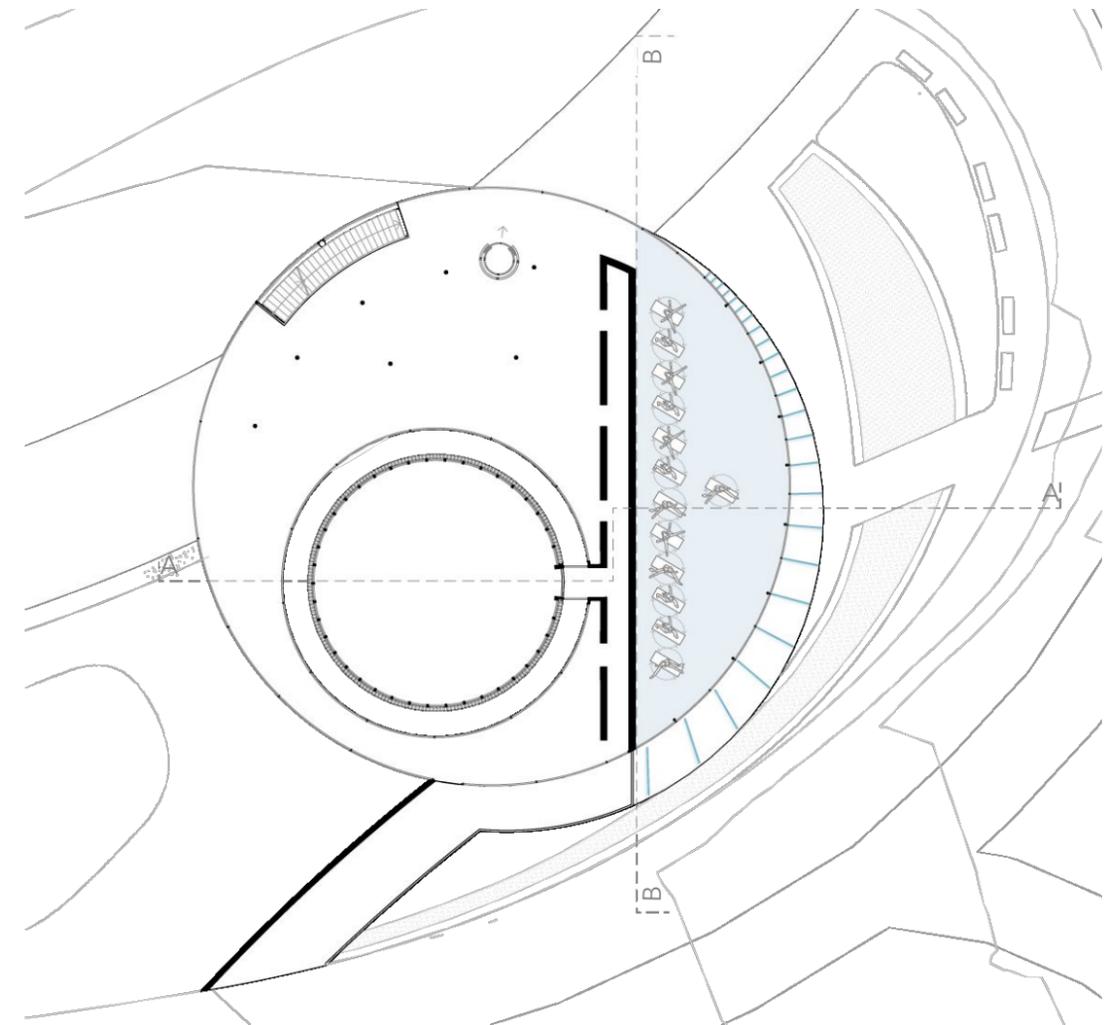
### ARCHITEKTONISCHE ENTWICKLUNG

Der Verlauf der Morgensonne spiegelt sich in der Gestaltung und Ausrichtung des Morgenlichtraumes wieder. Die Sonne geht im Osten auf und wandert im Laufe des Vormittages Richtung Süden. Die Sommersonnenwende am 21. Juni zeigt ein Maximum bei dem die Sonne 55° Nordöstlich aufgeht. Das zweite gesetzte Maximum ist bei 180° der tägliche Sonnenhöchststand um etwa 13 Uhr. Innerhalb dieser beiden Maxima wandert die jährliche Morgensonne. Um den Besucher|die Besucherin zu jeder Jahreszeit die optimale Ausrichtung zur Morgensonne zu garantieren

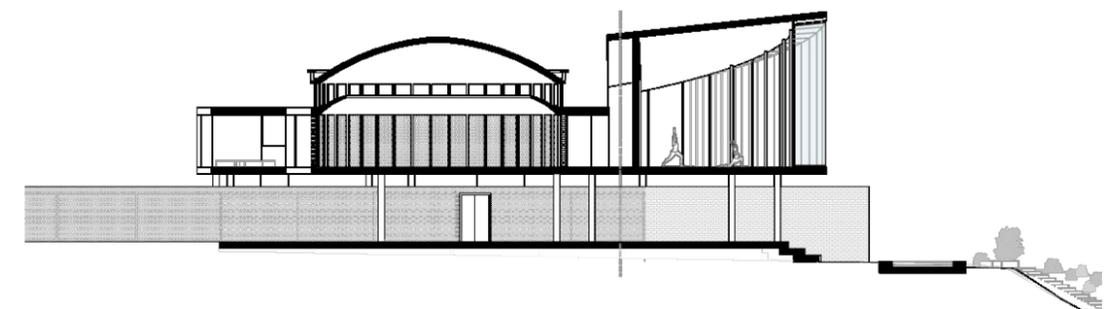
wurde die Rückwand des Morgenlichtraumes im rechten Winkel zur Mittellinie der beiden Maxima gesetzt. Kommt der Besucher|die Besucherin vom oberen Foyer in den Raum öffnet sich dieser mit einer großen vollverglasten Frontfassade zu einem Panoramablick über Wien. Diese Glasfassade krümmt sich konkav zur Landschaft und ist gemäß dem Sonnenverlauf der Morgensonne nach Süd-Osten ausgerichtet. Der Morgenlichtraum verfolgt ein extrovertiertes Raumgefühl, welches positiv auf die Aktivität des Besuchers|der Besucherin wirkt.



SCHNITT B 1:400



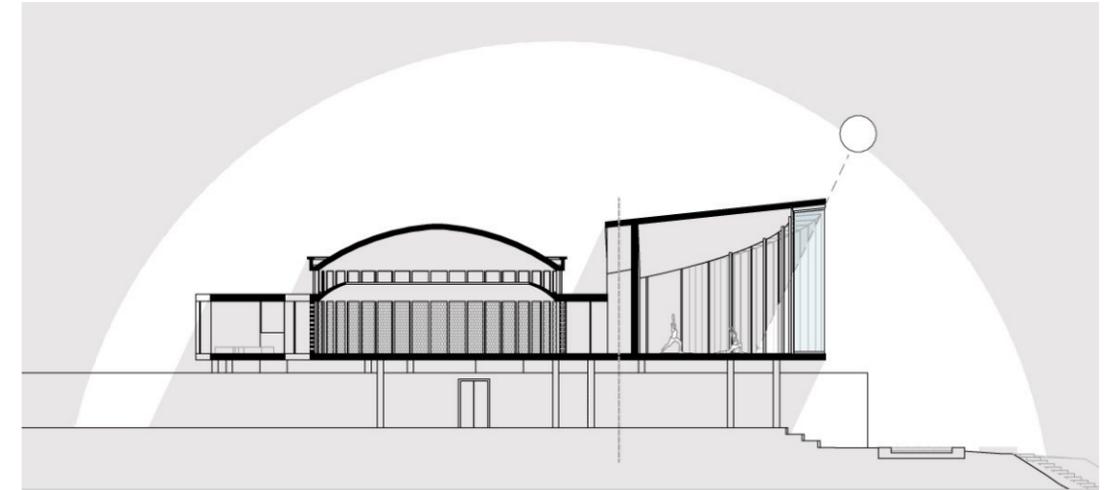
GRUNDRISS MORGENLICHTRAUM 1:400



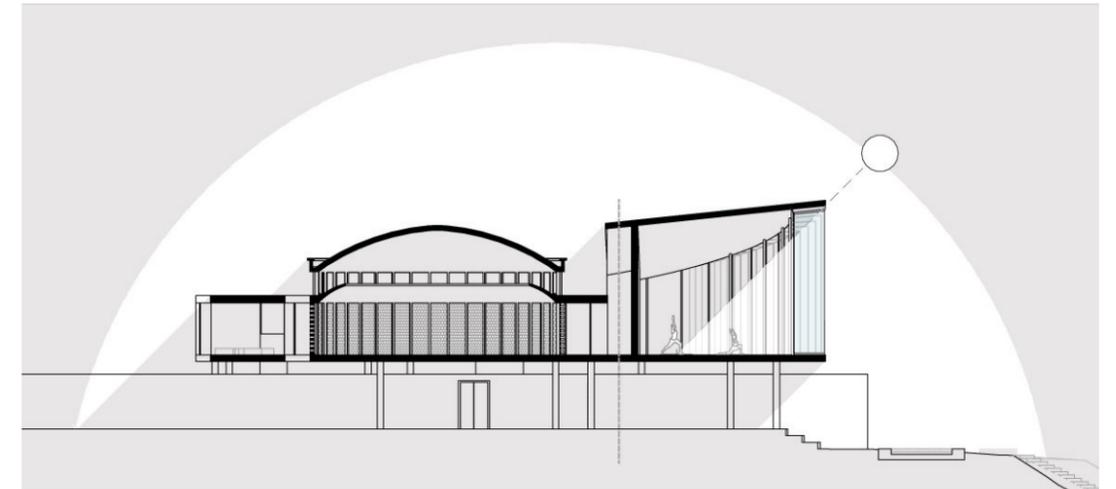
SCHNITT A 1:400

## SONNENEINFALL

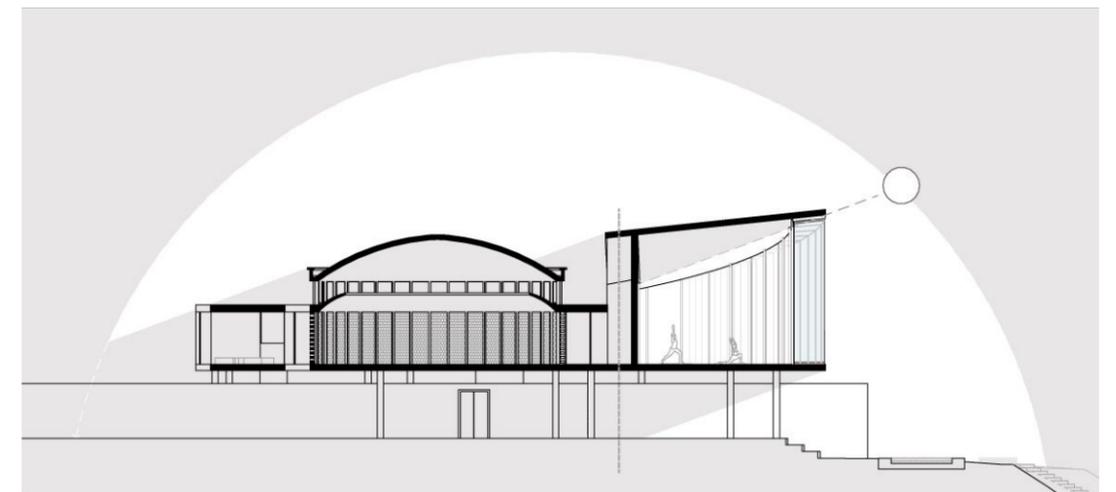
Während des Verlaufs der Sonne von Osten nach Süden, steigt der Winkel der Sonnenstrahlen zur Erde immer höher, von 0-65 Grad. Zu Mittag erreicht sie ihren Höchststand. Um den Sonneneinfall des Vormittags bestmöglich einzufangen wurde das Dach gemäß dem Einfallswinkel geneigt. Die Raumhöhe und die Frontglasscheiben werden Richtung Süden immer höher, um auch die steil einfallenden Sonnenstrahlen einzufangen. So entsteht ein Raum mit maximaler Exposition gegenüber der Morgensonne bis zum täglichen Höchststand der Mittagssonne. Diese gezielte Architektur macht es für den Besucher | die Besucherin möglich, durch die optimale Exposition, die Ausschüttung von Cortisol und Serotonin zu unterstützen.



SOMMER SONNENHÖCHSTSTAND 65 GRAD



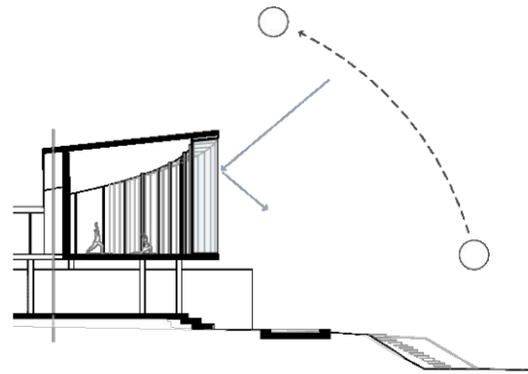
FRÜHLING + HERBST SONNENHÖCHSTSTAND 45 GRAD



WINTER SONNENHÖCHSTSTAND 20 GRAD

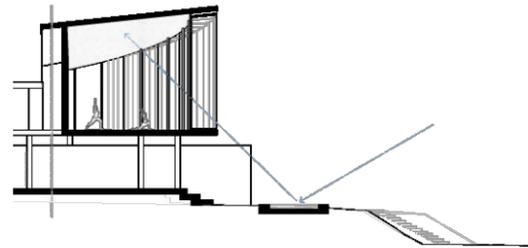
BESCHATTUNG

Um einer Überhitzung des Innenraumes aufgrund der exponierten süd-östlichen Glasfläche, vorzubeugen, werden geschosshohe Beschattungselemente eingesetzt. Das System besteht aus steuerbaren vertikalen Ganzglas-Lamellen, welche automatisch auf die aktuelle Wetterlage reagieren und die Sonne und Wärme an zu heißen Tagen aus dem Raum blocken können. Die rahmenlosen Glaslamellen sind zu 60 Prozent blau bedruckt für einen gleichmäßigen guten Blendschutz als auch freie Durchsicht. So bleibt das Raumgefühl und der Panoramablick für den Besucher erhalten. Trotz der Filterung des Sonnenlichts wird durch das blau gefärbte Glas der melanopische Prozess unterstützt, sprich die Serotonin und Cortisol Ausschüttung angeregt.



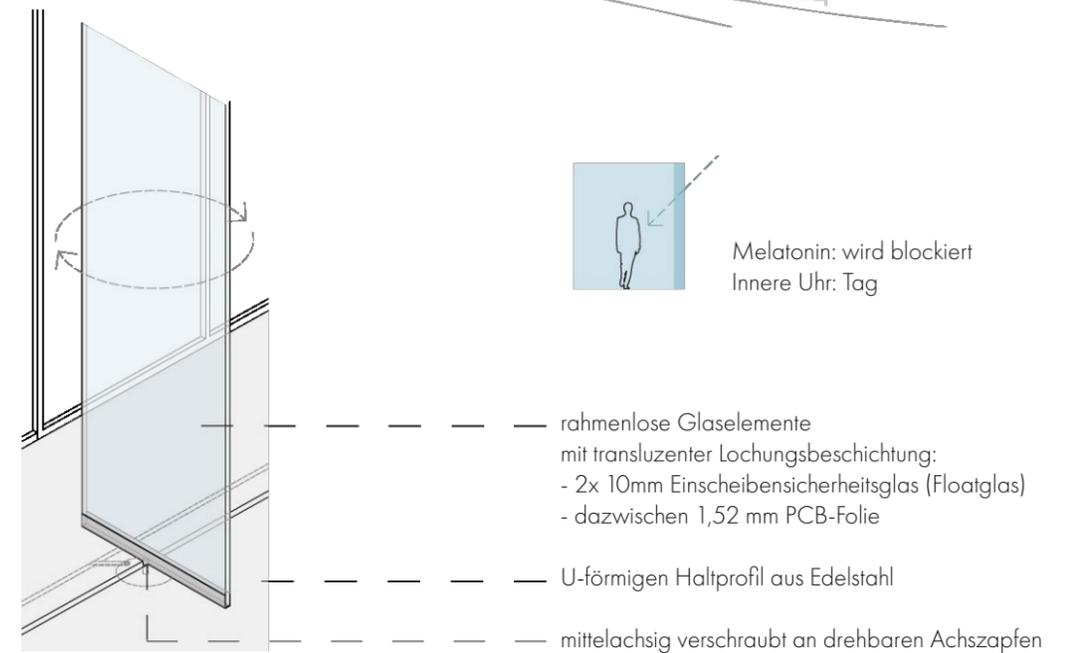
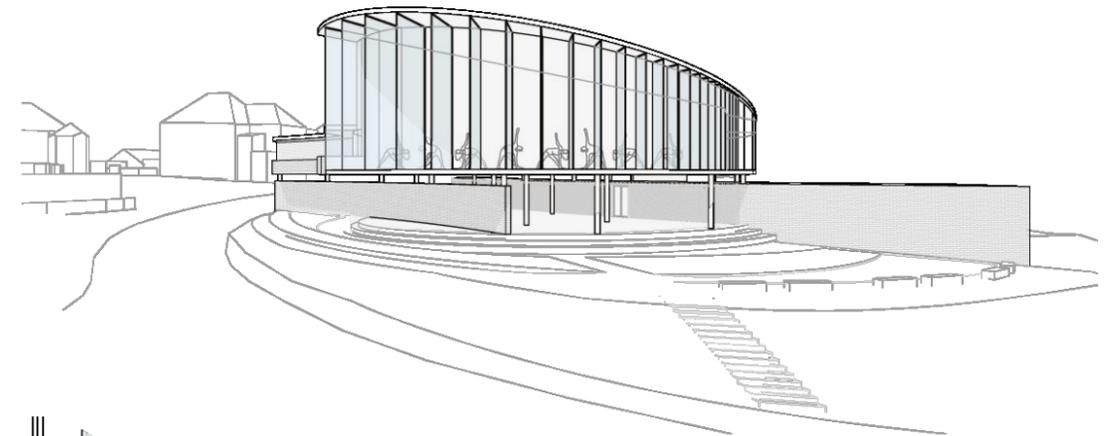
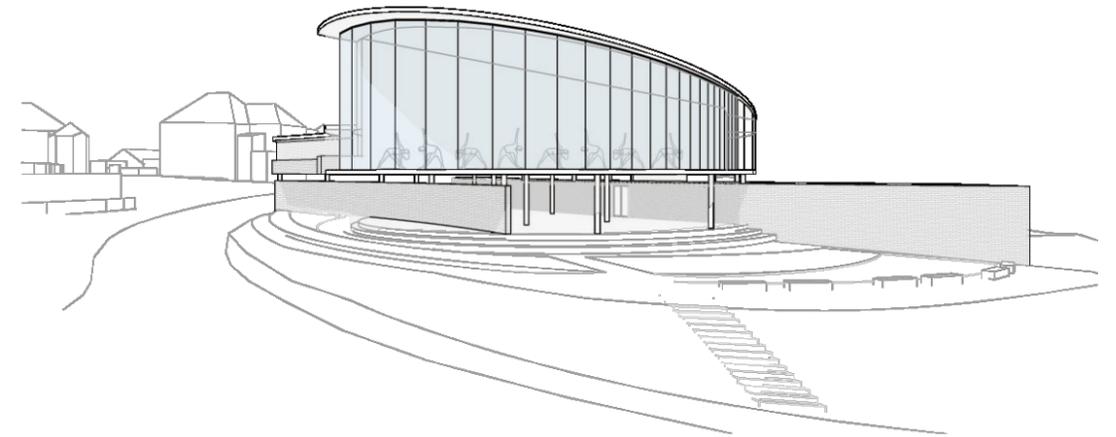
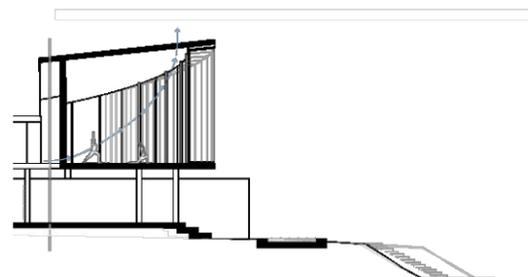
REFLEXION

Ein Wasserspiel, welches sich rundum das Gebäude zieht, ist so positioniert, dass die Sonnenstrahlen von der Wasseroberfläche in den Morgenlichtraum reflektiert werden. Die unebene Oberfläche im Wasserbecken lässt die Sonnenstrahlen unterschiedlich brechen, so ergibt sich ein dynamisches Lichtspiel, welches für eine wohlfühlende Atmosphäre sorgt.



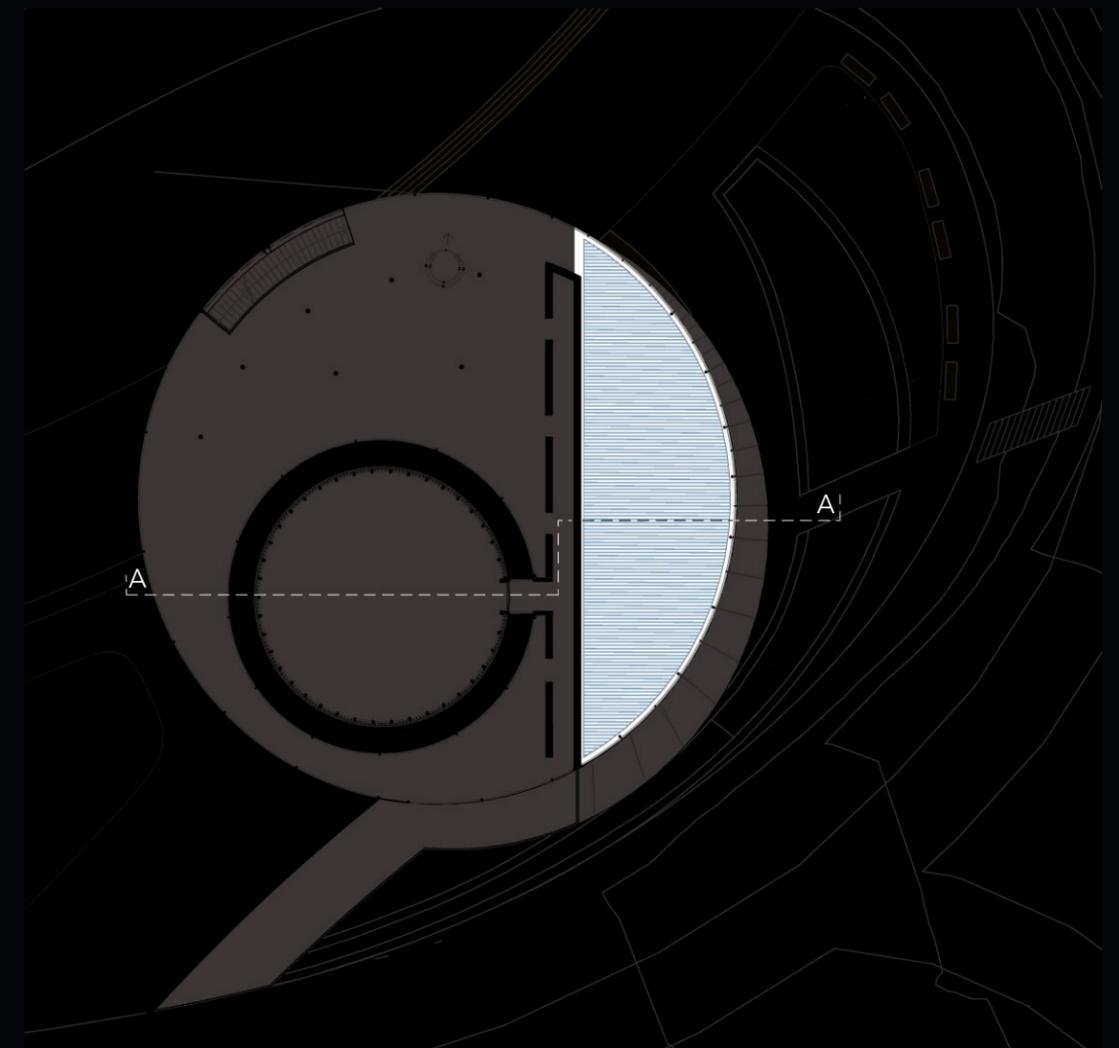
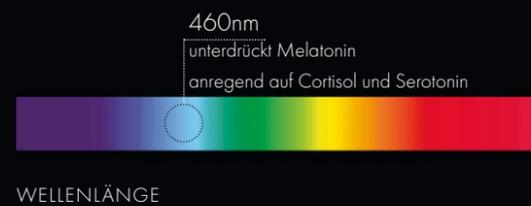
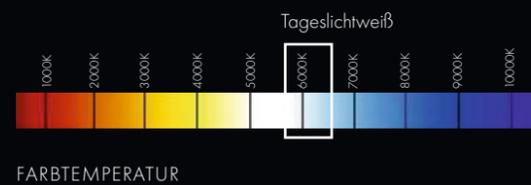
LÜFTUNG

Die hohe Raumhöhe ermöglicht ein Querlüftungssystem indem durch einen bodennahen Einlass, kalte Luft vom Gang angesaugt wird. Während die warme aufsteigende Luft durch einen Auslass in der Decke abgeführt wird. Die enormen Raumhöhen schützen somit auch vor Überhitzung an heißen Sommertagen.

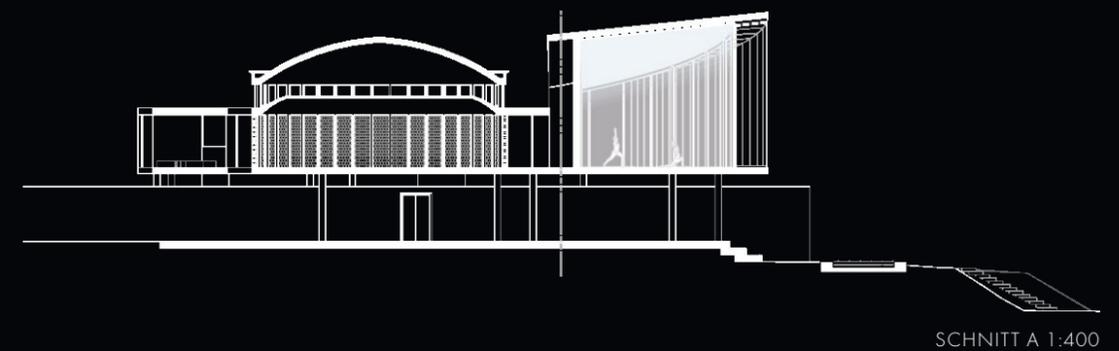


## KUNTLICHT

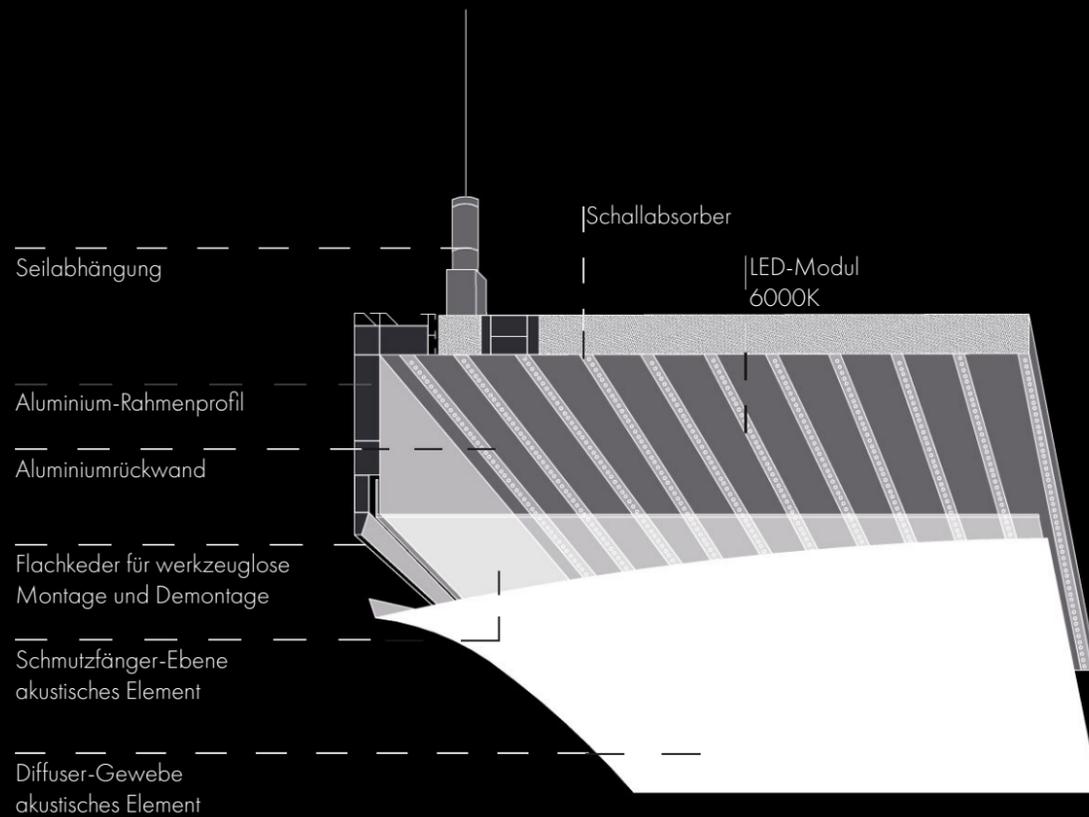
Als Kunstlichtergänzung an trüben Tagen wurde eine LED Licht- und Akustikdecke eingesetzt. Die eingebauten LEDs erzeugen ein Licht, welches dem natürlichen Tageslicht sehr nahe kommt. Die hohe Lichtstärke und die Farbtemperatur von 5700 - 6500K, welche einen hohen Anteil an kurzen Wellenlängen mit 460 nm hat, aktivieren die melanopische Wirkung des menschlichen Auges. Die Lichtdecke mit LED Leuchten sorgen für eine homogene Raumausleuchtung so trifft Licht im optimalen Winkel von bis zu 45° auf das Auge, wodurch der melanopische Prozess erfolgen kann. Um eine gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes zu erhalten wurde eine regelmäßige Rasteranordnung der LED Leuchten gewählt. Das Raster der LEDs verläuft über die kurze Raumseite. Zugleich ist durch die großen hellen Wandflächen genügend Reflexionsfläche gegeben um den Raum ausreichend und gleichmäßig zu beleuchten.<sup>1</sup>



DECKENSPIEGEL MORGENLICHTRAUM 1:400



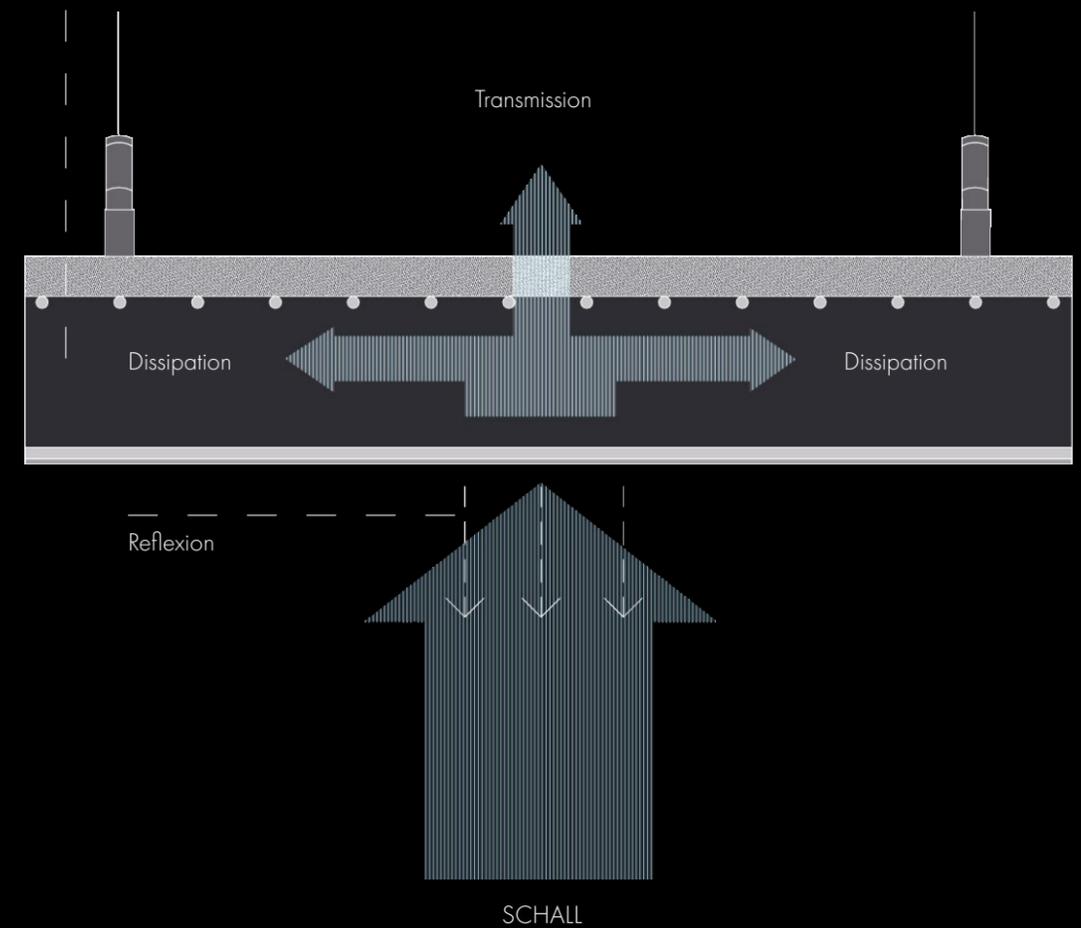
## DETAIL LED LICHT- UND AKUSTIKDECKE



Die LED Licht- und Akustikdecke ist eine speziell angefertigte Gewebedecke mit einem Aluminiumrahmen. Das Unikat hängt an einer Seilabhängung von der Decke. Die Decke ist in Felder aufgeteilt, welche zu Wartungszwecken jederzeit geöffnet werden können. Es ist mit LED Leuchten der Leistung bis zu 217 W/m<sup>2</sup> ausgestattet, welche über drahtlose Verbindungen steuerbar und dimmbar sind. Unter den Leuchtelemente be-

findet sich eine Schmutzfängerebene zur Vermeidung von sichtbaren Schattenfragmenten bei Insekten- oder Staubeintritt. Das Element ist mit einem lichtdurchlässigen und nicht brennbaren Stoff aus UV-resistentem Polyestergewebe bespannt. Das LED Backlit-Konzept sorgt für eine homogene Ausleuchtung bis in die Ecken und Randbereiche.<sup>1</sup>

## LICHTDECKENELEMENT



Zur Reduktion von Schall sind drei reduzierende Komponenten in das Lichtdeckenelement eingebaut: Diffuser-Gewebe, Schmutzfänger-Ebene und ein Schallabsorber. Diese Elemente wirken einem Echo entgegen und senken den Lärmpegel. Dadurch entsteht ein angenehmes Raumgefühl und die Konzentrationsfähigkeit wird nicht beeinflusst.<sup>1</sup>



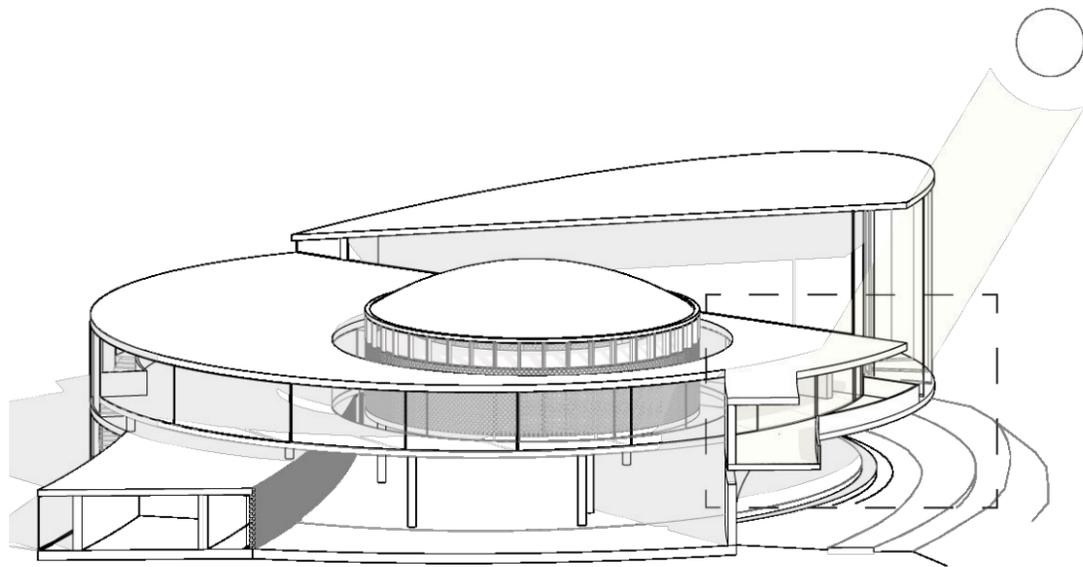
EINGANG MORGENLICHTRAUM

## 2

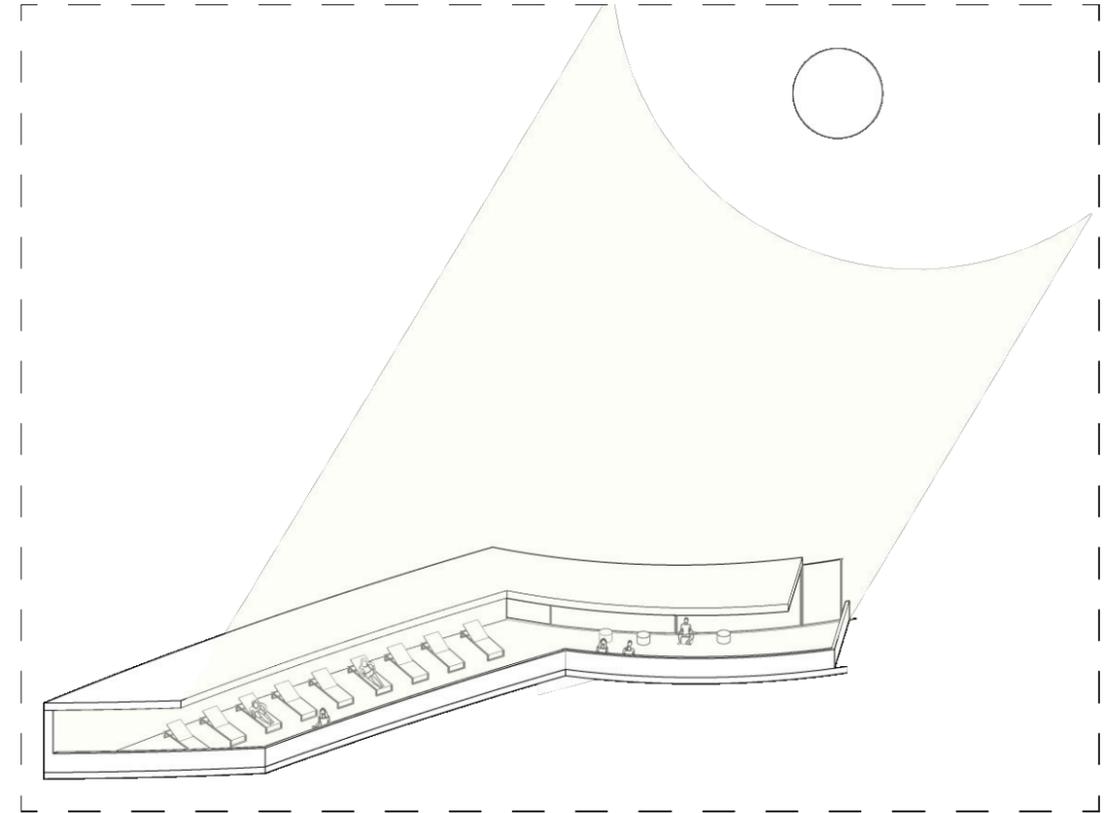
 MITTAGSLICHTTERRASSE

Die Mittagslichtterrasse wurde geplant um die Eigensynthesen des Körpers die durch Sonnenlicht angeregt werden zu unterstützen. Sonnenlicht setzt Stickoxide im Körper frei und wirkt Blutdruck senkend. Die UVB-Strahlung im Sonnenlicht regt die Bildung von Melanin an und verbessert so den körpereigenen Sonnenschutz. Die UVB-Strahlung aktiviert die weißen Blutkörperchen, was unsere Abwehrkräfte stärkt. Mit UVB-Strahlung kann in unserem Körper die Vitamin D Synthese erfolgen. Während 5-25 Minuten Exposition von einem Viertel der Hautoberfläche in der Sonne kann der Vitamin D Speicher aufgefüllt werden. Da Glas 95% der UVB-Strahlung filtert sind diese Synthesen im Innenraum beinahe unmöglich. Aus diesem Grund wurde im Entwurfskonzept ein Aussenraum, die Mittagslichtterrasse integriert. Besucher|Besucherinnen können eine Entspannungspause mit Blick zur malerischen Aussicht über Wien auf der Mittagslichtterrasse genießen und gleichzeitig ihren Körper etwas gutes tun.



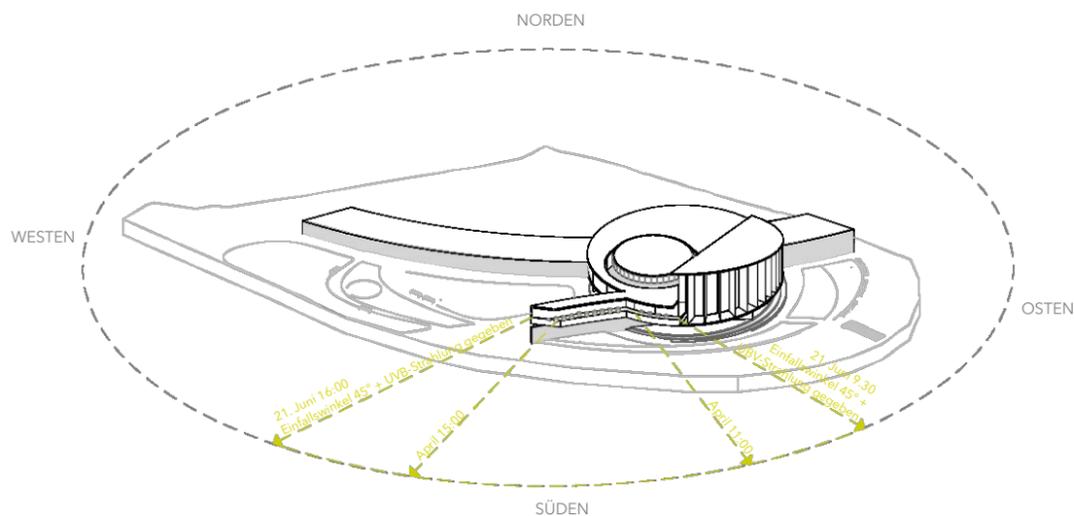


SCHNITTAXONOMETRIE MITTAGSLICHTTERRASSE



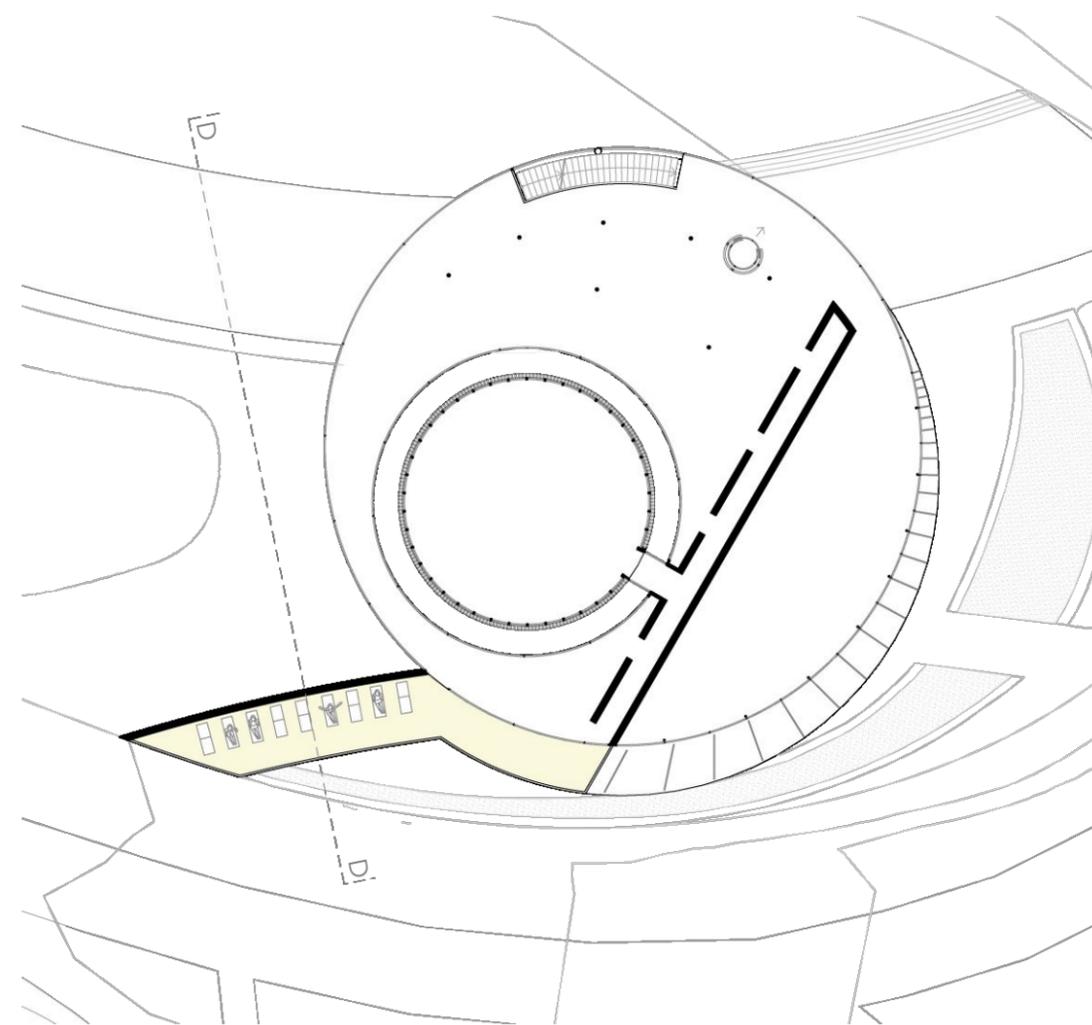
AXONOMETRIE DARSTELLUNG MITTAGSLICHTTERRASSE

RÄUMLICHE AUSRICHTUNG NACH DER SONNE

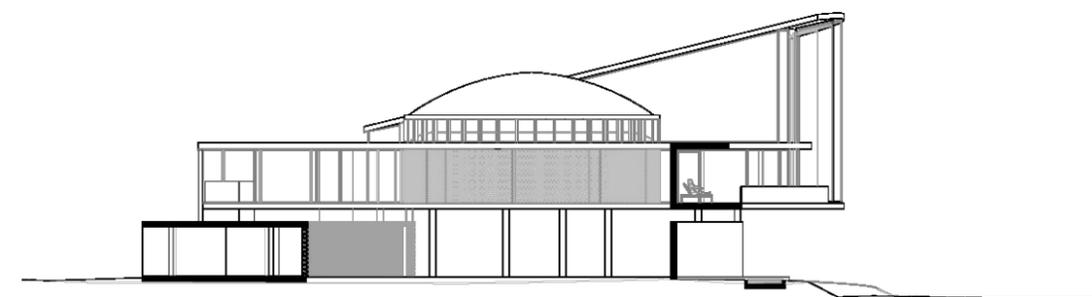


ARCHITEKTONISCHE ENTWICKLUNG

Die Mittagslichtterrasse ist ein auskragender gedeckter Balkon im ersten Obergeschoss des Lichtzentrums. Erschlossen ist er von Osten über den langen Lichtgang der parallel zur Rückwand des Morgenlichtraumes verläuft und von Westen über den Panoramaglasgang des oberen Foyers. Die Ausrichtung nach Süden ermöglicht eine optimale Expositionierung der Mittagssonne. Im Breitengrad von Wien sind vor allem die Sonnenstrahlen von April bis September zwischen 11 und 15 Uhr von großem Nutzen. In diesem Zeitraum ist ein Einfallswinkel der Sonnenstrahlen von über 45° gegeben. Erst ab diesem Einstrahlungswinkel kann genügend UVB-Strahlung bis zur Erdoberfläche gelangen. Die Vitamin D Gewinnung ist besonders in den Frühling- und Herbstmonaten wichtig. Aus diesem Grund wurden die Wettereinflüsse bei der Ausrichtung und architektonischen Entwicklung berücksichtigt.



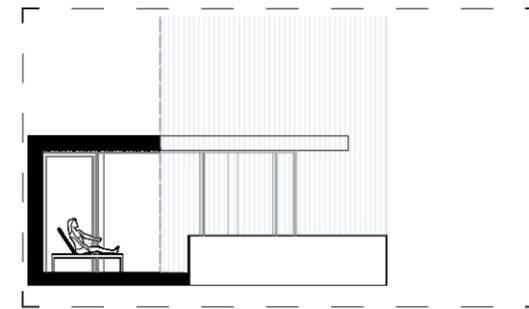
GRUNDRISS MITTAGSLICHTTERRASSE 1:400



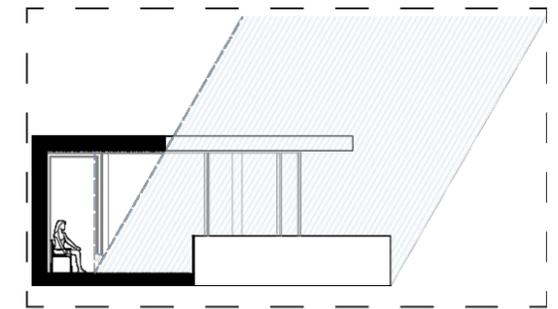
SCHNITT A 1:400

WETTEREINFLÜSSE

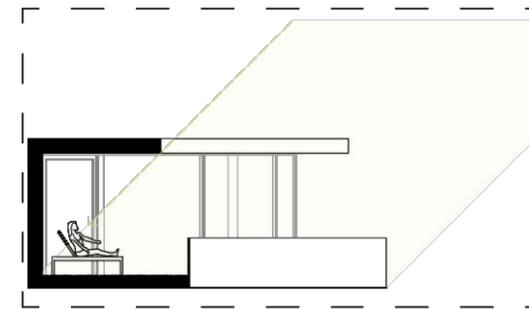
An windigen Tagen bietet die Rückwand Schutz vor Nordwest-Winden die am Cobenzel am häufigsten vorkommen. Vor Ostwind bietet der Morgenlichtraum schutz. Wolken schwächen die UVB-Strahlung nur sehr wenig ab, das bedeutet auch an bewölkten oder sogar regnerischen Tagen könnte Vitamin D gewonnen werden. Ein Vordach ermöglicht auch an diesen Tagen ein angenehmes Verweilen auf der Mittagslichtterrasse. Das Vordach wurde normgerecht ausgeführt: mit einer Tiefe die mindestens der halben Raumhöhe entspricht. Sowie einem Überdachungswinkel von 30°, was in der Regel dem maximalen Einfallswinkel des Regens entspricht. Eine bewegliche Möblierung ermöglicht es dem Besuche|der Besucherin unter dem Vordach im trockenen zu sitzen. Kommen die Sonnenstrahlen in einem sehr steilen Winkel von 60-65° so treffen die Sonnenstrahlen nicht direkt bis an die Rückwand. Die rauhen hellen Oberflächen der Decke und des Bodens reflektieren das Sonnenlicht. So können die Besucher|die Besucherinne auch indirekt in jeder Position bestrahlt werden.



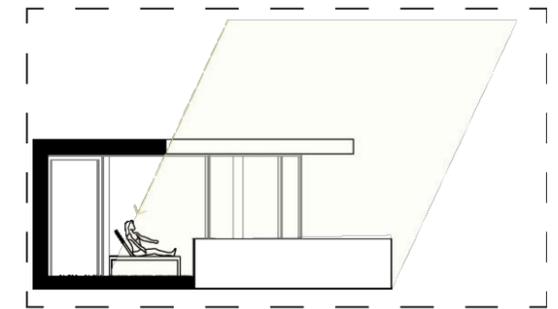
Das Vordach schützt bei leichtem Regen:  
Die Liegefläche im trockenen Bereich verringert sind kaum.



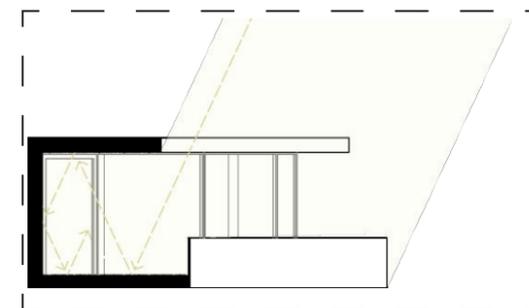
Das Vordach schützt bei starkem Regen:  
Die Liegefläche verringert sich. Das Möbelstück kann getauscht werden.



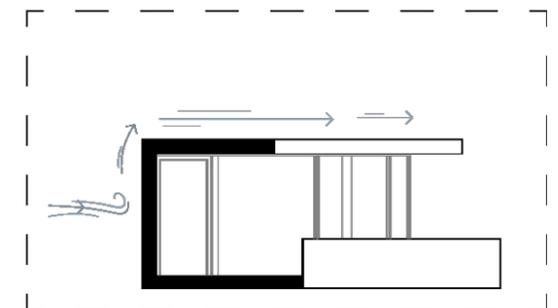
Einfallswinkel 45°  
Die Sonnenstrahlen gelangen bis zur Rückwand des geschützten Balkones.



Einfallswinkel 65°  
Bewegliche Sitzmöbel ermöglichen bei steilen Einfallswinkel der Sonnenstrahlen eine Ganzkörper Exposition



Reflexionsflächen: raue helle Oberflächen an Boden, Decke und Brüstung



Rückwand schützt vor Wind



AUSBLICK MITTAGSLICHTTERRASSE

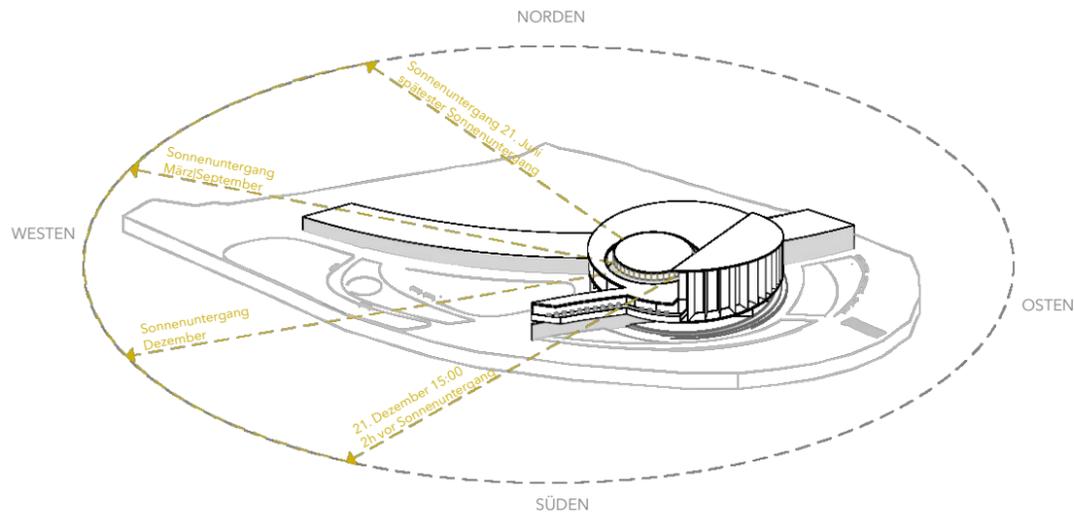
## 3


 ABENDLICHTRAUM

Der Abendlichraum dient dazu, den zirkadianen Rhythmus wieder ins Gleichgewicht zu bringen, genauer gesagt unseren Nachtrhythmus zu stimulieren. Der Raum wurde basierend auf den Erkenntnissen entwickelt, dass Licht mit einer Wellenlänge von über 570nm eine anregende Wirkung auf die Melatonin Produktion hat. Dieses Hormon lässt den Körper zur Ruhe kommen und sorgt für unsere nächtliche Erholungsphase. Gelb-Oranges Glas oder kunstlicht mit schwacher Lichtstärke und einem hohen Gelb-Oranganteil kann dem Auge eine Nacht vorgespielen, was die genannten biologischen Impulse stimuliert.

Besucher | Besucherinnen kommen am Abend für eine 30-60 minütige Meditations oder Yoga Einheit in den Abendlichraum, um ihren Körper runterzufahren und sich zu entspannen. Ein regelmäßiger Besuchen des Abendlichtraums führt zu einem tieferen und erholsameren Schlaf, sowie zu einer verbesserten Stimmung und Wohlbefinden.

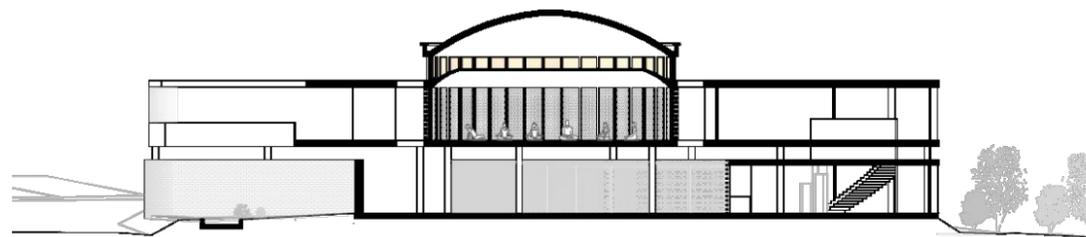




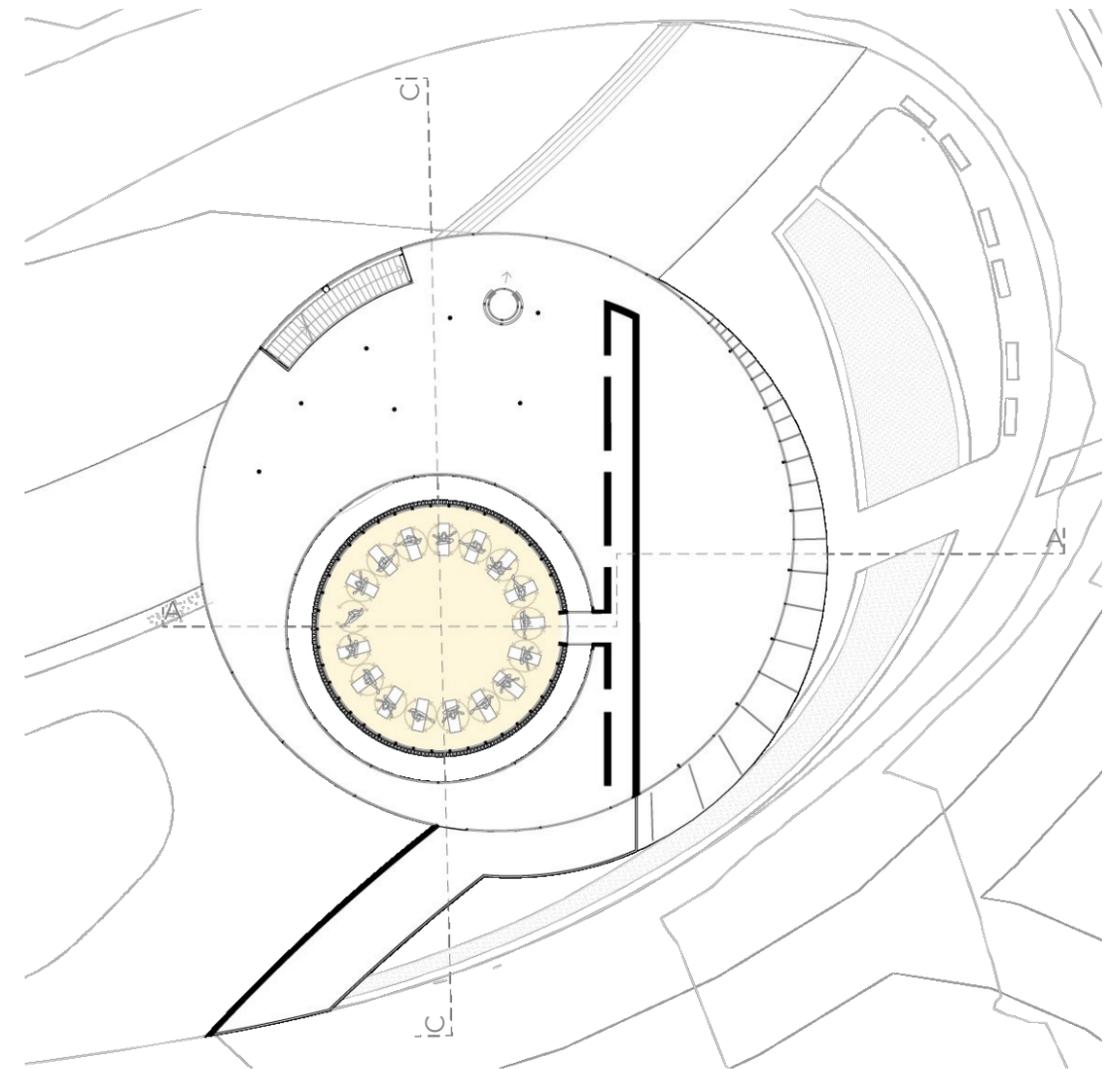
### ARCHITEKTONISCHE ENTWICKLUNG

Der Abendlichtraum ist sozusagen das Gegenspiel des Morgenlichtraumes. Es ist ein Raum zum Meditieren und entspannen und verfolgt daher ein introvertiertes Raumgefühl. Außerdem erstrahlt der Raum erst mit dem warmen Licht der Abendsonne in seinem vollen Glanz. Die früheste Abendsonne ist am 21. Dezember ab 15 Uhr zu sehen, hier steht die Sonne 207° Südwestlich. Der späteste Sonnenuntergang ist zur Sommersonnenwende am 21. Juni um 21 Uhr, hier steht die Sonne bereits 308° Nordwestlich. Innerhalb dieser beiden Maxima wandert die jährliche Abendsonne und neigt sich täglich bis zum Sonnenuntergang. Der in sich zentrierte Raum liegt freistehend im Herzen des Gebäudes. Ein Luftraum grenzt den Raum räumlich vom oberen Foyer ab. Diese Distanz lässt neugierige Blicke vom

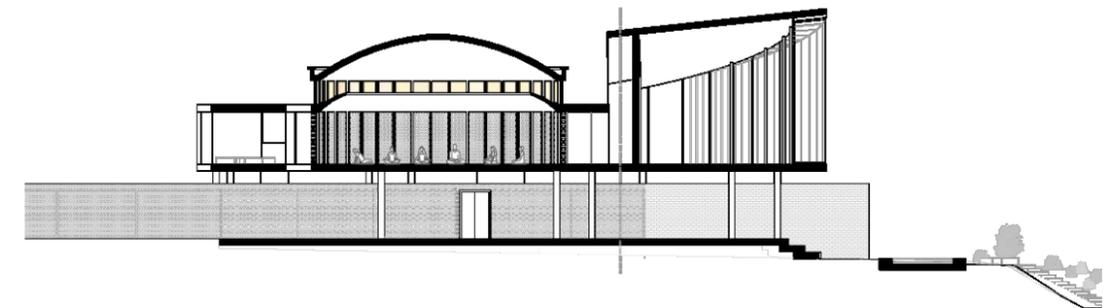
transparenten gläsernen Gang des Foyers auf die spannende perforierte Fassade des Abendlichtraumes zu. Der Besucher | die Besucherin kann den Trubel und die Sorgen des Tages im Foyer zurücklassen und läuft den langen hohen Gang an der Rückseite des Morgenlichtraumes entlang, bis zu einer Brücke, welche in Richtung des Sonnenuntergangs nach Westen in den Abendlichtraum führt. Der kreisförmige Grundriss zentriert sich unter einer Kuppel. Für eine meditative Stimmung sorgt das natürliche Licht, welches durch die perforierte Außenwand fällt, sowie der Fensterkranz unterhalb der Kuppel. Dieses Fensterband hat gelb, orange und rot eingefärbte Gläser, durch welche ein Sonnenuntergang ähnliches Lichtspiel in die Kuppel strahlt.



SCHNITT C 1:400



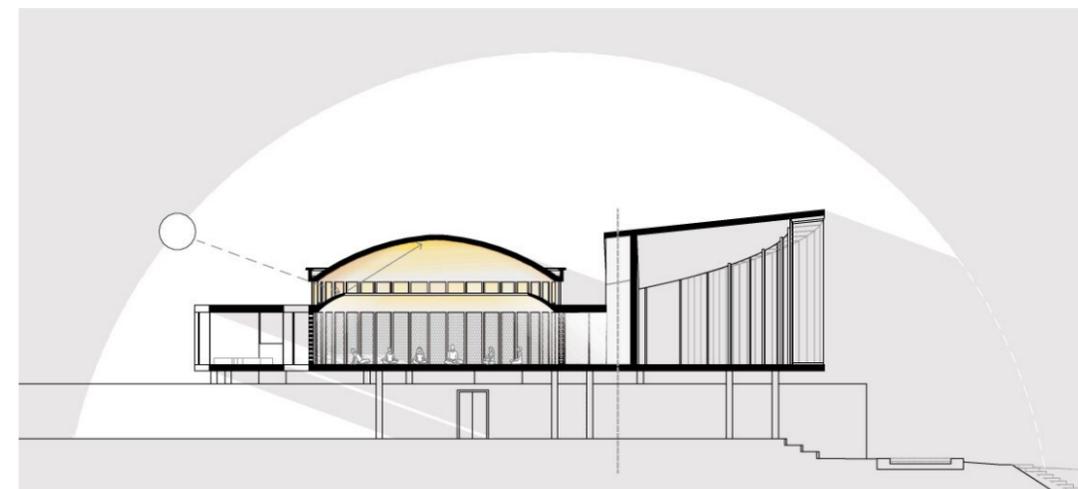
GRUNDRISS MITTAGSLICHTTERRASSE 1:400



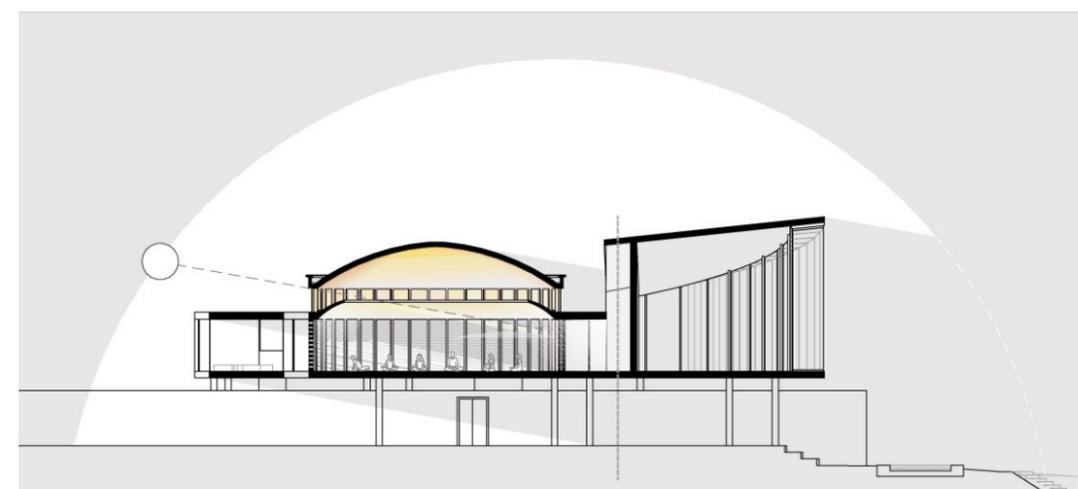
SCHNITT A 1:400

## SONNENEINFALL

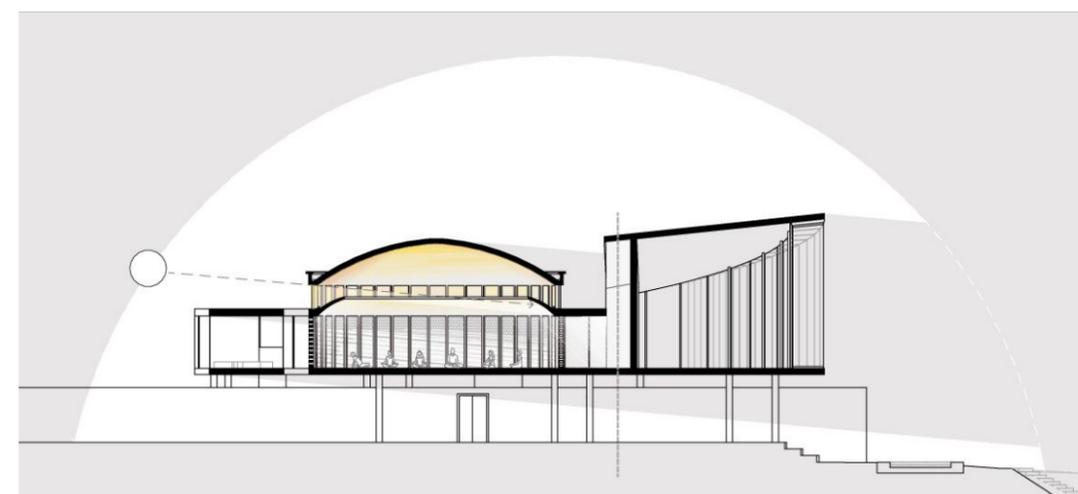
Der Melatoninspiegel soll Abends vor dem Schlafen gehen angeregt werden, um uns müde zu machen. Aus diesem Grund sind für den Abendlichtraum vor allem die Sonnenstände kurz vor Sonnenuntergang wichtig. 2 Stunden vor Sonnenuntergang, steht der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen bei  $20^\circ$ . Die Sonne neigt sich langsam immer weiter bis das Sonnenlicht hinter dem Horizont verschwindet.



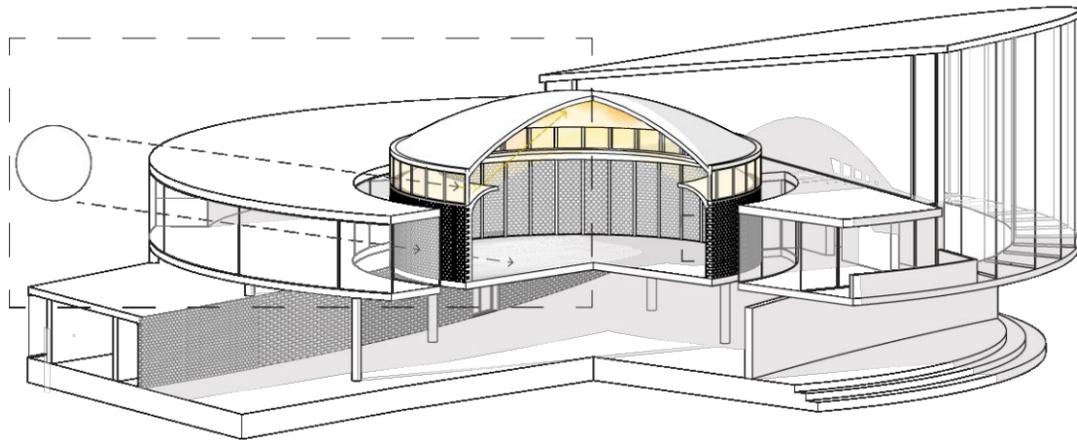
ABENDSONNE IM EINFALLSWINKEL VON 20 GRAD



ABENDSONNE IM EINFALLSWINKEL VON 10 GRAD



ABENDSONNE IM EINFALLSWINKEL VON 5 GRAD



Aufgrund der westlichen Hanglage am Cobenzl ist der Blick zum Sonnenuntergang nicht immer gewährt. Dies ermöglicht die Ausarbeitung einer Lichtgestaltung, welche das introvertierte Raumgefühl unterstützt und den Sonnenuntergang imitiert.

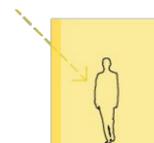
**KLINKERSTEIN AUSSENHÜLLE**

Vom Panoramaglasgang des oberen Foyers fällt der Blick auf die spannende perforierte Außenhaut des runden Abendlichtraumes. Längsgedrehte Klinkersteine wurden versetzt mit Abstand angewordnet, so ergeben sich im regelmäßigen Abstand Lichtöffnungen. Hinter der perforierten Außenhaut befinden sich raumhohe Fenster. Über den Luftraum, der den Abendlichraum umgibt kann mehr Licht auf die Fassade treffen und über die Lichtschlitze in den Raum gelangen. Von hier aus fällt Tageslicht in den Innenraum: Je nach Wetterlage wird der Raum prächtiger ausgeleuchtet. Bei längerem Verweilen kann der Verlauf der Sonne und der Zeit über den Schattenwurf im Innenraum beobachtet werden.

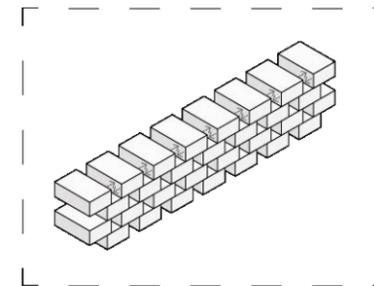
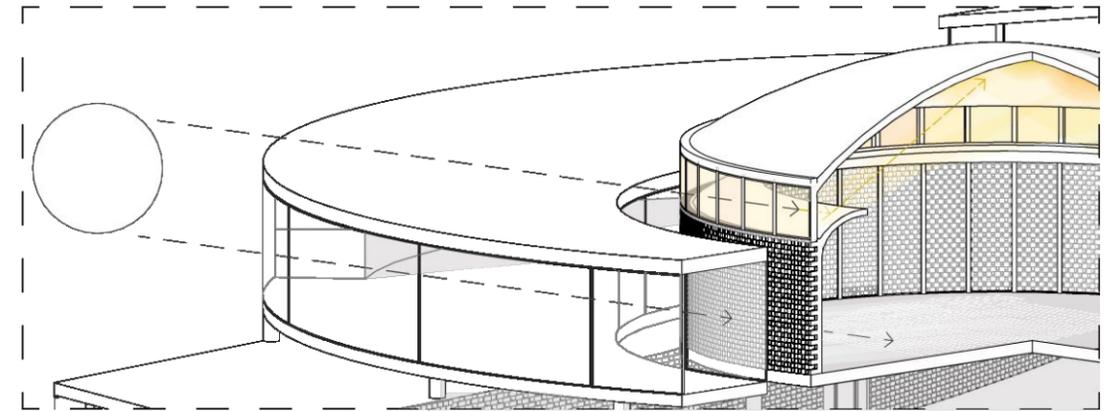
**SONNENUNTERGANG IN DER KUPPEL**

Über den unteren Ring aus Klinkerstein bis 3 Meter Höhe löst sich die Fassade in einen 1,3 Meter hohen Fensterkranz auf. Die Fenster haben gelb, orang, und rot gefärbtes Glas. Sie liegen überhalb der Decken des umliegenden Foyers, sodass möglichst viel Abendlicht in den Raum gelangen kann. Gleichzeitig bildet der Fensterkranz den Sockel der darüberliegenden Kuppel.

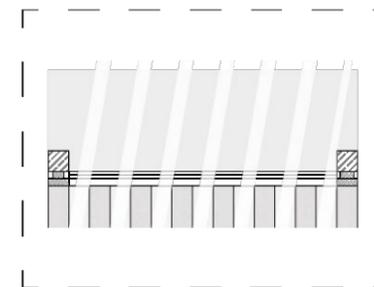
Der Innenraum ist ein Erlebnis: Die Holzstützen zwischen den raumhohen Fenstern laufen nach oben zu einem kreisrunden gewölbten Sims zusammen. Die Stützen nehmen die Blicke mit in die Höhe und erwecken den Eindruck eines schützenden Gewölbes. Hinter den Sims ist der bunte Fensterkranz versteckt. Die direkte Lichtquelle ist verschleiert. Diese Konstruktion dient der Lichtlenkung. Licht fällt durch das bunte Glas auf den Rücken des gewölbten Sims und reflektiert einen Lichtstrahl in warmen Farben an die Decke. Die Reflexion lässt die Kuppel im inneren in einem gelb, orang, rotem Lichtspiel erleuchten. Der Besucher | die Besucherin können während der Meditation eine Sonnenuntergang ähnliche Inszenierung des natürlichen Lichts bestaunen. Das meditative Lichtspiel wirkt nicht nur visuell ansprechend auf uns, sondern auch durch die Freisetzung von Melatonin. Dies passiert aufgrund der Wahl von Farben mit einer Wellenlänge über 570nm welche von unserem Auge als künstliche Nacht wahrgenommen werden. Während der Meditation kann unser Körper somit vollkommen entspannen und runterfahren.



Melatonin: wird ausgeschüttet  
 Innere Uhr: Nacht



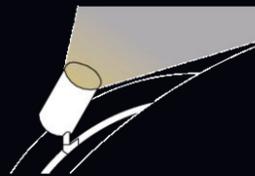
DETAIL KLINKERWAND  
 Klinkerstein (210 x 100 x 65 mm)  
 Zwischenraum (50 x 230 mm)



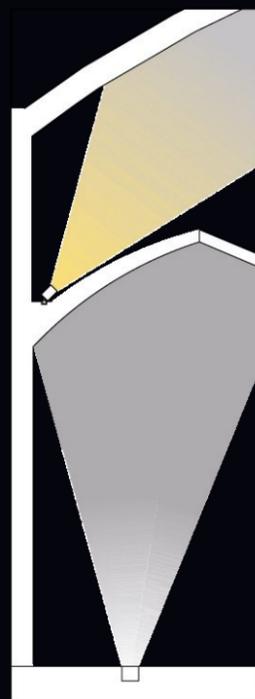
DETAIL FASSADENAUFBAU  
 Holzträger (120 x 120 mm)  
 Fenster  
 Hinterlüftungsebene  
 Klinkerstein (210 x 100 x 65 mm)

KUNSTLICHT

Die Kunstlichtergänzung wird zusätzlich eingesetzt wenn aufgrund der Hanglage oder wetterbedingt nicht ausreichend natürliches Licht vorhanden ist. Für die imitierte Sonnenuntergangsstimmung wurde im Kranz des unteren Gewölbes eine Stromschiene mit LED-Strahlern eingebaut. Die LED-Strahler sind unterschiedlich zur Decke gerichtet und sind mit unterschiedlichen Ausstrahlungswinkel ausgestattet. Es ist eine abgestimmte Folge an engstrahlenden Superspots und Spots mit 8°-18° und breitstrahlenden Floods und Widefloods von 29° bis zu 54°. So ergibt sich ein natürlicheres Lichtkegel in gelb-orang-roten Farben an der Decke. Sie sind steuerbar und dimmbar und erzeugen mithilfe von Farbfiltern und Infrarotfiltern ein warmes Licht, welches dem natürlichen Abendlicht ähnlich ist. Die geringe Lichtstärke und die Farbtemperatur von 1000 - 4000K, welche einen hohen Anteil an kurzen Wellenlängen von über 570nm hat, unterstützen die Ausschüttung von Melatonin im Körper. Dies sorgt dafür, dass wir uns müde fühlen. In den Boden eingebaute LED-Einbauleuchten sorgen für eine zusätzliche indirekte Grundbeleuchtung des Raumes. Die Einbauleuchten haben einen Abstrahlwinkel von 30° wideflood und sind gleichmäßig in einen Kreis parallel zur Außenwand angeordnet. Das Licht wird asymmetrisch über einen facettierten Reflektor auf die Wölbung am oberen Rand der Außenwand gerichtet. Mit einer Farbtemperatur von 2700-4000K kann das Licht gedimmt werden und den Raum möglichst angenehm in warmweiß auszuleuchten.



Stromschiene mit LED-Strahler Ø 65mm



Akzentuierung mit dem Strahler der warmes farbiges Licht an die Decke strahlt.



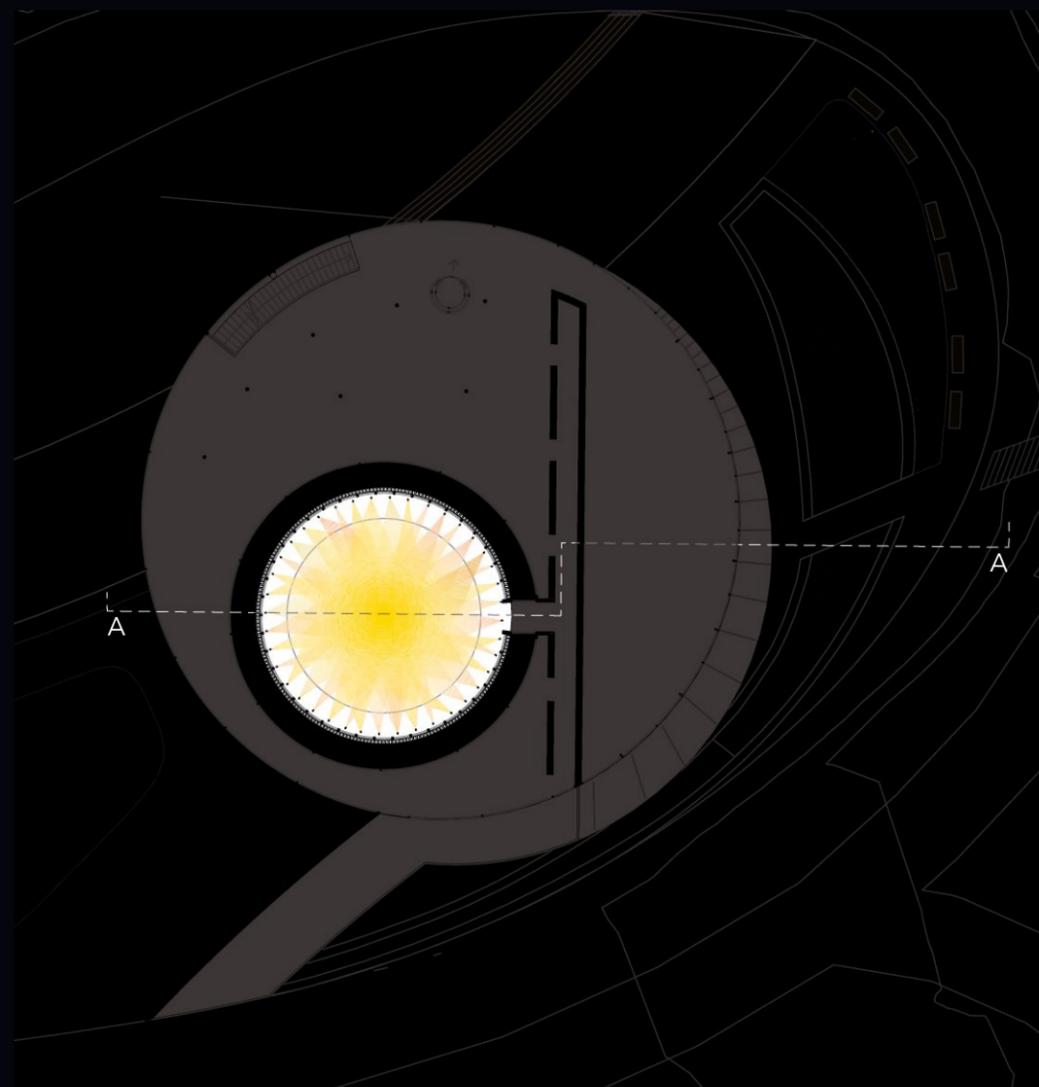
LED-Einbauleuchte wide-flood Ø 100 mm



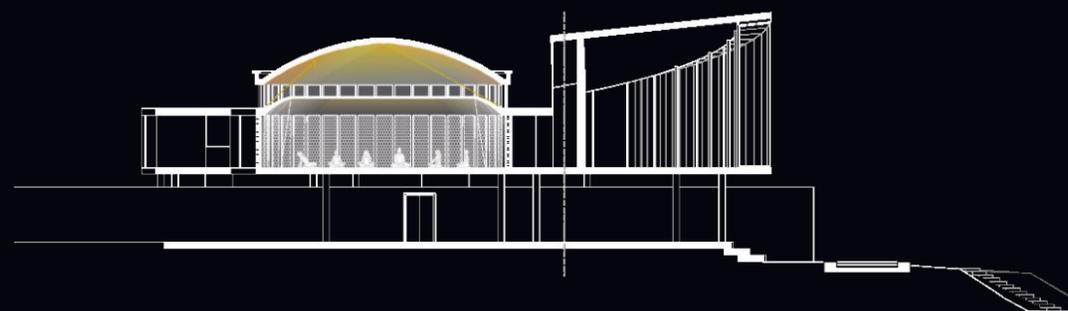
WELLENLÄNGE



FARBTEMPERATUR



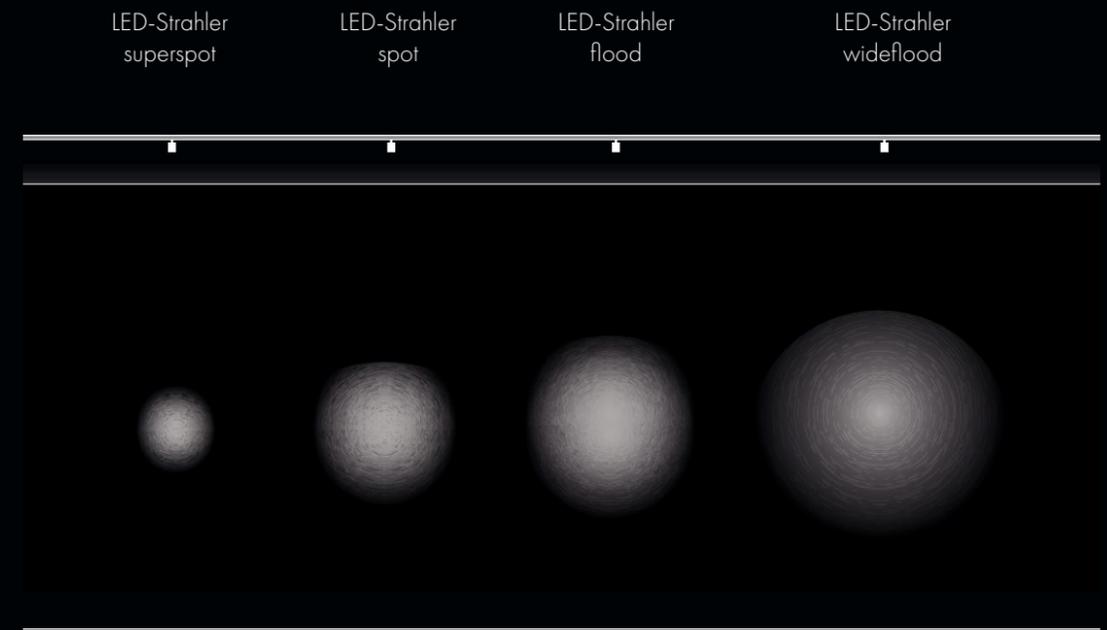
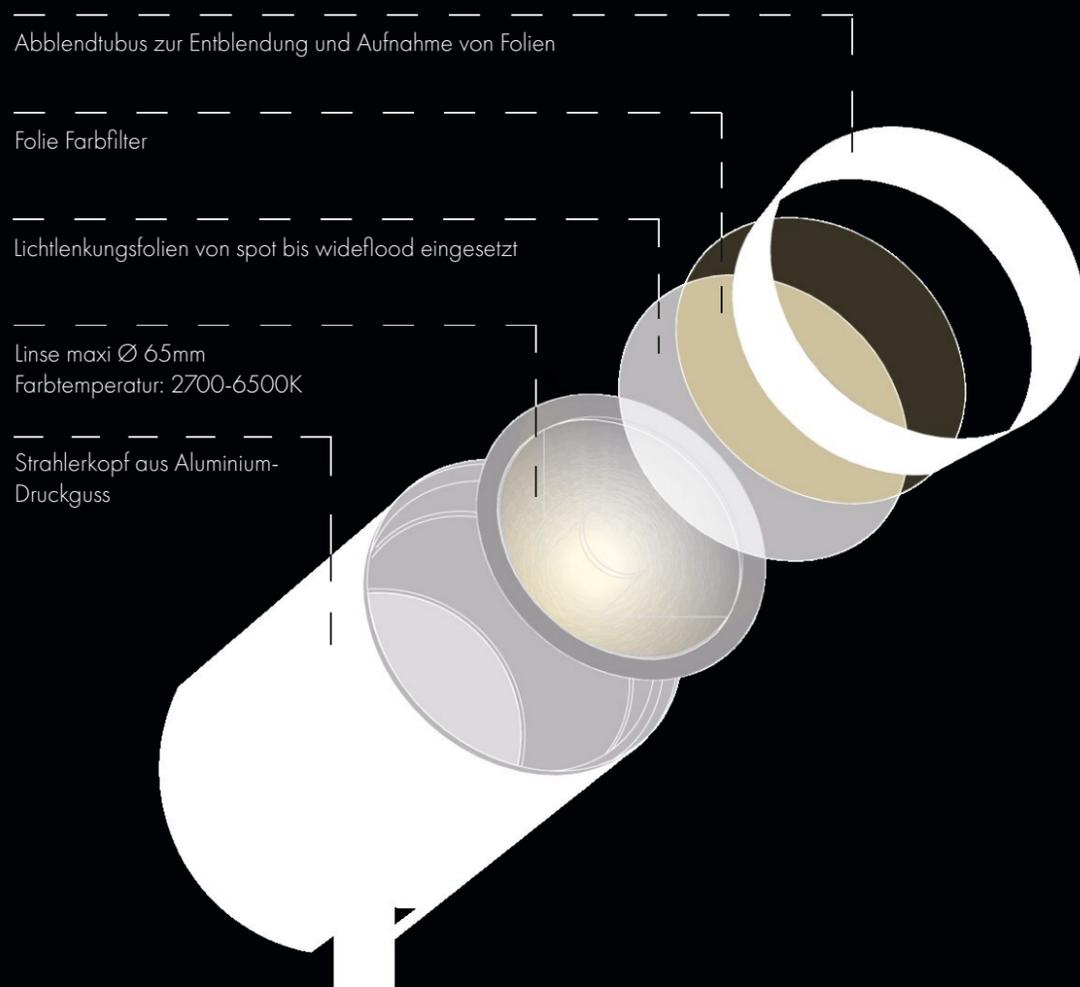
DECKENSPIEGEL ABENDLICHTRAUM 1:400



SCHNITT A 1:400

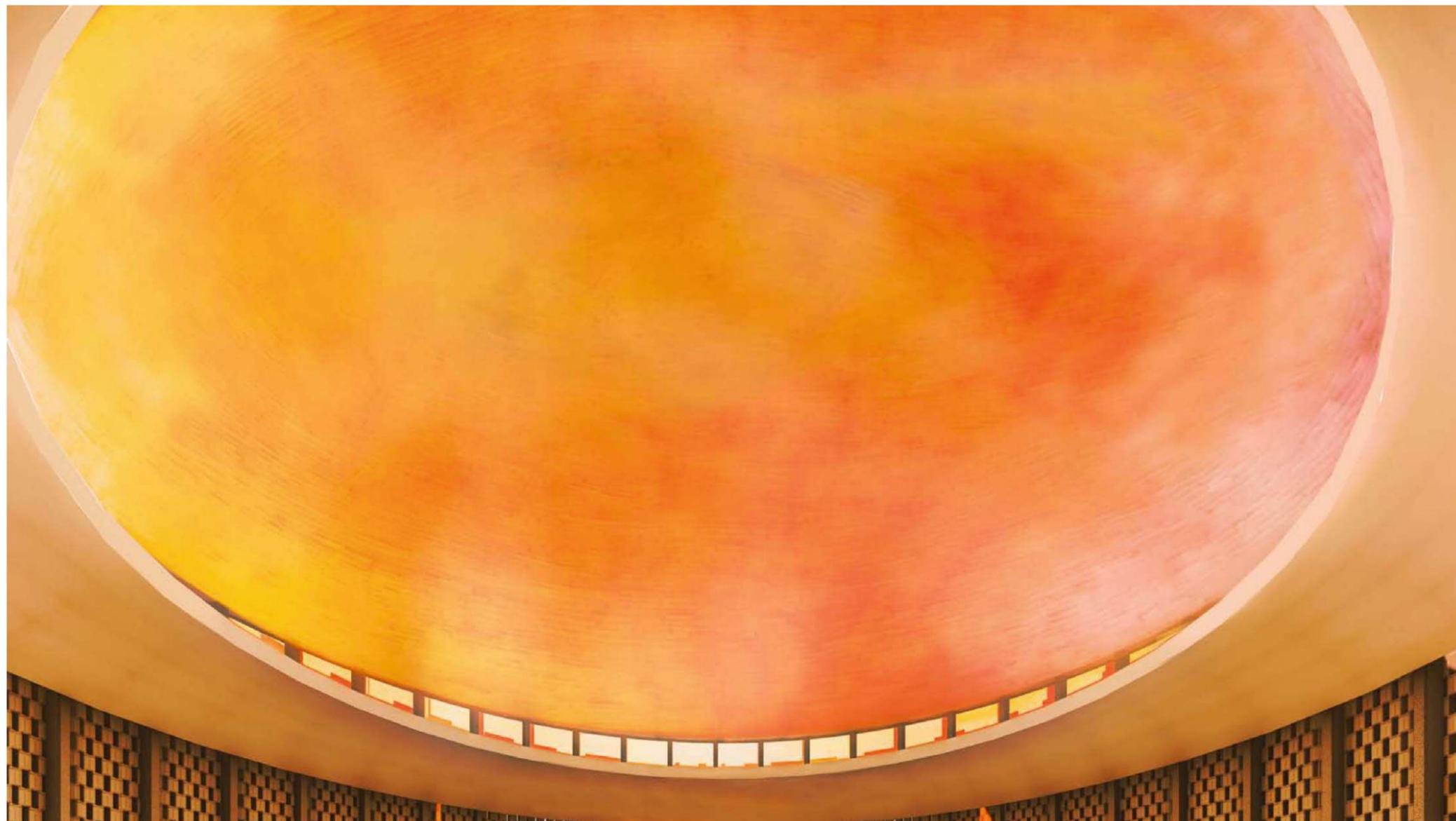
1 Vgl. Zumtobel Lighting GmbH (07.2022). <https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/teaser/de/at/Supersystem.pdf> (12.02.2024)  
2 Vgl. Zumtobel Lighting GmbH (02.2024). <https://www.zumtobel.com/object/PDF/datasheet.aspx?CompanyID=1&GroupID=29705&ISO2=AT&Lang=DE> (11.02.2024)

## LED-STRAHLER



Die LED-Strahler dienen einer kontrastreichen anregenden Deckenausleuchtung. Durch den Einsatz von Strahlern mit unterschiedlichen Abstrahlwinkel, Lichtlenkungsfolien sowie Farbfolien entsteht ein dynamisches Deckenmotiv. Die Lichtfolien von wideflood, flood ermöglichen eine Gleichmäßigkeit, welche mit den Akzenturbeleuchtung der Spots mit spot Folien ein spannendes homogenes Motiv gestaltet. Gemeinsam

mit den Farbfiltern und Infrarotfiltern liegen die Folien im Frontring dem Abblendetubus. Die LED-Platinen in Kombination mit den Folien ergeben einen weichen Übergang der Lichtkegel. Die Strahlkörper sind 360° drehbar und 90° schwenkbar und wurden individuell eingestellt und im Gesamtbild aufeinander abgestimmt.



LICHTSPIEL AN DER DECKE DES ABENDLICHTRAUMS

# 8

QUELLEN

## LITERATURVERZEICHNIS

- Belakehal, A., Tabet Aoul, K., Bennadji, A.: The relationships between users and daylighting design in the 20th century architectural practice, Seoul:Zemch, 2019
- Benjamin Blankenbeher: Das Pantheon: Roms Architektur des Kosmos 2015
- Birgit Schulz: Wirkung chromatischer Lichträume im Kontext der Architektur, TU Graz 2013
- Dipl.-Ing. Martina Tritthart: Lichträume - Raummodelle der Wahrnehmung, TU Graz 2016
- Dr. Frank Schlie-Roosen: licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Karlsruhe: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, 03.2014
- Fletcher Banister: A History of Architecture on the Comparative Method, 5th Ed., London, Bradbury, Agnew & Co. Ltd Printers, 1905
- Fuller Moore: Concepts and Practice of Architectural Daylighting, John Wiley & Sons Inc., 1991
- Gooley, Rajaratnam, Brainard, Kronauer, Czeisler & Lockley: Spectral responses of the human circadian system depend on the irradiance and duration of exposure to light: Sci Transl Med., 05.2010
- Henry Plummer: Nordic Light: Modern Scandinavian Architecture. Thames & Hudson, 2012
- Hester et. al.: Evening wear of blue-blocking glasses for sleep and mood disorders: a systematic review, Chronobiol Int, 10.2021
- Karl Kühn: Studien und Arbeiten zu Raum und Licht, TU Wien 2012
- Le Corbusier, 1923, aus Jörg H. Gleiter: Architekturtheorie heute, 2008
- Mohamed Boubekri: Daylighting, Architecture and Health, Oxford: Architectural Press, 2008
- Nyole Florence: History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013
- Prof. Andreas Schulz: Wirkung des Lichts auf den Menschen, Frankfurt am Main: Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2023, licht.wissen 19
- Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultze: Licht und Architektur, Detmold
- Renate Hammer; Aktuelles aus der Lichtwelt in Theorie und Praxis, Lichttechnische Gesellschaft Österreichs; Lichttechnischer Kongress 2022
- R. Nagare, B Plitnick & MG. Figueiro: Effect of exposure duration and light spectra on nighttime melatonin suppression in adolescents and adults, Light Res Technol, 06.2019
- Zumtobel Lighting GmbH: Licht-Handbuch für den Praktiker, Dornbirn: Zumtobel Lighting GmbH, 05.2012

## INTERNETQUELLEN

- Andreas Flatau: Tageslichtlampen. <https://lanama.de/tageslichtlampen/>. (20.05.2023).
- Andreas Göppel, Sven Hohmann: Farbtemperatur. <https://www.baunetzwissen.de/licht/fachwissen/lichthechnische-groessen/farbtemperatur-882485>. (20.05.2023).
- Anja Klein: Häufige Fragen zu Tageslichtlampen und Lichttherapie. <https://www.tageslicht-lampe.de/haeufige-fragen-tageslichtlampen/#tageslichtlampe-wirkung>. (20.05.2023).
- Amelie Stein: Melatonin: das Schlafhormon und was Sie darüber wissen sollten (03.2023). <https://drjacobs.de/de/artikel/melatonin-das-schlafhormon-und-was-sie-darueber-wissen-sollten>. (26.05.2023) [html#:~:text=30%E2%80%93360%20Minuten.,nach%20dem%20Aufstehen%20zu%20vermeiden](https://www.tageslicht-lampe.de/haeufige-fragen-tageslichtlampen/#tageslichtlampe-wirkung).
- Anja Klein: Tageslichtlampen – Sonne aus der Steckdose. <https://www.tageslicht-lampe.de>. (20.05.2023).
- Arbeitsinspektion: Sanitär- und Sozialbereiche (10.02.2020). [https://www.arbeitsinspektion.gv.at/Arbeitsstaetten-Arbeitsplaetze/Arbeitsstaetten-Arbeitsplaetze\\_1/Sanitaer-\\_und\\_Sozialbereiche.html](https://www.arbeitsinspektion.gv.at/Arbeitsstaetten-Arbeitsplaetze/Arbeitsstaetten-Arbeitsplaetze_1/Sanitaer-_und_Sozialbereiche.html). (10.06.2023)
- Barrierefrei Bauen: Nullschwellen und Vordächer – Wie groß ist groß genug? (06.2020). [https://www.bfb-barrierefrei-bauen.de/bemessung-von-vordaechern/#:~:text=Faustformel%20\(oben\)%3A%20Die,mindestens%20\(23.05.2023\).der%20halben%20H%C3%B6he%20entsprechen](https://www.bfb-barrierefrei-bauen.de/bemessung-von-vordaechern/#:~:text=Faustformel%20(oben)%3A%20Die,mindestens%20(23.05.2023).der%20halben%20H%C3%B6he%20entsprechen).
- Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt: Eckdaten und Wirkung von UV-Strahlung. [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/luft/uv/strahlung.html#:~:text=W%C3%A4hrend%20die%20UV%2DC%2DStrahlung,im%20UV%2DBereich%20nicht%20sehen](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/uv/strahlung.html#:~:text=W%C3%A4hrend%20die%20UV%2DC%2DStrahlung,im%20UV%2DBereich%20nicht%20sehen). (20.05.2023).
- Bundesamt für Gesundheit BAG Schweiz: UV-Index. [https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne\\_uv-strahlung/uv-index.html](https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne_uv-strahlung/uv-index.html). (20.05.2023)
- Bundesamt für Strahlenschutz: Lichttherapie mit Tageslichtlampen (10.2021). [https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-mezizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-mezizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen_node.html). (20.05.2023).
- Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz: ÖNORMEN (06.03.2023). [https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen\\_wohnen\\_und\\_umwelt/bauen/1/Seite.1270100.html](https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/bauen/1/Seite.1270100.html). (10.06.2023)
- Björn Hoffmann, Georg Müller-Loeffelholz, Duden Lernattack GmbH: Streuung und Absorption von Licht. <https://www.lernhelfer.de/schueler/lexikon/physik-abitur/artikel/streuung-und-absorption-von-licht#> (20.05.2023)
- Carina Rehberg: Fünf Störfaktoren für die körpereigene Vitamin-D-Bildung (03.2023). <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/vitamin-d-uebersicht/vitamin-d-bildung-stoerung-ia>. (21.05.2023).
- Chandra et. alumn.: Treatment of vitamin D deficiency with UV light in patients with malabsorption syndromes: a case series, PhotodermatolPhotoimmunol Photomed, 23.10.2007,
- D. Lang: Das richtige Licht zur richtigen Zeit (05.2022). <https://www.elektropraktiker.de/nachrichten/nachricht/hcl-das-richtige-licht-zur-richtigen-zeit/?p=all>. (09.05.2023).

Dr. Jacoby: Melatonin und Cortisol bestimmen über den Schlaf (12.2018). <https://www.foryouhealth.de/gesund-leben-blog/melatonin-und-cortisol-bestimmen-ueber-den-schlaf.html>. (21.05.2023)

Etem: the architecture of ancient greece - a play with light (10.21.2021) <https://etem.com/bg/node/1051>. (30.04.2023)

ETH Zürich: Vergleichen und Kontrastieren. [https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/mint-lernzentrum/Fortbildungen%20MINT/Physik/Physik\\_des\\_Klimawandels/Beispiel\\_3\\_Vergleichen\\_und\\_Kontrastieren.pdf](https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/mint-lernzentrum/Fortbildungen%20MINT/Physik/Physik_des_Klimawandels/Beispiel_3_Vergleichen_und_Kontrastieren.pdf) (20.05.2023)

Fabrice Fouillet, Divisare: Alvar Aalto Paimio Sanatorium (23.03.2018). <https://divisare.com/projects/386217-alvar-aalto-fabrice-fouillet-paimio-sanatorium>. (03.05.2023)

Fink Bijan, Dr. Frank Antwerpes, Anton-Martin Christof: Photosensitive Ganglienzelle (08.2020). [https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive\\_Ganglienzelle](https://flexikon.doccheck.com/de/Photosensitive_Ganglienzelle). (09.05.2023).

Grassroot health: Can Using an Indoor UV Device Improve Your Vitamin D Levels? (03.2021). <https://www.grassrootshhealth.net/blog/can-using-indoor-uv-device-improve-vitamin-d-levels/>. (25.05.2023).

Herr Dr.-Ing. Frank Stüpmann: Der Einfluss von blauem Licht auf das menschliche Schlafverhalten (11.2019). <https://www.silicann.com/blog/beitrag/der-einfluss-von-blauem-licht-auf-das-menschliche-schlafverhalten>. (10.05.2023)

Holger Westermann: UV-Strahlung und Hitze (08.2018). [https://www.menschenswetter.de/editorial\\_articles/show/1606/uv-strahlung-und- hitze](https://www.menschenswetter.de/editorial_articles/show/1606/uv-strahlung-und- hitze). (23.05.2023)

Horizon Field — Kunstverein Vorarlberg: skyspace Lech, <https://www.skyspace-lech.com/> (07.05.2023)

James Turrell: About James Turrell. <https://jamesturrell.com/about/introduction/> (07.05.2023)

James Turrell: 2023 Skystone Foundation: Roden Crater. <https://roden crater.com/about/>. (07.05.2023)

Jaroslav Gruzewski: Form and daylight as a creative medium: Church of John Paul I in South End, Boston, 1992, <https://core.ac.uk/download/pdf/4431204.pdf> (02.05.2023)

José Tomás Franco: The Key Architectural Elements Required to Design Yoga and Meditation Spaces. (18.10.2016) <https://www.archdaily.com/797259/the-key-architectural-elements-required-to-design-yoga-and-meditation-spaces> (15.05.2023)

Julie Corliss: Can blue light-blocking glasses improve your sleep?(10.2021). <https://www.health.harvard.edu/blog/can-blue-light-blocking-glasses-improve-your-sleep-202110262625>. (26.05.2023).

Kris Gunnars: Blue Light and Sleep: What's the Connection? (09.2018). <https://www.healthline.com/nutrition/block-blue-light-to-sleep-better#tinted-glasses>. (26.05.2023)

Lichtexperte, Rolf Ingolf Göbel: Licht und bettlägerige Menschen (10.2021). Lichtexperte, Rolf Ingolf Göbel: Licht und bettlägerige Menschen (10.2021). <https://www.der-lichtexperte.de/lichtwissen/>. (19.05.2023). (19.05.2023)

Lightspeed: Restaurantgrundriss (11.10.2023) <https://www.lightspeedhq.de/blog/restaurantgrundris->

[se/#:~:text=Gourmet%2DGastronomie%3A%20%2C67,1%2C30%20Quadratmeter%20pro%20Person">se/#:~:text=Gourmet%2DGastronomie%3A%20%2C67,1%2C30%20Quadratmeter%20pro%20Person](#). (10.06.2023)

LightVictor Technology: Farbe Und Wellenlänge Von LED-Leuchten (09.2021). <https://de.light-victor.com/info/color-and-the-wave-length-of-led-lights-63022025.html>. (26.05.2023).

Mag. Michael Duscher: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen. <https://www.gesund-bleiben.at/die-heilende-kraft-der-sonnenstrahlen>. (22.05.2023)

Michael Schmedt: Winterliche Lichttherapie wirkt auch bei nicht-saisonalen Depression (11.2015). <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/64930/Winterliche-Lichttherapie-wirkt-auch-bei-nicht-saisonalen-Depression>. (20.05.2023).

Niederösterreich-Werbung GmbH: Die heilende Kraft der Sonnenstrahlen - Wissenswertes aus der Medizin. <https://www.gesund-bleiben.at/>

Oz Property Group Pty Ltd: Tower of Shadows, Chandigarh, India. <https://blueprint.ozpropertygroup.com.au/tower-of-shadows-chandigarh-india/>. (28.12.2023)

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinien 2019 (April 2019). <https://www.oib.or.at/oib-richtlinien/richtlinien/2019>. (10.06.2023)

Philippe Rahm, Philippe Rahm Architects: Split Time Café <http://www.philipperahm.com/data/projects/splittimescafe/index.html>. (11.05.2023)

Philippe Rahm, Philippe Rahm Architects: Hormonarium. <http://www.philipperahm.com/data/projects/hormonarium/index.html>. (11.05.2023)

Prof. Dr. Dr. Martin Holtmann: Wirksamkeit von Lichttherapie bei stationär behandelten Jugendlichen mit Depression (2021). <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/wirksamkeit-von-lichttherapie-bei-stationar-behandelten-jugendlichen-mit-depression-eine-7186.php> (20.05.2023)

Reichelt, Tom: Die Wirkung von blauem Licht (02.2018). <https://www.ledclusive.de/blog/die-wirkung-von-blauem-licht>. (09.05.2023).

Rheinländer, Andreas: Hypothalamus (03.2023). <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/hypothalamus>. (09.05.2023)

Rise Science Editorial Team: Blue Light Glasses' Benefits for Sleep and Eye Health (08.2022). <https://www.risescience.com/blog/blue-light-glasses-benefits#:~:text=Another%20study%20found%20that%20blue,nighttime%20melatonin%20levels%20in%20participants>. (26.05.2023).L

Robert Koch Institut: Wie kommt es zu niedrigen Vitamin-D-Werten?(01.2019). [https://www.rki.de/Shared-Docs/FAQ/Vitamin\\_D/FAQ03.html](https://www.rki.de/Shared-Docs/FAQ/Vitamin_D/FAQ03.html). (22.05.2023).

Spacesnepal, Ar. Kritika Rana: Color Therapy Healing with Hues. (18.04.2018) <https://spacesnepalblog.wordpress.com/2018/04/08/color-therapy-healing-with-hues/>. (03.05.2023)

SonnenAlianz: Kann künstliche UV-Bestrahlung durch Sonnenbänke mit der Sonne mithalten?. <https://sonnen->

allianz.spitzen-praevention.com/mythen-behauptungen-tatsachen/solarienforschung/. (25.05.2023).

T. Fellers & M. Davidson: Einführung in die Reflexion von Licht. <https://www.olympus-lifescience.com/de/microscope-resource/primer/lightandcolor/reflectionintro/>. (21.05.2023).

Thomas Schielke: Light matters (23.04.2013). <https://www.archdaily.com/362554/light-matters-louis-kahn-and-the-power-of-shadow>. (02.05.2023)

Thomas Schielke: When Sunlight Meets Tadao Ando's Concrete (25.03.2023). <https://www.archdaily.com/915270/when-sunlight-meets-tadao-andos-concrete> 2023. (05.05.2023)

Tori Campbell: Master of Light: Tadao Ando. <https://magazine.artland.com/master-of-light-tadao-ando/>. (05.05.2023)

Visit Alvar Aalto: Das Sanatorium in Paimio. <https://visit.alvaraalto.fi/de/destinations/das-sanatorium-in-paimio/>. (03.05.2023)

WKO: Umwelt-Energie-Gastro. [https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Gastro\\_06\\_2018.pdf](https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Gastro_06_2018.pdf). (10.06.2023)

Yash Siroliya: Louis I Kahn-The Mystic Behind Silence And Light. <https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a667-louis-i-kahn-the-mystic-behind-silence-and-light/>. (02.05.2023)

Zhao et. al.: Red Light and the Sleep Quality and Endurance Performance of Chinese Female Basketball Players, 11.2012

2023 Colour Therapy Healing: Colour History. <https://www.colourtherapyhealing.com/colour/colour-history#gsc.tab=0>. (17.05.2023)

# 9

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 1 Wintersonnenwende in Karnak ©David Degner  
<https://www.daviddegner.com/photography/karnak-temple-solstice/>
- Abb. 2 Sonneneinfall am Nachmittag im Karnak Tempel ©N. Ramzy  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Perceptual-Dimension-of-Interior-Daylight-in-Sacred-Ramzy/52ec-988019558484640b43de4bf45911e4e4545c>
- Abb. 3 Schattenspiel Stoa of Attalos in Athen ©ledej  
<https://www.istockphoto.com/photo/ancient-now-gm147270220-9398577>
- Abb. 4 Sonneneinfall am Nachmittag im Pantheon ©N. Ramzy  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Perceptual-Dimension-of-Interior-Daylight-in-Sacred-Ramzy/52ec-988019558484640b43de4bf45911e4e4545c>
- Abb. 5 Sonneneinfall am Nachmittag in der St. Sophia Kathedrale in Konstantinopel ©N. Ramzy  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Perceptual-Dimension-of-Interior-Daylight-in-Sacred-Ramzy/52ec-988019558484640b43de4bf45911e4e4545c>
- Abb. 6 Sonneneinfall am Nachmittag in der St. Petersburg Kathedrale in England ©N. Ramzy  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Perceptual-Dimension-of-Interior-Daylight-in-Sacred-Ramzy/52ec-988019558484640b43de4bf45911e4e4545c>
- Abb. 7 Tower of Shadows © Cryptic  
<https://cryptic-k.com/Tower-of-Shadows>
- Abb. 8 Tower of Shadows © Cryptic  
<https://cryptic-k.com/Tower-of-Shadows>
- Abb. 9 Nationalgalerie in Berlin © Simon Menges  
<https://www.gira.de/architektur-planung/referenzen/neuenationalgalerieberlin>
- Abb. 10 Farnsworth House in Plano © Marion Marisol
- Abb. 11 Tagundnachtgleiche Salk Institute © Sameer Mundkur, 2017  
<https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a667-louis-i-kahn-the-mystic-behind-silence-and-light/>
- Abb. 12 Kimbell Museum ©Nyole Florence  
 History of Daylight strategies: a comparative analysis across the periods, 2013
- Abb. 13 © Jaroslaw Gruzewski, 1992  
<https://core.ac.uk/download/pdf/4431204.pdf>
- Abb. 14 Nordjylland Art Museum © Thomas Schielke  
<https://www.archdaily.com/542503/light-matters-whiteness-in-nordic-countries>
- Abb. 15 Church of the Light, Tadao Ando, Osaka Japan, 1989; Museum San © 2017-2024 ONARDE GROUP LTD.  
<https://wartclub.com/?section=projects&project=kujman-pablo-tadao-ando-animation>
- Abb. 16 Skyspace Lech Sketch, 2014 © Florian Holzherr, 2018  
<https://www.skyspace-lech.com/about/>
- Abb. 17 Roden Crater © Klaus Obermeyer, 2018  
<https://roden crater.com/about/>
- Abb. 18 Guggenheim © Taylor Haynes  
<https://arizonaaddities.com/2019/12/5-facts-about-artist-james-turrell-and-his-arizona-masterpiece-roden-crater/>
- Abb. 19 Alpha East Tunnel Roden Crater © Andy Battaglia  
<https://www.artnews.com/artnews/news/james-turrell-roden-crater-asu-12802/>
- Abb. 20 Skyspace © Andrea Alonso  
[https://haeusler-contemporary.com/skyspace-espritu-de-luz\\_en](https://haeusler-contemporary.com/skyspace-espritu-de-luz_en)
- Abb. 21 Aftershock Installation © Florian Holzherr  
<https://copenhagencontemporary.org/en/james-turrell/>
- Abb. 22 Split Time Cafe © Philippe Rahm  
<http://www.philipperahm.com/data/projects/splittimescafe/index.html>
- Abb. 23 Hormonorium © Philippe Rahm  
<http://www.philipperahm.com/data/projects/splittimescafe/index.html>
- Abb. 24 © Philippe Rahm  
<http://www.philipperahm.com/data/projects/splittimescafe/index.html>
- Abb. 25 © Birgit Schulz  
 Birgit Schulz: Wirkung chromatischer Lichträume im Kontext der Architektur, TU Graz 2013
- Abb. 26 © Volkher Schultz  
 Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultz: Licht und Architektur, Detmold
- Abb. 27 © Volkher Schultz  
 Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultz: Licht und Architektur, Detmold
- Abb. 28 © Volkher Schultz  
 Prof. Dr.-Ing. Architekt Volkher Schultz: Licht und Architektur, Detmold
- Abb. 29 © Philippe Rahm  
<http://www.philipperahm.com/data/projects/splittimescafe/index.html>
- Abb. 30 © Wisotop  
<https://www.kaiyanmedical.com/post/study-declining-eyesight-improved-with-red-light-treatments>
- Abb. 31 © sofatur GmbH  
<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/streuung-und-absorption-von-licht#, 2008-2023>
- Abb. 32 © licht.de  
<https://www.licht.de/de/grundlagen/nicht-visuelle-lichtwirkungen>
- Abb. 33 © licht.de  
 licht.wissen 19, Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, <https://www.licht.de/>

de/grundlagen/nicht-visuelle-lichtwirkungen

Abb. 34 © 2022 TRILUX GmbH & Co. KG  
<https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/innenraumbeluechtung/weitere-kriterien-der-beleuchtung/licht-und-nicht-visuelle-wirkungen/human-centric-lighting-hcl/>

Abb. 35 © licht.de  
 licht.wissen 19,Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, <https://www.licht.de/de/grundlagen/nicht-visuelle-lichtwirkungen>

Abb. 36 © licht.de  
 licht.wissen 19,Wirkung des Lichts auf den Menschen, Fördergemeinschaft Gutes Licht, <https://www.licht.de/de/grundlagen/nicht-visuelle-lichtwirkungen>

Abb. 37 © Mohamed Boubekri  
 Mohamed Boubekri, Daylighting, Architecture and Health, 2008

Abb. 38 © Mohamed Boubekri  
 Mohamed Boubekri, Daylighting, Architecture and Health, 2008

Abb. 39 © Bundesamt für Gesundheit  
[https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne\\_uv-strahlung.html](https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/sonne_uv-strahlung.html)

Abb. 40 © SunEarthTools  
[https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php#top](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top)

Abb. 41 © 2022 TRILUX GmbH & Co. KG  
<https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/innenraumbeluechtung/weitere-kriterien-der-beleuchtung/licht-und-nicht-visuelle-wirkungen/human-centric-lighting-hcl/>

Abb. 42 © Bundesamt für Strahlenschutz  
[https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen_node.html)

Abb. 43 © Bundesamt für Strahlenschutz  
[https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen_node.html)

Abb. 44 © 2022 TRILUX GmbH & Co. KG  
<https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/innenraumbeluechtung/weitere-kriterien-der-beleuchtung/licht-und-nicht-visuelle-wirkungen/human-centric-lighting-hcl/>

Abb. 45 © Medizinische Universität Innsbruck  
<https://www.bergundsteigen.com/wp-content/uploads/2022/04/bergundsteigen-118-seite-108-113-die-schattenseiten-des-lichts.pdf>

Abb. 46 © SunEarthTools  
[https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php#top](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top)

Abb. 47 © 2021 ÖTK Österreichischer Touristenklub  
<https://www.oetk.at/news/wetter/uv-index/>

Abb. 48 © GrassrootsHealth  
<https://www.grassrootshealth.net/blog/can-using-indoor-uv-device-improve-vitamin-d-levels/>

Abb. 49 © GrassrootsHealth  
<https://www.grassrootshealth.net/blog/can-using-indoor-uv-device-improve-vitamin-d-levels/>

Abb. 50 © PubMed Central (PMC)  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2846322/>

Abb. 51 © SunEarthTools  
[https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php#top](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top)

Abb. 52 © Bundesamt für Strahlenschutz  
[https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-medizin-wellness/tageslichtlampen/tageslichtlampen_node.html)

Abb. 53 © Philippe Rahm  
<http://www.philipperahm.com/data/projects/diurnisme/index.html>

Abb. 54 Am Cobenzl © C.Stadler  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Reisenberg\\_%28Wien%29#/media/Datei:D%C3%B6bling\\_\(Wien\)\\_-\\_Cobenzl\\_\(a\).JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Reisenberg_%28Wien%29#/media/Datei:D%C3%B6bling_(Wien)_-_Cobenzl_(a).JPG)

Abb. 55 Am Cobenzl © C.Stadler  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Reisenberg\\_%28Wien%29#/media/Datei:D%C3%B6bling\\_\(Wien\)\\_-\\_Cobenzl\\_\(a\).JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Reisenberg_%28Wien%29#/media/Datei:D%C3%B6bling_(Wien)_-_Cobenzl_(a).JPG)

Abb. 56 Cieluma © Zumtobel Lighting GmbH  
<https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/teaser/DE/AT/CIELUMA.pdf>

Abb. 57 Cieluma © Zumtobel Lighting GmbH  
<https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/teaser/DE/AT/CIELUMA.pdf>

Abb. 58 Supersystem LED Strahler © Zumtobel Lighting GmbH  
<https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/teaser/de/at/Supersystem.pdf>

Abb. 59 Supersystem LED Strahler © Zumtobel Lighting GmbH  
<https://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/teaser/de/at/Supersystem.pdf>

