



ZUKUNFTBAU
FÖRDERN FORSCHEN ENTWICKELN

TAGES LICHT

ARBEITSHILFE ZUR TAGESLICHT-
PLANUNG IN BÜRO-
UND VERWALTUNGSGEBÄUDEN

ZUKUNFT BAUEN: FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS | Band 27

Impressum

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31– 37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Referat WB 5 „Nachhaltiges Bauen“
Helen Tekeste-Yildiz, helen.tekeste-yildiz@bbr.bund.de
Juliane Jäger, juliane.jaeger@bbr.bund.de

Lektorat

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Referat WB 5 „Nachhaltiges Bauen“
Yvonne Geue, yvonne.geue@bbr.bund.de

Auftragnehmer und Autoren

Sandra Lorenz – Architektur Licht
Dipl.-Ing. Arch. Sandra Lorenz, M. Sc.
info@sandralorenz.com
Dr.-Ing. Maria Veltcheva

Stand

Oktober 2021

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
Gedruckt auf Recyclingpapier

Bestellungen

Kostenfrei zu beziehen bei nachhaltiges-bauen@bbr.bund.de;
Stichwort: Tageslicht im Büro

Bildnachweis

Titelbild: Helen Tekeste-Yildiz, BBSR
Die Quellen zu den Abbildungen sind jeweils in den Bildunterschriften aufgeführt.

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.
Bitte senden Sie uns zwei Belegexemplare zu.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISBN 978-3-87994-091-2

ISSN 2199-3521

Bonn 2022

Tageslicht

Arbeitshilfe zur Tageslichtplanung
in Büro- und Verwaltungsgebäuden



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



ZUKUNFT BAU
RESSORTFORSCHUNG

Dieses Projekt wurde durchgeführt vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.17.7-19.03

Projektlaufzeit: 08.2019–09.2020

Inhaltsverzeichnis

Einführung	6
Grundlagen	8
Tageslicht am Arbeitsplatz	9
Tageslicht vs. Kunstlicht	9
Fixe und variable Parameter	10
Tageslicht in Zahlen	11
Regelwerke	14
Tageslichtsimulation	16
Simulationsmethodik der Arbeitshilfe	18
Sonderbetrachtungen	20
Handberechnungen	21
Ergebnisse und Empfehlungen	24
Einfluss der fixen und variablen Parameter	24
Planungshinweise für Büro- und Verwaltungsgebäude	26
Fazit	28
Raumtabelle und Simulationsbögen	30
Anhang	112
Glossar und Abkürzungen	112

Nutzungshinweis/Haftungsausschluss

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt erstellt.
Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit
kann dennoch nicht übernommen werden.

Die Verantwortlichkeit für die konkrete Planung und
die Einhaltung für die anerkannten Regeln der Technik
liegt im Einzelfall allein beim Planer. Ein Vertragsver-
hältnis oder vertragsähnliches Verhältnis wird durch
diese Broschüre nicht geschlossen. Für die Inhalte
der Sekundärquellen sind die Autorinnen und Autoren
und der Herausgeber nicht verantwortlich.

Der visuelle Komfort an Orten der Tätigkeit bildet die Grundlage für effizientes, leistungsförderndes und gesundes Arbeiten. Vor allem die Lichtbedingungen aus Tages- und Kunstlicht stehen im direkten Zusammenhang mit der Zufriedenheit der Gebäudenutzenden, sodass in allen ständig genutzten Aufenthaltsräumen eine ausreichende und störungsfreie Beleuchtung sichergestellt werden sollte.

Nach der Erfindung des Kunstlichts, mit seinen technischen Möglichkeiten und seiner unbeschränkten Verfügbarkeit, schien eine Tageslichtplanung von eher sekundärer Bedeutung zu sein. Durch den Gedanken des Nachhaltigen Bauens sowie der durchaus erwünschten Minderung des Energieverbrauches durch einen reduzierten Einsatz von künstlichem Licht, ist die Planung einer angemessenen Tageslichtverfügbarkeit in Gebäuden wieder als unverzichtbar erkannt. Dabei erweist es sich oftmals als schwierig, die hohen Anforderungen einer nachhaltigen Tageslichtplanung zu erfüllen.

Durch das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)¹, das angesichts ministerieller Erlasse für den Bundesbau verpflichtend anzuwenden ist, wurde der Thematik durch das Kriterium 3.1.5 „Visueller Komfort“ verstärkt Bedeutung beigemessen. Durch eine frühzeitige und integrale Tages- und Kunstlichtplanung soll für die Gebäude des Bundes eine hohe Beleuchtungsqualität bei möglichst niedrigem Energiebedarf geschaffen werden. Beurteilt werden die Tageslichtverfügbarkeit im Gesamtgebäude und am Arbeitsplatz, die Sichtverbindung nach außen, die Blendfreiheit sowie die Lichtverteilung der eingesetzten Beleuchtung.



3.1.5 Visueller Komfort

Teilkriterien:

1. Tageslichtverfügbarkeit im Gebäude
2. Tageslichtverfügbarkeit ständige Arbeitsplätze
3. Sichtverbindungen nach außen
4. Blendfreiheit Tageslicht
5. Blendfreiheit Kunstlicht
6. Lichtverteilung
7. Farbwiedergabe

Abb. 1 Qualitäten der Nachhaltigkeit – soziokulturelle und funktionale Qualität [Grafik: BBSR]

¹ Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundesministeriums des Innern für Bauen und Heimat (www.bnb-nachhaltigesbauen.de)

Die Bewertungsergebnisse aus den vergangenen 10 Jahren zeigen auf, dass die Disziplin der Tageslichtgestaltung im Planungsalltag nur geringfügig beachtet wird. Das für die Umsetzung benötigte Fachwissen ist meist nicht vorhanden bzw. wird nicht gefordert, wodurch die Tageslichtgestaltung eher beiläufig mit der Entwicklung des Fassadenkonzeptes erfolgt, ohne konstruktive Zusammenhänge, normative Anforderungen oder gar Komfortbedingungen für den Nutzenden aktiv einzubeziehen.

Um dieser Realität entgegenzuwirken, strebt die vorliegende Arbeitshilfe die Entwicklung eines Bewusstseins für gute Tageslichtplanung in Gebäuden und Räumen an. Dies setzt das Analysieren der vorhandenen Gegebenheiten sowie der geplanten Fassaden-, Raum- und Fenstergestaltung sowie das Interpretieren errechneter Tageslichtkennwerte voraus. So wäre es bereits in frühen Planungsphasen möglich, erste qualitative Aussagen zur Tageslichtverfügbarkeit zu treffen und rechtzeitig notwendige Änderungen während des Planungsprozesses vorzunehmen.

Eine bewusste Tageslichtplanung versucht stets den Einsatz von Kunstlicht zu verringern. Dabei senkt sie den Energieverbrauch unserer Gebäude und leistet einen Beitrag, unsere Umwelt zu schonen. Darüber hinaus ermöglicht sie, Menschen, die größtenteils ihre Zeit in geschlossenen Räumen verbringen, eine gesunde und ästhetische Umgebung zu schaffen.

„Gutes Bauen braucht gutes Tageslicht.“ (S. Lorenz)

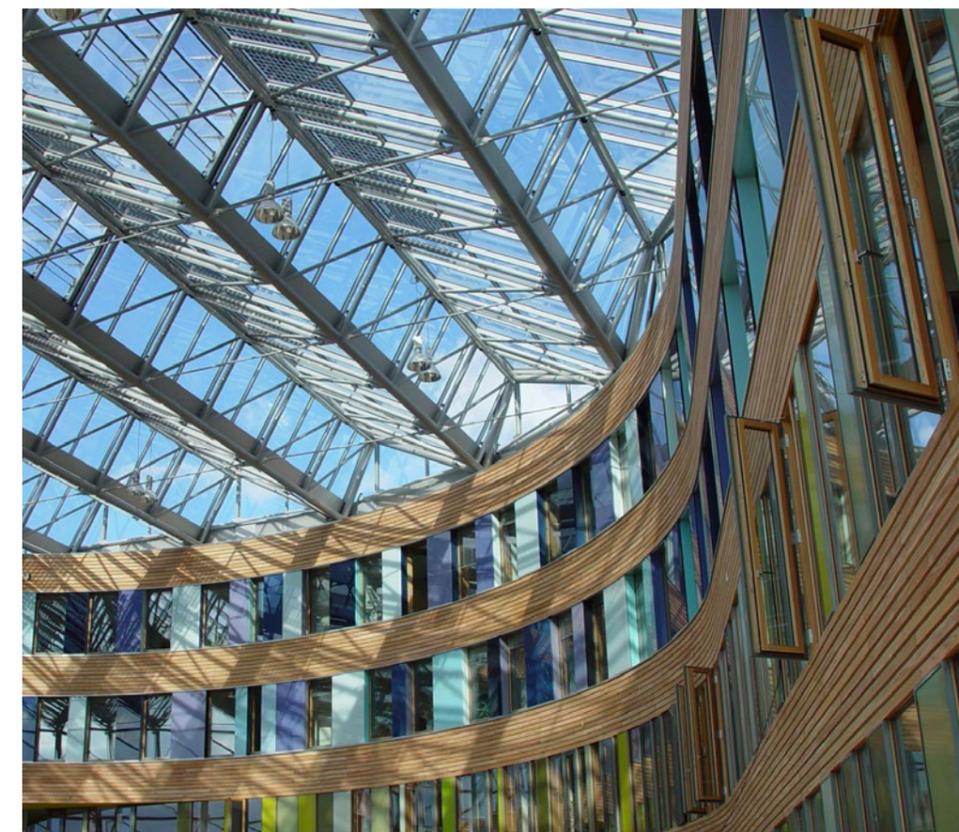


Abb. 2 Büroräume zum Atrium, Umweltbundesamt Dessau [Foto: sol id ar planungswerkstatt, Dr. Günter Löhnert]

Tageslicht ist der sichtbare Teil der globalen Sonnenstrahlung, bestehend aus direktem Sonnenlicht und diffuser Himmelsstrahlung. Im Außenraum unbegrenzt vorhanden, ist die Tageslichtmenge in geschlossenen Räumen durch verschiedene Faktoren limitiert, jedoch für die räumliche Behaglichkeit in hinreichender Form und Intensität sicherzustellen. Folglich ist der Umgang mit Tageslicht elementares Gestaltungsmittel der Entwurfsplanung. Die Jahreszeiten bestimmen mit konstant zu- und abnehmenden Tageslängen und Sonnenstunden den saisonalen Rhythmus der Erde. So hat sich der Mensch nicht nur evolutionär an das Tageslicht angepasst, sondern auch seit Anbeginn seiner kulturellen Existenz beim Bauen am Tageslicht orientiert.

Doch warum ist Tageslicht für den Menschen von so großer Bedeutung?

Tageslicht ist ein über den Tag ständig wechselndes Licht, dessen Wirkung biologisch und psychologisch gesehen von enormer Wichtigkeit ist. Gleichwohl der Tatsache, dass es die Grundlage des Sehvermögens darstellt, hat es auch Einfluss auf vielerlei Aspekte, die sich stark auf Wohlbefinden und Stimmung des Menschen auswirken:

Wichtigster Zeitgeber des zirkadianen Rhythmus – eine Art innere Uhr des Körpers – ist das Tageslicht. Die Wahrnehmung der Tages- und Nachtzeit über das Kommen und Gehen von Tageslicht vermittelt ein Gefühl für Zeitverhältnisse und trägt zur Stärkung der Orientierung und des Sicherheitsgefühls bei. Der zirkadiane Rhythmus ist eine wichtige Voraussetzung für die Funktionstüchtigkeit des Organismus aller Lebewesen². Auch für den Hormonhaushalt ist das Tageslicht ein wichtiger Faktor. Nach heutigem Stand der Forschung sind Müdigkeit und Stress u. a. auf hormonelle Schwankungen durch unzureichende Tageslichtzufuhr zurückzuführen³.

Tageslicht hat die Eigenschaft, die gesundheitliche Verfassung, tageszeitabhängige Verhaltensweisen sowie Stimmungszustände zu steuern. Somit sollte in unserem Alltag auch in geschlossenen Räumen ausreichende Lichtmenge und -intensität vorhanden sein; insbesondere in ständigen Aufenthaltsräumen resp. Büroräumen. Aus Sicht des visuellen Nutzerkomforts sind hier die höchsten Anforderungen an angemessene Tageslichtverhältnisse zu stellen.

² Todd, J.: Widespread Seasonal Gene Expression Reveals Annual Differences in Human Immunity and Physiology, University Cambridge, 2015

³ Boyce, P. R.: The Impact of Light in Buildings on Human Health, Indoor and Built Environment, 2010

Tageslicht am Arbeitsplatz

In Büro- und Verwaltungsgebäuden ist die Integration eines natürlichen Belichtungskonzeptes besonders für ständige Aufenthaltsräume unverzichtbar. So beginnt eine Gebäudeplanung, die Nutzung und Tageslichtverfügbarkeit ins Verhältnis setzt, bei der Orientierung des Gebäudes und der angepassten Grundrissgestaltung und reicht bis zur Planung und Umsetzung des Möblierungskonzeptes. Um tagsüber auf den Gebrauch von Kunstlicht in geschlossenen Räumen verzichten zu können, muss das Tageslicht in erforderlicher Menge und Helligkeit bewusst in den Raum gelenkt werden, wobei die Art der Umsetzung von diversen baulichen Aspekten abhängig ist.

Intuitiv werden Arbeitsplätze sowie andere aktiv genutzte Flächen in unmittelbarer Fensternähe platziert, um die höchstmögliche Tageslichtmenge sicherzustellen. Die Bewertung jeweiliger Belichtungsverhältnisse erfolgt jedoch nicht nur über die Quantität, sondern auch über die Qualität des natürlichen Lichts am Arbeitsplatz. Ein Büroraum gilt als effizient natürlich belichtet, wenn Tätigkeiten während der tagesbelichteten Arbeitszeiten dort so ausgeübt werden können, dass Kunstlicht nicht notwendig ist. Zusätzlich sind starke Kontraste, intensive Blendung durch Reflexionen sowie die Überhitzung des Raumes durch unzureichend geplante Fassaden zu vermeiden. Auch die Möglichkeit variabel zu möblieren in Verbindung mit ungestörter Blickbeziehung zum Außenraum fließen in die Beurteilung einer guten Tageslichtplanung mit ein, wobei die Wahrnehmung der tatsächlichen Qualität zusätzlich vom subjektiven Empfinden der jeweils nutzenden Person abhängig ist.

Die Realität zeigt, dass die planerische Umsetzung der zuvor beschriebenen Qualitäten in durchdachten und nachhaltigen Lichtkonzepten vor allem für Bürogebäude im innerstädtischen Kontext keineswegs dem Standard entspricht. Um die Dynamik des Tageslichts ohne massive Einbußen am Arbeitsplatz nutz- und erlebbar machen zu können, sind die individuellen Bedingungen am Standort sowie am Arbeitsplatz einzubeziehen.

Tageslicht vs. Kunstlicht

Tageslicht modelliert die räumliche Umgebung mit sich verändernden Belichtungs winkeln und Schattenverhältnissen und unterstützt so das die Orientierung im Raum auf unvergleichliche Art und Weise. Die physikalischen Besonderheiten des Tageslichts, insbesondere die spektrale Zusammensetzung, die variierende Intensität sowie wechselnde Lichtfarbe und Helligkeit, sind wesentliche, unverzichtbare Eigenschaften, die das einfache Kunstlicht in vergleichbarer Weise nicht aufweisen kann⁴. Trotz technischer Fortschritte bleibt die Performance des Tageslichts unübertroffen, sodass dieses stets als bevorzugtes Licht betrachtet wird⁵.

⁴ Phillip Human Factors in Lighting, CRC Press, Third Edition, 2014

⁵ Boyce, P. R., Human Factors in Lighting (Abschnitt 7.3.1), Third Edition, 2014

Studien belegen, dass der Mensch mit großen Schwankungen der Tageslichtmenge großzügiger umgeht als mit solchen des Kunstlichtes. Im Allgemeinen werden sie selbst dann noch als angenehm oder zumindest akzeptabel empfunden, wenn sie bereits weit unter oder über den empfohlenen Werten der Beleuchtungsstärke liegen.

Tageslicht erscheint erst als störend oder unzureichend, wenn eine Beeinträchtigung durch Blendung oder Überhitzung entsteht oder die Beleuchtungsstärke für die jeweilige Tätigkeit nicht ausreicht. Der Einsatz von gut geplantem Kunstlicht zur Unterstützung bzw. Optimierung der Beleuchtungssituation wird dann als positiv empfunden.

Fixe und variable Parameter

Die Qualität des Tageslichts im Innenraum wird durch unterschiedliche Faktoren bestimmt. Diese, die Menge und den Verlauf des Tageslichtes im Raum unmittelbar prägenden Parameter, sind entscheidende Stellschrauben, deren Einfluss in unterschiedlichen Phasen des Projektverlaufs berücksichtigt werden sollte.

Die Arbeitshilfe unterscheidet im Folgenden zwischen fixen und variablen Parametern:

Fixe Parameter

Fixe Parameter sind unveränderliche Aspekte, wie etwa ortsspezifische Faktoren oder aus der Bauaufgabe resultierende Notwendigkeiten, die in der Regel nicht der Gestaltungsfreiheit des Planers unterliegen. Sie sollten deshalb früher als andere Entwurfsparameter auch in Bezug auf die Tageslichtplanung berücksichtigt werden.

So ist auf die Umgebung, Sichtachsen, Hanglagen oder den Verbauungsgrad am jeweiligen Standort, beispielsweise durch die Platzierung des Baukörpers, die Ausrichtung und Kubatur, Bezug zu nehmen. Der bewusste Umgang mit fixen Parametern bildet das Fundament einer guten Tageslichtplanung.

Variable Parameter

Variable Parameter sind diejenigen Aspekte, die durch den Planer/-in ab Entwurfsbeginn beeinflussbar sind, so dass auf standortbedingte, für die Qualität des Tageslichts ggf. eher ungünstige Verhältnisse reagiert werden kann.

Die variablen Parameter lassen sich in rohbaurelevante und ausbaurelevante Faktoren unterteilen:

Rohbaurelevante Faktoren

Tageslicht kann erst in ein Gebäude geführt werden, wenn die Bereitstellung von Licht durch ein passendes Medium in der Fassade gewährleistet ist. Das Fenster als „Auge des Gebäudes“ ermöglicht Ausblick und Lichtzufuhr zugleich und erfüllt somit die technische Voraussetzung einer natürlichen Raumbelichtung. Die Rohbauöffnung bestimmt somit in ihrer Breite und Höhe elementar die Möglichkeiten und Grenzen der Tageslichtversorgung im Raum. Die Anordnung der Öffnung in der Fassade, ihre Sturz- und Brüstungshöhe in Verbindung mit Raumtiefe, -breite und -höhe, sowie Fassadenmerkmale wie Vordächer oder andere konstruktive Verschattungselemente zählen zu den rohbaurelevanten Faktoren. Die Gestaltung der Fassade gehört zum erweiterten Rohbau und sollte möglichst früh entschieden werden. Mit ihr werden die Rahmenart und -profile sowie die Verglasungsart festgelegt. Oft wird die Fassade erst während der Ausbauplanung detailliert und obwohl sie auch grundsätzlich leichter änderbar ist, können sich spätere Detailentscheidungen ungünstig auf die Tageslichtverteilung auswirken und erhöhten Aufwand nach sich ziehen.

Für eine gute Tageslichtplanung ist in den frühen Projektphasen eine solide Abschätzung zu treffen, da spätere Anpassungen des Rohbaus i. d. R. mit hohem Aufwand verbunden sind.

Ausbaurelevante Faktoren

Reflexionsgrade von Oberflächen im Innen- und Außenbereich, bewegliche Sonnen- und Blendschutzvorrichtungen sowie Wände und Decken in Trockenbau sind ausbaurelevante Parameter. Sie sind grundsätzlich nachrüstbar und können mit einem relativ geringen Aufwand ergänzt, überarbeitet und verändert werden. Ihre tageslichtregulierende Funktion kann somit bis zur letzten Projektphase und darüber hinaus Anpassungen in der Belichtungsqualität hervorrufen.

Tageslicht in Zahlen

Ein Maß, mit dem Tageslicht quantitativ bewertet werden kann, ist der Tageslichtquotient. Die Verteilung der Lichtmenge im Raum kann gleichmäßig oder ungleichmäßig sein. So nimmt die Helligkeit in manchen Raumsituationen in Richtung der Raummitte gravierend ab, während andere bis in beträchtliche Raumtiefen ausreichend belichtet sind.

Tageslichtquotient TQ / Daylight Factor DF [%]

Die Lichtmenge und ihre Verteilung wird über die Abhängigkeit der Innenbeleuchtungsstärke E_i [lx] zur Außenbeleuchtungsstärke E_a [lx] bestimmt. Dieses Verhältnis beschreibt der sogenannte Tageslichtquotient (engl.: Daylight Factor), welcher von verschiedenen Regelwerken als wesentliches Bewertungskriterium für die Tageslichtversorgung von Räumen herangezogen wird. Der Tageslichtquotient kann punktbezogen sowie als Durchschnittswert angegeben werden. Während der punktbezogene Tageslichtquotient das tatsächliche Verhältnis aus Innen- und Außenbeleuchtungsstärke in einem bestimmten Punkt im Raum wiedergibt, beschreibt der mittlere Tageslichtquotient die Beleuchtungsstärke über eine vordefinierte Nutzebene. Bei Arbeitsräumen befindet sie sich in 85 cm Höhe und entspricht damit etwa der Höhe der Arbeitsfläche bei sitzender Tätigkeit. Tageslichtquotienten können i. d. R. von 0,5-10 % im Feinheitsgrad einer Kommastelle errechnet werden. Es gilt: Je höher der Quotient, desto höher die Tageslichtmenge im berechneten Punkt bzw. auf der Nutzfläche.

$$DF = \frac{E_i}{E_a} \times 100$$

DF = Daylight Factor [%]

E_a = Außenbeleuchtungsstärke

E_i = $E_{\text{direktes Himmelslicht}}$ + $E_{\text{Licht aus Reflexion außen}}$ + $E_{\text{Licht aus Reflexion innen}}$

Die Außenbeleuchtungsstärke wurde durch die CIE⁶ als idealisiertes Himmelsmodell festgelegt und entspricht der Strahlungsstärke bei „bedecktem Himmel“. Die Innenbeleuchtungsstärke addiert sich aus der Beleuchtungsstärke des Anteils direkter Himmelsstrahlung sowie aus den Reflexionen der Außen- und Innenraumoberflächen.

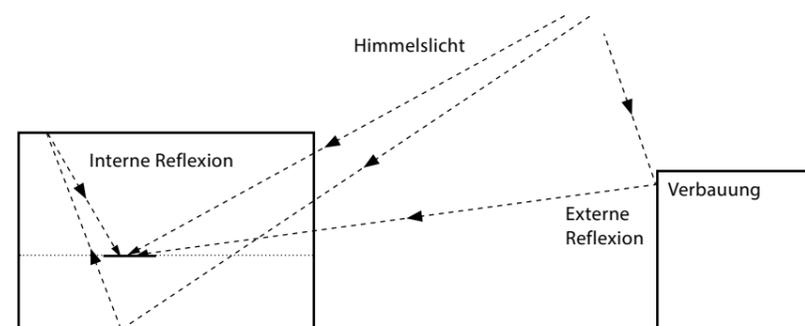


Abb. 3 Die drei Komponenten zur Bestimmung des Tageslichtfaktors
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

Beispiel: Beträgt die Außenbeleuchtungsstärke idealisierte 10.000 Lux, so entspricht die Innenbeleuchtungsstärke von 200 lx einem Tageslichtquotienten von 2 %.

$$DF = \frac{200 \text{ lx}}{10.000 \text{ lx}} \times 100 = 2 \%$$

Abb. 4 Tageslichereinfall Büroraum:
Sondersituation Eckbüro mit zusätzlichem
konstruktiven Fassadenelement
[Foto: BBSR, Yvonne Geue]

⁶ CIE: Commission Internationale de l'Eclairage (= Internationale Beleuchtungskommission)



Folgende Regelungen definieren maßgeblich Begriffe und Mindestanforderungen zur Tageslichtverfügbarkeit in Aufenthaltsräumen:

Musterbauordnung

Die MBO⁷ fordert gemäß § 47(2) : „Aufenthaltsräume müssen ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet werden können. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens einem Achtel der Netto-Grundfläche des Raumes einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben.“ Die Bauordnung setzt somit die Rohbauöffnung des Fensters zur Nettogrundfläche eines Raumes ins Verhältnis, berücksichtigt aber nicht die bautechnische Dimension des Fensters bzw. die Varianten der Fenster- und Fassadengestaltung. Wird in einem Entwurf die Anforderung der MBO zur Größe der Rohbauöffnung nur im Mindesten erfüllt, ist davon auszugehen, dass die Fensterfläche für eine gute Tagesbelichtung zu gering ist.

Arbeitsstättenrichtlinie ASR A3.4 Beleuchtung (Tageslicht)

In der ASR A3.4⁸ wird auch das Fenster zur Nettogrundfläche eines Raumes ins Verhältnis gesetzt; hier jedoch über den Verglasungsanteil und nicht über das Rohbaumaß der Fensteröffnung. So soll dieser gemäß ASR ein Zehntel der Nettogrundfläche ausmachen. Der Tageslichteintrag liegt so gegenüber der MBO geringfügig höher. Die ASR legt alternativ fest, dass der Tageslichtquotient bei Seitenlicht am Arbeitsplatz größer als 2 % und bei Oberlichtern größer als 4 % sein sollte. Wird jedoch die Mindestanforderung zum Verglasungsanteil erfüllt, kann die Betrachtung des Tageslichtquotienten vernachlässigt werden. Zusätzlich greift die ASR den Aspekt der Blendwirkung auf und legt fest, dass eine Blendung durch Sonnenstrahlen zu minimieren ist. Für die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz legt die ASR einen Mindestwert von 500 lx fest, der unabhängig vom Tageslichtvorkommen bereitgestellt werden muss.

DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen

Die DIN 5034⁹ gibt Rahmenbedingungen, Begriffe und Berechnungen zum Tageslicht sowie Anforderungen an Tageslichtöffnungen einschließlich Planungshinweisen wieder.

⁷ MBO: § 2 (5) und § 47 (2), Juni 2016

⁸ ASR A3.4: Technische Regeln für Arbeitsstätten, Beleuchtung, 2014, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und -medizin

⁹ DIN 5034-1: Begriffe und Mindestanforderungen, Juli 2011; DIN 5034-3: Berechnungen, Februar 2007

Für Arbeitsräume greift sie auf die ASR zurück und legt fest: „An Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen ist entsprechend ASR A3.4 ein Tageslichtquotient von 2 % erforderlich.“ Zusätzlich wird für Büroräume eine Helligkeit gefordert, die „in halber Raumtiefe, in 0,85 m Höhe über dem Fußboden und in 1 m Abstand von beiden Seitenwänden im Mittel der beiden Punkte mindestens 0,9 %, an eine der beiden Punkte mindestens 0,75 %“ beträgt. Für die Außenbeleuchtungsstärke werden nach DIN 5034 ca. 10.000 lx vorgegeben, was der idealisierten Beleuchtungsstärke bei „bedecktem Himmel“ durch die CIE entspricht. Die DIN 5034 ist im Bundesbau nicht verbindlich eingeführt.

DIN EN 12464-1 Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen

Die DIN EN 12464-1¹⁰ bezieht sich nicht allein auf Tageslicht, sondern legt die Quantität und Qualität der Beleuchtung von Arbeitsstätten fest, die sowohl durch Tageslicht, künstliches Licht oder aus einer Kombination von beidem erfolgen kann. Die empfohlene Beleuchtungsstärke in Büroräumen wird adäquat zur ASR mit 500 lx beziffert, jedoch erlaubt die DIN EN 12464-1 eine Minderung des Wertes bei Umsetzung mit Tageslicht bis zum Faktor 0,6. Somit genügt es, 300 lx am Arbeitsplatz mit Tageslicht sicherzustellen.

DIN EN 17037 Tageslicht in Innenräumen

Die neue Tageslicht-DIN 17037¹¹ beschreibt die Tageslichtmenge mit einer Zielbeleuchtungsstärke, die über 50 % der Tageslichtstunden und über mindestens 50 % einer definierten Bezugsebene, die sich in 85 cm Höhe mit 50 cm Abstand von allen Seitenwänden befindet, erreicht werden soll, wobei die in der ASR A3.4 und DIN 12464 geforderten Mindestwerte weiterhin gelten. Das Himmelsmodell wird nach geografischer Lage und Klima festgelegt und das Verfahren so modernisiert. Für Berlin wird beispielsweise die Annahme der Himmelshelligkeit von 13.900 lx getroffen. Aktuell ist die Norm für den Bundesbau nicht verbindlich eingeführt, liefert aber wichtige Anhaltspunkte für künftige Berechnungen zum Tageslicht.

BNB 3.1.5 „Visueller Komfort“, Version 2015

Der Steckbrief „Visueller Komfort“ des BNB ist der soziokulturellen und funktionalen Qualität zugeordnet. Er bildet insgesamt sieben Teilkriterien ab, von denen sich zwei auf die Tageslichtqualität im Gebäudeinneren beziehen. Für ständige Arbeitsplätze gilt, sie „ausreichend“ mit Tageslicht zu versorgen. Dabei orientiert sich das BNB unter anderem an den Vorgaben der DIN EN 12464 sowie der DIN 5034 und legt den mittleren Tageslichtquotienten über die Nutzfläche des Büros als Bewertungskriterium fest.

Die untersuchten Regelwerke definieren lediglich Mindestanforderungen zur Grundverfügbarkeit von Tageslicht in Aufenthaltsräumen. Die Berücksichtigung der beschriebenen Kriterien allein führt nicht zwangsläufig zu einer guten Tageslichtversorgung. Auch werden unterschiedliche Berechnungsgrundlagen verwendet, sodass bei gleicher Raumausführung verschiedene Tageslichtquotienten errechnet werden können. Eine Fokussierung auf den Tageslichtquotienten als Hauptakteur zur Beschreibung der Tageslichtqualität kann irreführend sein; eine professionelle Tageslichtplanung muss weitaus mehr Aspekte in Betracht ziehen, als aktuell in den Regelwerken adressiert.

¹⁰ DIN EN 12464-1: Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen, August 2011

¹¹ DIN EN 17037: Tageslicht in Innenräumen, März 2019

Ein Weg, um Tageslicht im Raum quantitativ zu erfassen, ist die Berechnung über digitale Simulationsverfahren mit entsprechender Kalkulationssoftware.

Die Simulationen zum diffusen Tageslicht und zum direkten Sonnenlicht sind dabei separat zu betrachten.

Tageslichtsimulation

Der Begriff beschreibt die digitale Berechnung der Tageslichtmenge über diffuses Himmelslicht. Bei der Simulation wird grundsätzlich die Außenbeleuchtungsstärke bei bedecktem Himmel angenommen. Über das Modellieren des zu prüfenden Raumes, mit allen raumabschließenden Boden-, Decken- und Wandflächen einschließlich aller Fensterelemente, erfolgt die Berechnung diverser Kennwerte, die auf die potentielle Tageslichtmenge sowie Verlauf und Vorkommen im Raum schließen lassen. Entsprechend dem Planungsstand eines Projektes können neben geometrischen Raum-, Fassaden- und Fensterinformationen weitere Aspekte, wie beispielsweise die Reflexionsgrade der Oberflächen im Innen- und Außenbereich oder auch die Art der Fensterverglasung ergänzend modelliert und verglichen werden.

Die Tageslichtsimulation zielt grundsätzlich darauf ab, den durchschnittlichen Tageslichtquotienten bzw. punktbezogene Minimal- und Maximalwerte zu ermitteln. Darüber hinaus liefert sie zur Prüfung der jeweiligen Tageslichtverhältnisse im Raum graphische Modelle, die den Verlauf und somit die Art der Abnahme des Lichtes Richtung Rauminneres anhand von Isolinien sowie mithilfe von Falschfarben nachvollziehbar visualisieren.

Für die Berechnung der diffusen Tageslichtmenge wurde in der vorliegenden Arbeitshilfe die Lichtplanungssoftware DIALux¹² herangezogen. Die Software errechnet einen durchschnittlichen Tageslichtquotienten über eine vordefinierte Nutzebene, die sich jeweils 1 m von allen raumabschließenden Wänden in 85 cm Höhe befindet und sich somit weitgehend an der DIN 5034 orientiert. Tageslichtwerte im Wandbereich außerhalb der 1 m Linie fallen infolgedessen nicht in die Betrachtung. Neben dem Tageslichtquotienten werden zusätzlich die Isolinien zur Innenbeleuchtungsstärke E_v und Verteilung der Tageslichtquotienten im Raum ermittelt. Bei der Berechnung greift die Software auf die ideale Annahme der Himmelshelligkeit von ca. 10.000 Lux zurück, die einer Strahlungsstärke bei „bedecktem Himmel“ nach DIN 5034 entsprechen. Eine eventuelle Verbauung kann nicht mitgerechnet werden.

12 DIALux evo 9, DIAL GmbH

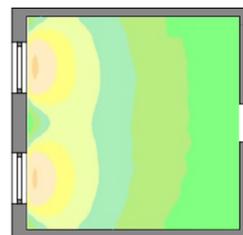


Abb. 5 Grundriss Büro mit Falschfarbenverlauf
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

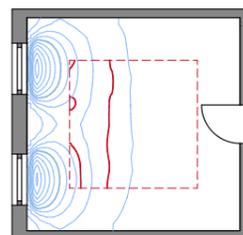


Abb. 6 Grundriss Büro mit Isolinienverlauf und Markierung der Nutzebene nach DIN 5034
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

Aufgrund der idealisierten Annahme relativiert sich der Einfluss der einzelnen Himmelsrichtungen sowie der Jahres- und Uhrzeiten bei der Tageslichtsimulation. Für die Bewertung der Simulationsergebnisse wird ein Tageslichtquotient von 2 % als Mindestwert zur Gewährleistung einer Grundqualität festgelegt.

Annahmen:

Himmelsmodell:	bedeckter Himmel (10.000 lx)
Reflexionsgrad Innenoberflächen:	20 % (Boden), 50 % (Wand), 70 % (Decke)
Transmissionsgrad Fensterverglasung:	68 %
Fensterrahmen:	mittige Anordnung in der Fensterleibung

Im Abschnitt „Raumtabelle und Simulationsbögen“ wurden zum besseren Verständnis die aufbereiteten Büros in perspektivischer Draufsicht mit Überlagerung der Falschfarben und der Nutzebene dargestellt. Auf die Abbildung der Isolinien wurde verzichtet und statt dessen der minimale, maximale und durchschnittliche Daylight Factor als Zahlenwert ausgewiesen.

Sonnenlichtstudien

Das Vorkommen von direktem Sonnenlicht nimmt für die Bewertung der Tageslichtverfügbarkeit ebenfalls eine große Rolle ein. Räume ohne direktes Sonnenlicht wirken gleichförmig und passiv. Erst die formbildenden Schatten lassen den Raum präziser und lebendiger wirken, wodurch das Behaglichkeitsgefühl signifikant unterstützt werden kann. Sonnenlicht wirkt zudem stimulierend und ist in Maßen gesund. Andererseits steigt bei zu intensiver Sonnenstrahlung das Potenzial von Überbelichtung, Blendung sowie Überhitzung.

Um diese Aspekte beurteilen zu können, ist die Durchführung sogenannter Sonnenlichtstudien eine hilfreiche Methode, die spezifische Besonnungssituation eines Aufenthaltsraumes zu vergegenwärtigen. Die Studien unterstützen das visuelle Verständnis des Raumes, liefern Entscheidungshilfen, in welchem Umfang Blend- oder Sonnenschutzvorkehrungen getroffen werden müssen. Sie geben darüber hinaus Auskunft, ob das vorgesehene Möblierungskonzept gemäß der Dauer und Position der direkten Sonneneinstrahlung angepasst werden sollte.

13 ArchiCAD, Graphisoft SE

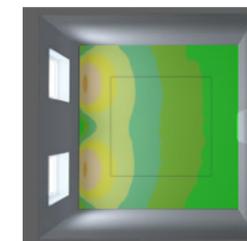


Abb. 7 Perspektivische Draufsicht Büroraum mit überlagerter Darstellung der Falschfarben und der Nutzebene
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

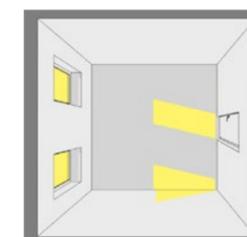


Abb. 8 Beispiel Sonnenlichtstudie
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

Die Sonnenlichtsimulationen wurden mit der Planungssoftware Archicad¹³ erstellt. Die Berechnung erfolgt unter Annahme eines freien Himmelsmodells. Die Himmelsausrichtung, die Jahres- und die Tageszeit sind bei der Ermittlung der Sonnenlichtverhältnisse – im Gegensatz zur Berechnung der Tageslichtmenge bei bedecktem Himmel – ausschlaggebende Faktoren. Die untersuchten Räume wurden unter folgenden Annahmen betrachtet:

Annahmen:

Himmelsmodell: freier Himmel
 Himmelsausrichtung: Ost, Süd, West
 Jahreszeiten: 21.03 / 21.09, 21.06., 21.12.
 Uhrzeiten: 9:00 Uhr, 12:00 Uhr, 15:00-18:00 Uhr
 Standort: Berlin

Die Sonnenlichtstudien im Abschnitt „Raumtabelle und Simulationsbögen“ weisen für jede Bürosituation die anzusetzenden Sonnenstunden aus. Die Graphiken verdeutlichen, wie lange und in welcher Raumtiefe mit Sonnenlicht im Raum zu rechnen ist und dienen der besseren Einschätzung potenzieller Blendwirkungen.

Simulationsmethodik der Arbeitshilfe

Die vorliegende Arbeitshilfe betrachtet ausschließlich Büroräume. Sie umfasst 39 exemplarisch ausgewählte Raumsituationen und beschreibt deren jeweilige Versorgung mit Tageslicht durch Tageslichtsimulation und Sonnenlichtstudie.

Jede Raumsituation wird auf einem „Bogen“ erfasst. So dient die Arbeitshilfe einerseits als Einstieg in das komplexe Thema „Tageslicht“ und andererseits als Handbuch bzw. Nachschlagewerk, das durch den Vergleich simulierter Raumsituationen zu einer Abschätzung der potentiellen Tageslichtverfügbarkeit im eigenen Projekt verhelfen kann.

Raumzuschnitte

Um für den Bundesbau typische Büroräume zu betrachten, wurden in Anlehnung an die Vorgaben der RBBau (Muster 13, Punkt 3) folgende Kategorien unterschieden:

Einzelbüro | Mehrpersonenbüro | Sondersituationen

Im Einzel- und Mehrpersonenbüro wird der Fall eines mittleren Büros von in Reihe angeordneten Räumen in einem Regelgeschoss mit einseitiger Tagesbelichtung angenommen. In der Kategorie der Sondersituationen werden davon abweichende Raumgeometrien und Büroanordnungen betrachtet und das Tageslichtvorkommen z. B. im Großraumbüro oder bei Büros an Innen- bzw. Außenecken des Gebäudes simuliert.

Kombinatorik der Parameter

In der Arbeitshilfe wurden die gewählten Büroräume mit sechs Parametern kombiniert und deren Einfluss auf die Tageslichtverfügbarkeit im Innenraum untersucht. Dabei handelt es sich um folgende Aspekte und deren Ausprägungen:

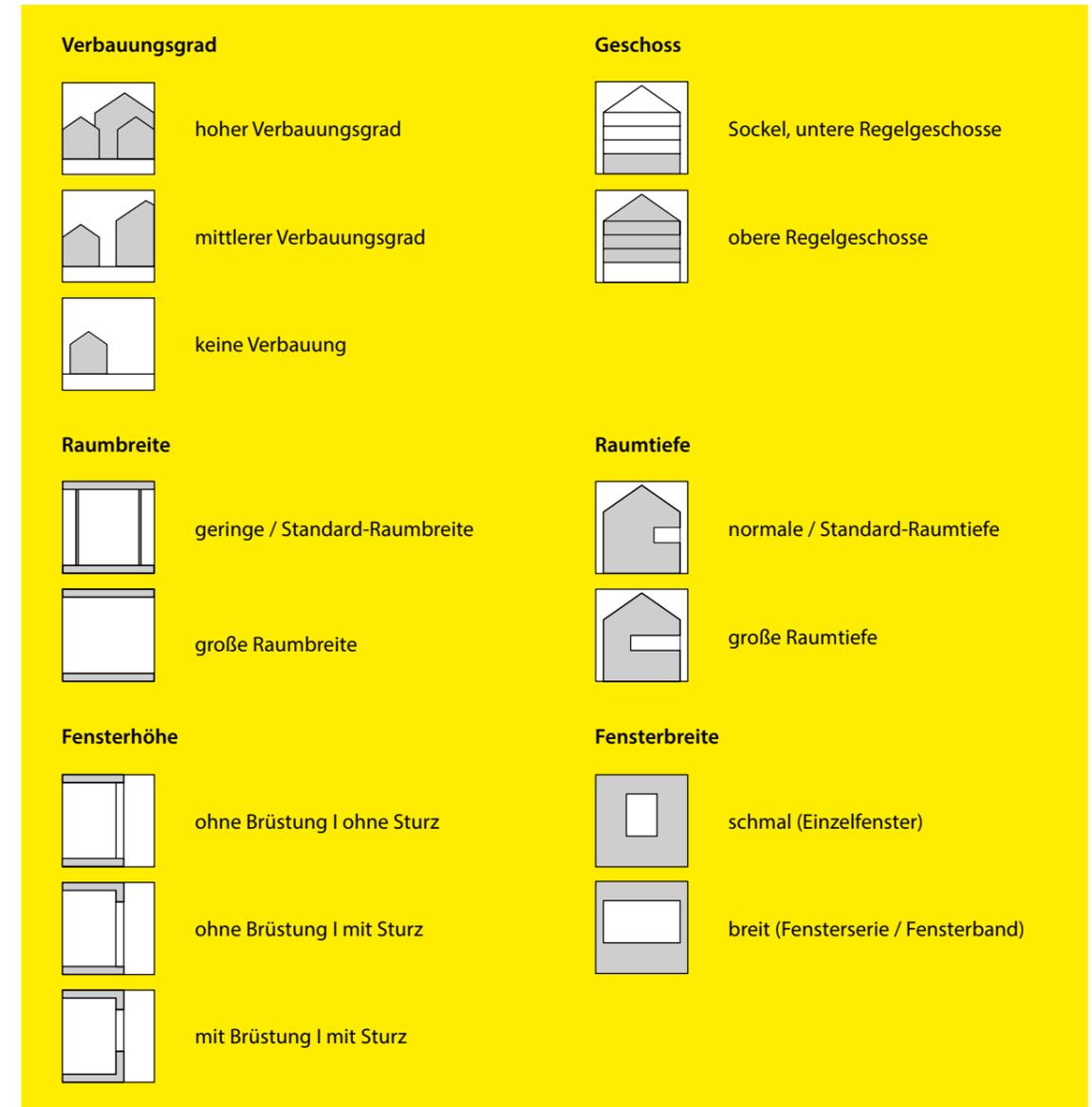


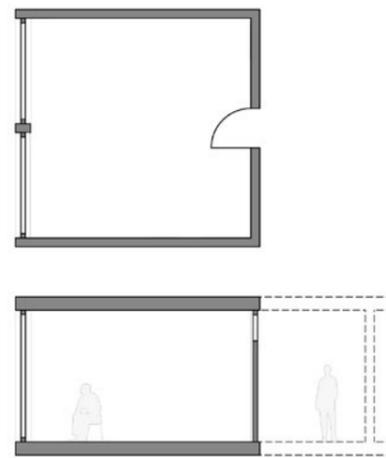
Abb. 9 Auswahl der Parameter – Darstellung als Icons gemäß Arbeitshilfe [Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

Die variablen Parameter beziehen sich in diesen Berechnungen ausschließlich auf rohbaurelevante Faktoren. Für ausbaurelevante Faktoren, insbesondere die Reflexionsgrade im Innen- und Außenbereich, wurden in jeder Bürosimulation identische Werte angenommen. Für den Transmissionsgrad der Verglasung wurde eine 3-fach Wärmeschutzverglasung, $t = 68\%$, eingesetzt, die Profildicke der Fenster beträgt einheitlich 10 cm. Mobile Sonnen- und Blendschutzvorrichtungen liegen außerhalb der Betrachtung.

Sonderbetrachtungen

Um den Einfluss konstruktiver Fassadenelemente auf eine für Bürogebäude gängigen Fassade auf die Tageslichtmenge im Raum zu verdeutlichen, wurden exemplarisch zwei zusätzliche Fälle an einem bereits simulierten Standardbüro betrachtet.

Im ersten Fall wurde ein 80 cm auskragendes Vordach hinzugefügt; der zweite Fall simuliert eine Doppelglasfassade.



Ergebnis der Simulation in der Ausgangssituation
DF 4,1 %

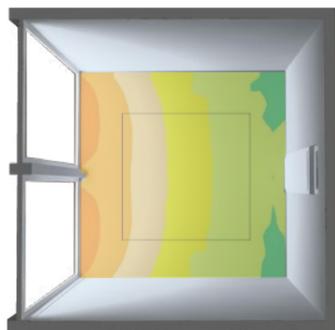
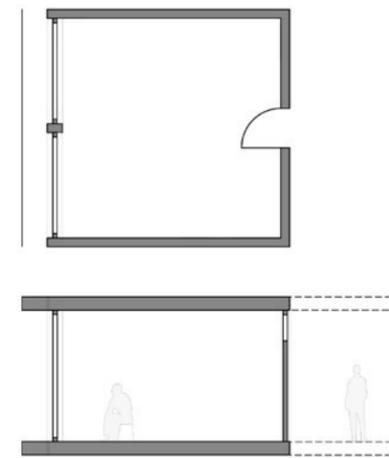


Abb. 10 a, b, c Ausgangssituation Referenzbüro 25 m² in Grundriss und Schnitt sowie Darstellung der Simulationsergebnisse mittels Falschfarben
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

A: Vordach



Nach erneuter Simulation des Büros mit zusätzlichem Vordach, sinkt der Tageslichtquotient von 4,1 % auf
DF 2,7%

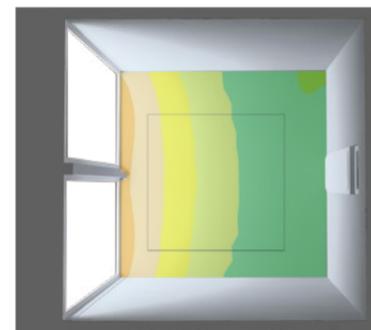
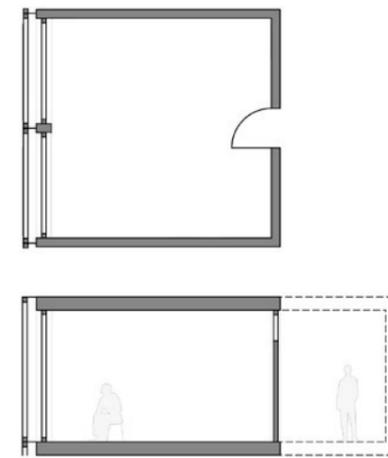


Abb. 11 a, b, c Sonderbetrachtung A: Ausgangssituation mit Vordach, Darstellung in Grundriss und Schnitt sowie der Simulationsergebnisse mittels Falschfarben
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

B: Doppelglasfassade



Nach erneuter Simulation des Büros mit zusätzlicher Glasfassade, sinkt der Tageslichtquotient von 4,1 % auf
DF 2,6%

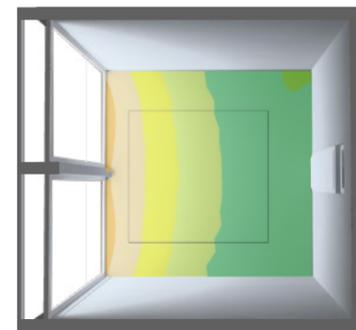


Abb. 12 a, b, c Sonderbetrachtung B: Ausgangssituation mit Doppelglasfassade, Darstellung in Grundriss und Schnitt sowie der Simulationsergebnisse mittels Falschfarben
[Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

Bürodaten in der Ausgangssituation

Mehrpersonenbüro (25 m²)

Fensteröffnung: raumhoch (kein Sturz, keine Brüstung) und raumbreit (2 Fensterelemente mit Pfeiler), Fenster mittig in Leibung angeordnet

Reflexionsgrad Innenoberflächen: 20 % (Boden), 50 % (Wand), 70 % (Decke)

Transmissionsgrad Fensterverglasung: 68%

Einfluss konstruktiver Fassadenelemente

Der Tageslichtquotient verändert sich maßgeblich, sobald bauliche Änderungen an der Fassade vorgenommen werden – ein während des Entwurfsprozesses oft selbstverständlicher Vorgang, der jedoch hinsichtlich der Versorgung mit Tageslicht große Qualitätsschwankungen hervorruft. Konstruktive Sonnenschutzelemente in horizontaler oder vertikaler Ausführung, auskragende Balkone und Vordächer sowie Vorhang- und Doppelfassaden aus Glas wirken sich immens auf den Tageslichtquotienten und somit auf die Tageslichtmenge im Inneren aus. Während Auskragungen den direkten Tageslichteinfall verhindern, reduziert die Doppelfassade den Tageslichteintrag durch weitere, die Transmission mindernde Glasschichten. Entscheidungen hierzu sind rohbaurelevante Parameter, die sowohl im Hinblick auf gute Tageslichtverfügbarkeit, aber auch in Bezug auf ihre Wechselwirkungen z. B. mit Aspekten des thermischen Komforts in der Planung abzustimmen sind.

Handberechnungen

Um die ausreichende Versorgung mit Tageslicht bereits im Entwurfsprozess steuern zu können, bietet es sich an, Abschätzungen mittels Handberechnungen oder graphischen Methoden vorzunehmen. Eine Reihe von Faustformeln stehen dazu zur Verfügung mit denen zügig und unkompliziert erste Qualitäten ermittelt und ggf. die Notwendigkeit einer detaillierten digitalen Berechnung in kritischen Gebäudebereichen abgeschätzt werden kann. Im Folgenden werden drei Möglichkeiten beschrieben:

Raumtiefenindex¹⁴

Der Raumtiefenindex ermittelt, inwieweit die gewählte Raumtiefe bei gegebener Raumbreite, Fensterhöhe und Reflexionsfläche ausreichend dimensioniert ist. Die Formel lautet:

$$\frac{L}{B} + \frac{L}{H_{\text{Fenster}}} < \frac{2}{(1-R_b)}$$

L = Raumtiefe in m

B = Raumbreite in m

H_{Fenster} = Sturz über OKF

R_b = mittlerer Reflexionsgrad der Innenraumflächen

¹⁴ British Standard 8206-2:1992

Bleibt der errechnete Wert links unterhalb des Wertes rechts, wird der hintere Raumbereich nicht zu dunkel wirken. Die Gleichung kann durch Umstellen auch hinsichtlich der anderen Werte aufgelöst und geprüft werden. Die Begrenzung dieser Formel besteht darin, dass der individuelle Verbauungsgrad nicht berücksichtigt wird. Somit ist die Anwendung der Raumtiefenindex-Berechnung nur bei unverbauter Situation aussagekräftig bzw. bei verbauter Umgebung entsprechend zu interpretieren.

No sky line¹⁵

Die „No Sky Line“ beschreibt eine gedachte Linie, die angibt, wie weit in den Raum hinein direktes Himmelslicht auf die potenzielle Arbeitsfläche fällt. Jenseits dieser Linie ist davon auszugehen, dass Flächen eher spärlich belichtet wirken und zusätzliches Kunstlicht benötigt wird.

Im Gegensatz zum Raumtiefenindex, berücksichtigt die Ermittlung der „No Sky Line“ die umliegende Bebauung. Um die Grenzlinie im Raum festzulegen, muss im Schnitt zwischen der Oberkante der gegenüberliegenden Bebauung und der Oberkante des Fensters eine Verbindungslinie gezogen und verlängert werden, bis sie die Arbeitsebene in Höhe von ca. 85 cm trifft. In diesem Punkt wird die Linie parallel zur Fensterlinie in den Grundriss übertragen. Je weiter die „No Sky Line“ im Raum liegt, desto tiefer wird dieser belichtet.

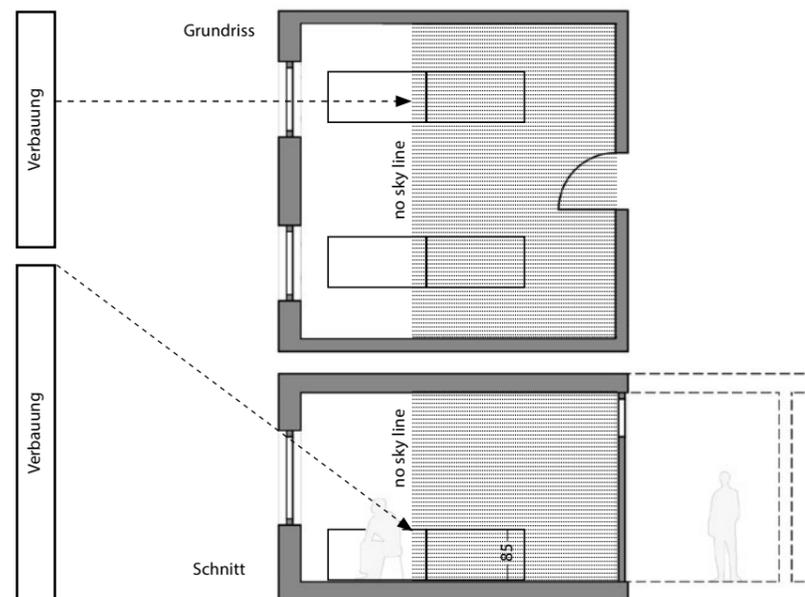


Abb. 13 graphische Ermittlung der No Sky Line [Graphik: Sandra Lorenz / BBSR]

¹⁵ Lighting Guide LG 10: 1999; DIN 17037

Durchschnittlicher Tageslichtquotient¹⁶

Ähnlich wie bei der digital errechneten Tageslichtmenge, gibt die Faustformel den mittleren Tageslichtquotienten als Maß für die allgemeine Tagesbelichtung an. Sie berücksichtigt folgende Faktoren:

$$DF = \frac{T \cdot A_w \cdot \theta \cdot M}{A \cdot (1-R^2)} \%$$

- T = Transmissionsgrad der Verglasung
- A_w = Fläche der Verglasung in m²
- θ = Winkel des Lichteinfalls zwischen Sturz und Verbauung
(keine Verbauung θ = 90°)
- M = Abminderungsfaktor für Verschmutzung (0,88)
- A = Innenflächen (Boden, Decke, Wände inkl. Fensterfläche) in m²
- R = mittlerer Reflexionsgrad aller Innenraumoberflächen
- DF = Daylight-Factor (mittlerer Tageslichtquotient)

Es gilt wie zuvor: Je höher der Tageslichtquotient, desto höher die Tageslichtmenge im Raum.

Die Ergebnisse der digitalen Tageslichtsimulationen wurden stichprobenartig mit den Ergebnissen aus den drei Handberechnungen verglichen und validiert:

Es zeigt sich, dass die Berechnung einer angemessenen Raumtiefe über den **Raumtiefenindex** bei gegebenen Raum-, Fenster- und Reflexionsmerkmalen eher großzügig als konservativ ausfällt. Die Ergebnisse sollten daher immer in Verbindung mit den Aussagen anderer Faustregeln beurteilt werden. Als erster Anhaltspunkt kann sie jedoch hilfreich sein.

Die **No Sky Line** gibt Auskunft über Gebäude mit einer umliegenden Bebauung. Bezogen auf die Simulationsergebnisse liegt die no sky line in den betrachteten Fällen stets kurz hinter der 100 lx Linie und zeigt somit die Grenze zu den unzureichend mit Tageslicht belichteten Flächen auf. Sie ist eine äußerst verlässliche Rechenhilfe für die zeichnerische Einschätzung der Tageslichtqualität im innerstädtischen Kontext.

Der **per Hand berechnete Tageslichtquotient** ausgewählter Büroräume lag sehr nah an den digital errechneten Werten über das Tageslichtsimulationstool Dialux. So ist die Formel hinsichtlich digital errechneter Quotienten ein gleichermaßen nützliches Instrument, um erste Aussagen zur vorhandenen Tageslichtmenge treffen zu können.

Die beschriebenen Faustformeln sind Annäherungen zur Beschreibung der Tageslichtqualität. Sie eignen sich für einfache Raumgeometrien, die über Seitenlicht mit Tageslicht versorgt werden. Bei komplexer Raumgeometrie oder Mischung der Belichtung aus Seiten- und Oberlicht, ist für die Überprüfung die digitale Tageslichtsimulation angeraten. Wie alle Faustformeln sollten diese flexibel und mit Interpretationsspielraum angewandt werden.

¹⁶ British Standard: BS 8206-2:1992

Die Auswertung der Simulationenergebnisse zeigt, dass ein Tageslichtquotient von mindestens 2 % nicht durch die maximale Ausprägung nur eines Parameters, wie z. B. raumhohe Fenster oder raumbreite Verglasung erreicht werden kann.

In der Mehrheit wurden Tageslichtquotienten von 2 % und mehr errechnet, sobald in unteren Geschossen ohne Verbauung oder in oberen Geschossen mit mittlerem bis hohem Verbaugrad große Fensteröffnungen kombiniert wurden.

Einfluss der fixen und variablen Parameter

Verbauung

Der Grad der Verbauung ist der wesentliche fixe Parameter, der sich auf den Tageslichteinfall am ungünstigsten auswirken kann. Die Verbauung bezieht sich dabei nicht nur auf Gebäudekomplexe, die im innerstädtischen Kontext wechselseitig den direkten Tageslichteinfall verhindern, sondern auch auf Innenhof- und Atriumsituationen oder nachteilige Vor- und Rücksprünge.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass bei identisch gewählten sonstigen Parametern eine massive Reduzierung des Tageslichtquotienten zwischen den einzelnen Ausprägungen eintreten kann. In unteren Geschossen wurde zwischen einer freien Umgebungssituation und einer Situation mit mittlerem Verbaugrad ein um 50-75 % geringerer Tageslichtquotient ermittelt; bei einem hohen Verbaugrad sogar ein um 75-80 % geringerer Wert. Der massive Einfluss des Verbaugrades auf die Tageslichtverfügbarkeit ist allerdings nur in den unteren Geschossen relevant, während er in den oberen Etagen keinen Einfluss hat, sofern die umgebende Bebauung nicht höher als das zu untersuchende Gebäude ist. In der Simulation ergaben sich hier bei allen Ausprägungen nahezu identische Werte.

Geschoss

Die fixen Parameter Geschoss und Verbauung sind eng miteinander verflochten. Je niedriger die Etage des betrachteten Raumes, je näher und höher die gegenüberliegende Fassade und je niedriger deren Reflexionsgrade, desto geringer die Tageslichtmenge im Innenraum. Bei identisch gewählten sonstigen Parametern reduzierten sich die berechneten Tageslichtquotienten eines Büroraumes in der Sockelzone bzw. in einem unteren Geschoss im Vergleich zu einem Büro in den oberen Etagen deutlich um bis zu 80 % bei hohem Verbaugrad und bis zu 55 % bei einem mittlerem Verbaugrad.

Fensterhöhe | Sturz & Brüstung

Da sich die Berechnung des Tageslichtquotienten wesentlich auf eine Nutzebene in 85 cm Höhe bezieht und von sitzender Tätigkeit am Arbeitsplatz im Büro ausgeht, ist die Minimierung des Sturzes der am Fenster effektivste Vorgang, um eine größere Menge an Tageslicht sowie eine bessere Verteilung bis in tiefere Raumbereiche zu erzielen. Die Vergrößerung der Fensterhöhe über die Minimierung der Brüstungshöhe

< 90 cm hat positive Auswirkung auf die Ausblickmöglichkeit, jedoch weniger direkte Wirkung auf die Menge oder Verteilung des Lichts am Arbeitsplatz bzw. im Raum.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass sich der Tageslichtquotient verdoppelt, wenn ein Fenster mit Brüstung und Sturz raumhoch vergrößert wird.

Fensterbreite

Anders als die Sturzhöhe, die die Tiefe des Lichteinfalls in den Raum bestimmt, sorgt die horizontale Erweiterung des Fensters grundsätzlich für Optimierungsmöglichkeiten der Lichtmenge in den vorderen, fensternahen Raumbereichen. In dieser begrenzten Wirkungszone kann die Lichtmenge über die Fensterbreite stark beeinflusst werden und zu einer Erhöhung des Tageslichtquotienten führen. Tiefere Raumbereiche profitieren davon erst, wenn die seitliche Vergrößerung des Fensters zu belichteten Eckbereichen führt und über eine Wechselreflexion der Innenwandoberflächen das reflektierte Licht in die Raumtiefe gelangt.

In der Simulation führte, abhängig vom Raumzuschnitt, bei identisch gewählten sonstigen Parametern eine Verdopplung der Fensterbreite zu einem ca. 3-fach größeren Tageslichtquotienten.

Raumbreite

Der Einfluss der Raumbreite korreliert in den Simulationen mit der Fensterbreite, aber er zeigt sich schwächer als der Einfluss der Raumtiefe und der Fensterhöhe. Eine raumbreite Fassade steigert die Helligkeit auch auf den seitlichen Raumwänden und erhöht damit die Rückreflexion.

Raumtiefe

Zunehmende Raumtiefen führen zu einer starken Abnahme der durchschnittlichen Lichtmenge. Selbst wenn der vordere Bereich des Raumes gut belichtet ist, bedingen große Raumtiefen schlecht belichtete Bereiche der fensterfernen Flächen und führen dort zu eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten. Bei gleicher Fassaden- und Fensterorganisation verschlechtert sich der Tageslichtquotient bei einer Erhöhung der Raumtiefe bereits ab 1 m signifikant.

Die Ergebnisse der Simulation weisen zwischen den Ausprägungen der Raumtiefe von 5,00 m und der von 7,60 m bei sonst identischen Parametern eine Reduzierung des Tageslichtquotienten um etwa 30 % aus.

Die rechnerische Auswertung der Simulationsreihen erlaubt eine erste Filterung der Parameter hinsichtlich konventioneller Büroraumzuschnitte und Fensterformate. Eine pauschale, nach dem Wirkungsgrad orientierte, hierarchische Abfolge der Parameter kann dabei nur bedingt erhoben werden. Im Allgemeinen können die Sturzhöhe des Fensters, die Raumtiefe, vor allem aber der Verbaugrad der unmittelbaren Umgebung in Verbindung mit der Höhenlage im Gebäude als die wirkungstärksten Faktoren der Tageslichtverfügbarkeit herausgestellt werden. Die Fensterbreite korreliert unmittelbar mit der Raumbreite. Diese wirken allerdings schwächer als Sturzhöhe und Raumtiefe. So erzeugt beispielsweise eine Verringerung des Sturzes einen höheren Tageslichtquotienten, als die seitliche Erweiterung des Fensters bei gleicher Fensterflächenzunahme. Von Vorteil zeigt sich die größere Raumbreite mit proportional steigender Fensterbreite vor allem bei der Umsetzung eines flexiblen, tagesbelichteten Möblierungskonzepts.

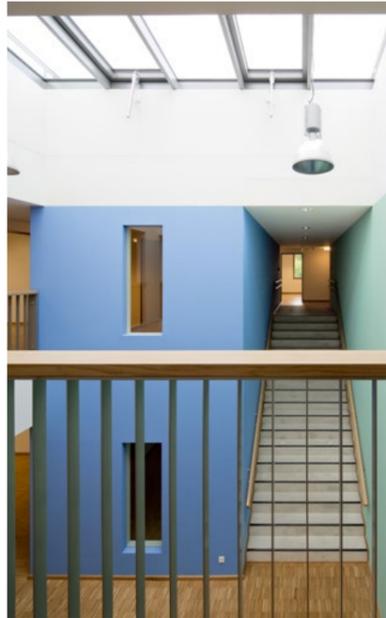


Abb. 14 Foyer mit Oberlicht, Umweltbundesamt (UBA) Haus 2019 in Berlin-Marienfelde
[Foto: andreas meichsner photography]



Abb. 15 Innenliegende Teeküche mit Fenster zum Foyer, UBA Haus 2019 in Berlin-Marienfelde
[Foto: andreas meichsner photography]



Abb. 16 2-Personen-Eckbüro, UBA Haus 2019 in Berlin-Marienfelde
[Foto: andreas meichsner photography]

Planungshinweise für Büro- und Verwaltungsgebäude

Licht als Gestaltungselement der Architektur fordert die Integration von Tageslicht beeinflussenden Faktoren bereits zu Beginn der Projektplanung. Die folgenden Hinweise dienen der Überprüfung von Grundqualitäten für den einzelnen Raum sowie der Betrachtung des Gebäudes insgesamt, die durch wenige Eingriffe während der Entwurfsplanung erzielt werden können:

- Zu Beginn des Entwurfes ist die Topographie, die umgebende Bebauung sowie die Lage des Baufeldes bezüglich der Himmelsrichtung zu untersuchen. Die Aussagen dieser Voruntersuchung dienen als Grundlage, die Gebäudetypologie auch hinsichtlich einer guten Tageslichtverfügbarkeit zu entwickeln.
- Bürogebäude mit geringer Gebäudetiefe haben den Vorteil, dass die Verwendung von Seitenlicht meist genügt, um gute Ergebnisse bei der Tageslichtverfügbarkeit zu erzielen. Bei kompakten, tiefen Gebäuden ist die Planung von Innenhöfen bzw. Atrien sinnvoll, um das Tageslicht in die Gebäudemitte zu führen und so das Gebäude insgesamt besser belichten zu können. Allerdings nimmt die Tageslichtmenge in Atrien, Höfen usw. in den unteren Geschossen stark ab, sodass dort vornehmlich Räume für den temporären Aufenthalt unterzubringen sind.
- Bei der Planung des Grundrisses sind Räume nach Bedarf und Nutzung zum Tageslicht hin zu orientieren. Dies gilt insbesondere für ständige Arbeits- und Aufenthaltsräume. Je nach Gebäudetypologie sind schmale und tiefe Räume zu vermeiden. Hingegen bieten breite, an der Fassade entlang geführte Räume mit moderater Raumtiefe bei passender Fensterplanung optimale Bedingungen für eine gleichmäßige Versorgung mit Tageslicht
- Die Fassadenplanung ist einer der wichtigsten Entwurfsaspekte zur Umsetzung guter Tageslichtverhältnisse. Da die Fassade, neben der Belichtung des Raumes, weitere bautechnische Aufgaben zu erfüllen hat, sind die jeweiligen Konfliktpotenziale in den frühen Leistungsphasen zu definieren, abzuwägen und Eigenschaften optimal aufeinander abzustimmen. Die Ausführung der Fassade ist generell unter Berücksichtigung der Himmelsrichtung hinsichtlich konstruktiven Sonnenschutz-einrichtungen oder anderen Tageslicht bestimmenden Indikatoren zu prüfen.
- Um eine gute Tageslichtverfügbarkeit im Büroraum zu gewährleisten, sind grundsätzlich folgende Aspekte in Grundriss und Fassade zu beachten:
 - ausreichend dimensionierte Fensterfläche mit geringer Sturzhöhe planen, dabei auf Rahmenanteil und Transmissionswerte des Glases achten
 - moderate Raumtiefen
 - Reflexionsflächen über Farb- und Materialwahl im Innen- und Außenbereich zur Regulierung der Tageslichtmenge nutzen
 - Konzeptionierung einer bewussten, nach dem gewünschten Lichtverhältnis orientierten Büromöblierung
 - konstruktive Sonnenschutzvorrichtungen für den Fall direkt einfallenden Sonnenlichts zum Generieren erwünschter Verschattung

- Zur Qualitätskontrolle eines Entwurfsstandes ist die Lichtmenge in repräsentativen Räumen sowie in kritischen Bereichen mittels Handberechnungen oder über digitale Tageslichtsimulationen zu ermitteln. Sind die interpretierten Ergebnisse zufriedenstellend, kann von ausreichender Tagesbelichtung ausgegangen werden.
- Wird die berechnete Tageslichtmenge für unzureichend erklärt, sind folgende Aspekte zu prüfen:
 - Fensterdimensionierung: Ist das Fenster bereits raumhoch, ist eine seitliche Erweiterung der Fensterfläche vorzunehmen
 - Raumtiefe verringern
 - Reflexionsflächen erhöhen
 - Büroraumverbindungen in Form von verglasten Wandflächen herstellen
 - Tageslichtlenkung einsetzen
- Sollte die Tageslichtverfügbarkeit am Standort aufgrund ungünstiger Gegebenheiten von vornherein begrenzt sein, ist ein intelligentes Kunstlichtkonzept als Ergänzung zum Tageslicht zu entwickeln.
- Neben der Betrachtung der Tageslichtverfügbarkeit sollten Studien zum Vorkommen des Sonnenlichts je Himmelsrichtung angestellt werden, um unter Berücksichtigung der verfügbaren Sonnenstunden Aufschluss über potenzielle Blendwirkung und Überhitzung aber auch mögliche Möblierungsvarianten zu erlangen.
- Weist ein Raum Überbelichtungs- bzw. Überhitzungspotenziale auf, ist folgendes angeraten:
 - Wahl einer passenden Verschattung im Außenbereich (Sonnenschutzvorrichtung)
 - Wahl eines passenden Blendschutzes raumseitig
 - Vermeidung extremer Kontrastwirkungen bzw. Abdämpfen der Oberflächen- und Materialfarben
 - Umstrukturierung des Möblierungskonzeptes: In stark belichteten, fensternahen Zonen kann der Arbeitsbereich tiefer ins Rauminnere gerückt werden.
- Die Ausblickmöglichkeit, die dem Wohlbefinden und der Orientierung dient, ist ebenfalls der Tageslichtqualität zuzuordnen. Bei der Umsetzung guter Bürokonzepte unter Aspekten der Tageslichtplanung ist stets das Bedürfnis nach Privatsphäre mit dem Bedürfnis nach direkten Sichtverbindungen zum Außenraum abzuwägen – maximaler Ausblick bei minimalem Einblick.
- Neben der qualitätvollen Tageslichtplanung des einzelnen Büroraums ist auch die Gesamtqualität des Gebäudes zu steigern. Innenliegende Flur- und Aufenthaltsbereiche können durch Verglasungen im Wand- oder Türbereich angrenzender, mit Tageslicht versorgter Büros indirekt natürlich belichtet werden. Zusätzlich können, bei ausreichend zur Verfügung stehender Fläche, durch partielles Wegfallen von Bürozellen wertvolle Tageslichtsituationen für Gemeinschaftsflächen entstehen. Nicht nur über die direkte Tageslichtzufuhr, sondern auch über den Außenraumbezug sorgt dieser Eingriff in der Grundrissplanung für signifikante, gebäudebezogene Qualitätssteigerung.

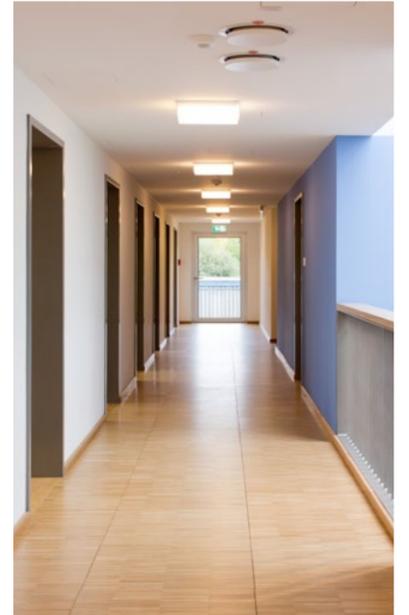


Abb. 17 Flur mit Blickbeziehung zum Außenraum, UBA Haus 2019 in Berlin-Marienfelde
[Foto: andreas meichsner photography]

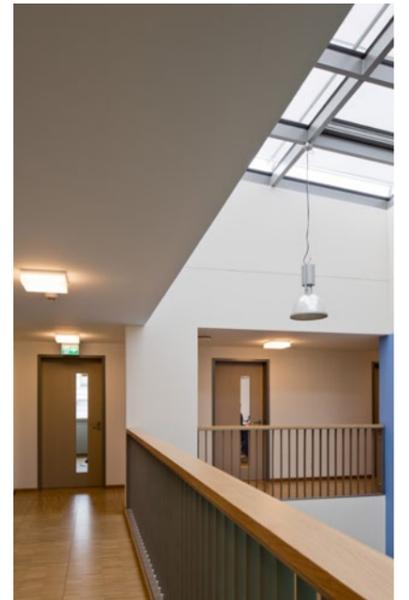


Abb. 18 Bürotüren mit Glasanteil, UBA Haus 2019 in Berlin-Marienfelde
[Foto: andreas meichsner photography]

Fazit

Zur Umsetzung ästhetischer und qualitätvoller Architektur und im Sinne der Nachhaltigkeit ist Tageslicht ein unverzichtbares Gestaltungselement. Entwürfe sollten daher bereits in frühen Phasen bezüglich des visuellen Nutzerkomforts geprüft werden.

Die Berechnung des Tageslichtquotienten bzw. des Daylight Factors ist ein hilfreiches Bewertungskriterium, um die Lichtmenge in Büroräumen einschätzen zu können. Sofern Simulationen erstellt oder Handrechnungen vorgenommen wurden, die in repräsentativen Büroräumen einen Tageslichtquotienten unter 2 % ermitteln, sollte der Entwurf überarbeitet werden. Geringe Anpassungen der Fassade führen oft zu deutlichen Verbesserungen.

Eine gute Versorgung mit Tageslicht wird jedoch keinesfalls allein durch einen hohen Tageslichtquotienten definiert. Hohe Tageslichtmengen in Verbindung mit hohen Leuchtdichten und Kontrasten können als blendend bzw. ein relativ niedriger Tageslichtquotient als ausgeglichen empfunden werden. Erst die Kombination aus Berechnung und allgemeinem Verständnis für Tageslicht, bei dem auch andere für den visuellen Komfort wesentliche Aspekte, wie etwa Blendwirkung, Kontraste und Ausblick, aber auch Überhitzung oder Möblierung, berücksichtigt werden, ermöglicht eine verbesserte Tageslichtplanung in Büro- und anderen Räumen.

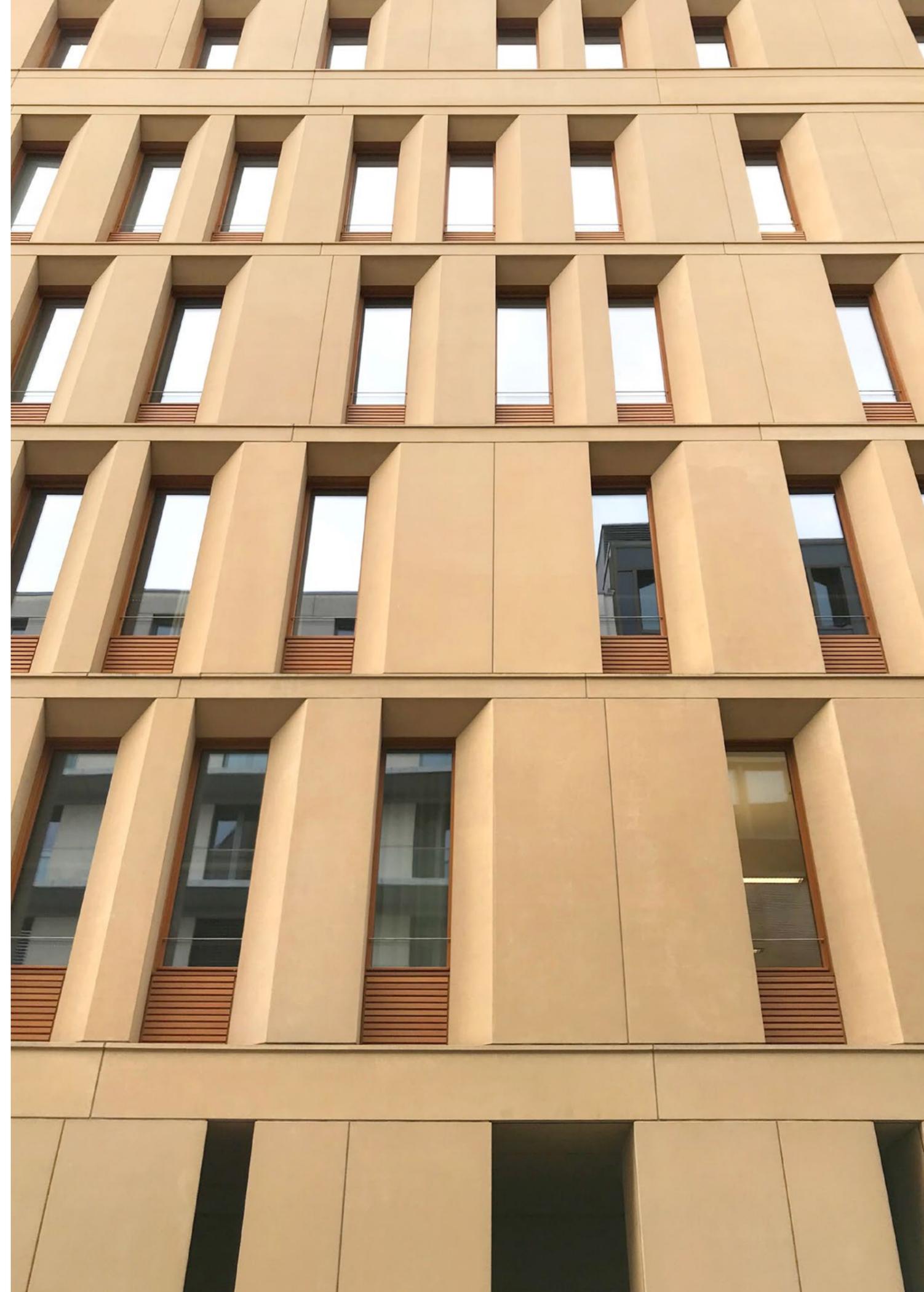
Der bewusste Umgang mit den Tageslicht beeinflussenden Parametern – fixe sowie variable, rohbau- und ausbaurelevante Aspekte – bildet eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Umsetzung einer guten Tageslichtversorgung in Gebäuden und Räumen. Besonders für Gebäude im innerstädtischen Kontext mit einem mittleren bis hohen Verbauungsgrad, weil dort die Tageslichtquotienten in Innenräumen von den oberen Geschossen bis zum Sockel erheblich abnehmen, empfiehlt es sich, Studien zur Tageslichtverfügbarkeit und Variantenuntersuchungen zur Fassadengestaltung in frühen Entwurfsphasen zur Regel zu machen.

Für die Planung empfiehlt es sich, mit den vorgenannten Kenntnissen und einem Simulationsprogramm die seit 2019 geltende DIN EN 17037 anstatt der älteren DIN 5034 anzuwenden. Während die ältere DIN eine festgelegte Nutzenebene definiert, womit flexible Möblierungskonzepte nicht beurteilt werden können, betrachtet die neue DIN Zielbeleuchtungsstärken im gesamten Raum. Damit wird der Innenraumgestaltung mehr Spielraum gegeben. Die Beurteilung der Tageslichtmenge wird nicht mehr vornehmlich aus der Größe der Glasfläche in der Fassade ermittelt, sondern Reflexionen und lokale Kenndaten fließen ebenfalls ein.

In Folge kann ermittelt werden, ob ein Zielwert (z. B. 500 lx) auf 50 % der Fläche zu 50 % der Tageslichtstunden erreicht wird und wie hoch die Tageslichtautonomie ist. Außerdem liegt der Schwerpunkt nicht nur auf der Tageslichtmenge, sondern auch auf dem Ausblick, der Besonnung und der Blendung im Raum. Damit werden alle Qualitäten des Tageslichtes berücksichtigt.

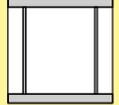
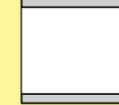
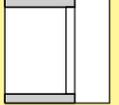
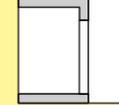
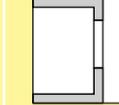
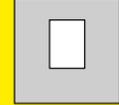
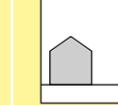
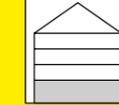
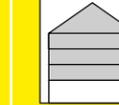
Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) wird sich den aktuellen Entwicklungen anpassen, so dass Tageslichtplanung vereinfacht und vereinheitlicht werden kann. Mit dieser Arbeitshilfe soll die Gestaltung von Innenräumen, in denen wir 90 % unserer Zeit verbringen, mit wohltuend ausgewogenem Tageslicht unterstützt werden.

Abb. 19 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) in Berlin [Foto: BBSR, Juliane Jäger]



**RAUMTABELLE UND
SIMULATIONSBOGENEN**

Raumtabelle

BOGEN NR	RAUMBREITE		RAUMTIEFE		FENSTERHÖHE STURZ & BRÜSTUNG				FENSTERBREITE		VERBAUUNGSGRAD			GESCHOSS		DAY- LIGHT FACTOR DF
																
EINZELBÜRO																
1.01	2,40 m		5,00 m				1,50 m		1,20 m				keine VB	Sockelzone		0,8
1.02	2,40 m		5,00 m				1,50 m			2,40 m			keine VB	Sockelzone		1,7
1.03	2,40 m		5,00 m		3,00 m				1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,6
1.04	2,40 m		5,00 m		3,00 m				1,20 m		hoher VB-grad			Sockelzone		0,4
1.05	2,40 m		5,00 m		3,00 m				1,20 m		hoher VB-grad				Obergeschoss	1,6
1.06	2,40 m		5,00 m		3,00 m				1,20 m			mittlerer VB-grad		Sockelzone		0,7
1.07	2,40 m		5,00 m		3,00 m				1,20 m			mittlerer VB-grad			Obergeschoss	1,6
1.08	2,40 m		5,00 m		3,00 m					2,40 m			keine VB	Sockelzone		3,3
1.09	2,40 m		5,00 m		3,00 m					2,40 m	hoher VB-grad			Sockelzone		0,8
1.10	2,40 m		5,00 m		3,00 m					2,40 m	hoher VB-grad				Obergeschoss	3,3
1.11	2,40 m		5,00 m		3,00 m					2,40 m		mittlerer VB-grad		Sockelzone		1,2
1.12	2,40 m		5,00 m		3,00 m					2,40 m		mittlerer VB-grad			Obergeschoss	3,3
1.13	2,40 m		5,00 m			2,70 m			1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,3
1.14	2,40 m		5,00 m			2,70 m				2,40 m			keine VB	Sockelzone		2,6
1.15	2,40 m			7,60 m	3,00 m				1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,1
1.16	2,40 m			7,60 m	3,00 m					2,40 m			keine VB	Sockelzone		2,2
MEHRPERSONENBÜRO																
2.01		5,00 m	5,00 m				1,50 m		2 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		0,9
2.02		5,00 m	5,00 m				1,50 m			2 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		2,1
2.03		5,00 m	5,00 m		3,00 m				2 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,8
2.04		5,00 m	5,00 m		3,00 m				2 x 1,20 m		hoher VB-grad			Sockelzone		0,4
2.05		5,00 m	5,00 m		3,00 m				2 x 1,20 m		hoher VB-grad				Obergeschoss	1,7
2.06		5,00 m	5,00 m		3,00 m					2 x 2,40 m		mittlerer VB-grad		Sockelzone		0,5
2.07		5,00 m	5,00 m		3,00 m				2 x 1,20 m			mittlerer VB-grad			Obergeschoss	1,7
2.08		5,00 m	5,00 m		3,00 m					2 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		4,1
2.09		5,00 m	5,00 m		3,00 m					2 x 2,40 m	hoher VB-grad			Sockelzone		0,8
2.10		5,00 m	5,00 m		3,00 m					2 x 2,40 m	hoher VB-grad				Obergeschoss	3,9
2.11		5,00 m	5,00 m		3,00 m					2 x 2,40 m		mittlerer VB-grad		Sockelzone		1,0
2.12		5,00 m	5,00 m			2,70 m			2 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,3
2.13		5,00 m	5,00 m			2,70 m				2 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		3,1
2.14		5,00 m		7,60 m	3,00 m				2 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,3
2.15		5,00 m		7,60 m	3,00 m					2 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		2,9
SONDERSITUATION																
3.01		5,00 m	5,00 m			2,70 m			4 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		2,6
3.02		5,00 m	5,00 m			2,70 m				4 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		6,0
3.03	2,40			7,60 m		2,70 m			3 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		2,8
3.04	2,40			7,60 m		2,70 m				3 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		6,6
3.05		5,00 m		7,60 m	3,00 m				1 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		0,5
3.06		5,00 m		7,60 m	3,00 m					1 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		1,0
3.07		18,00 m		12,90 m		1,50 m			14 x 1,20 m				keine VB	Sockelzone		1,0
3.08		18,00 m		12,90 m		1,50 m				14 x 2,40 m			keine VB	Sockelzone		2,4

Einzelbüro

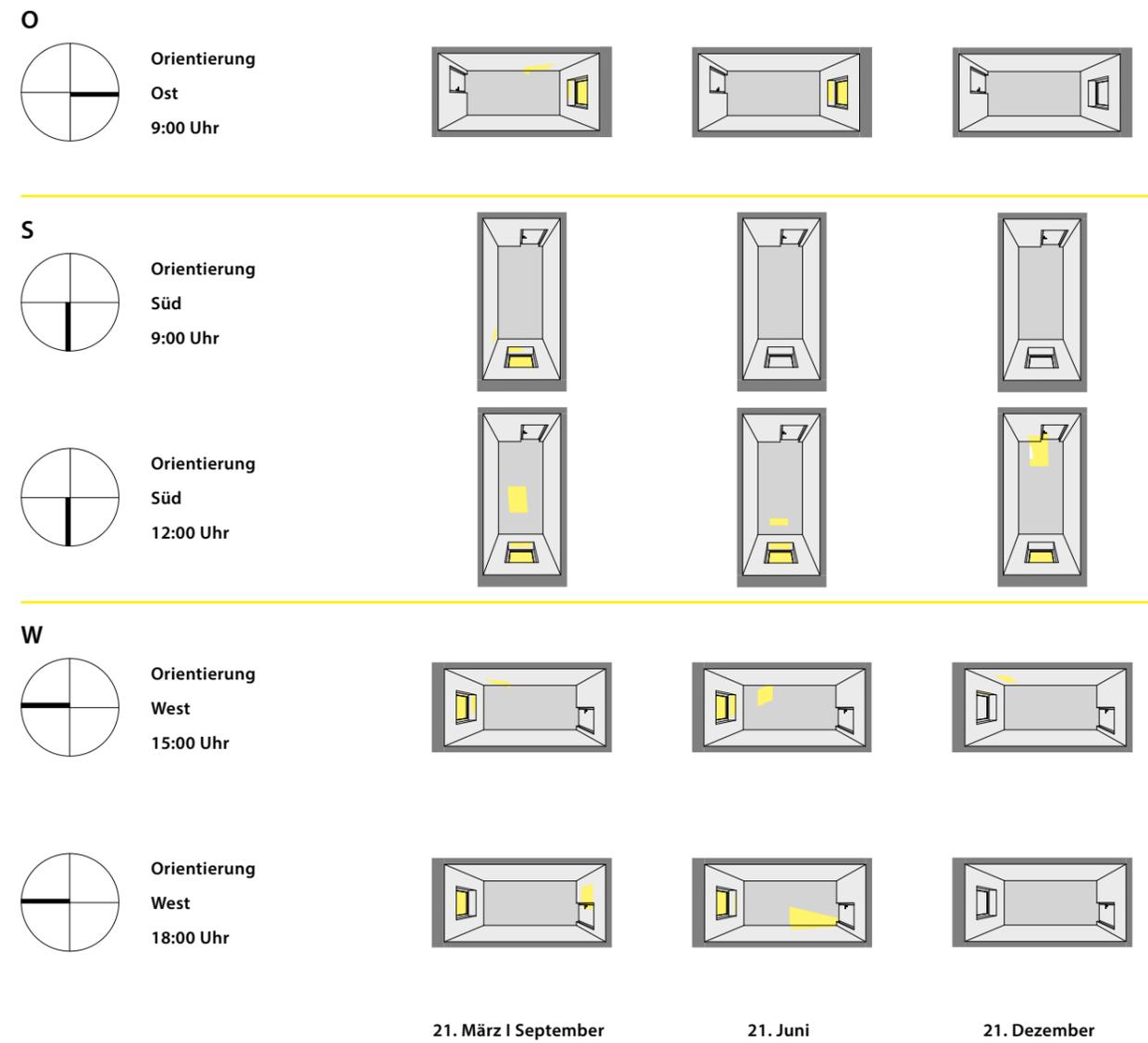


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 1,20 m
 Fensterhöhe 1,50 m | Brüstungshöhe 0,90 m | Sturzhöhe 2,40 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,8 %
minimal	0,3 %
maximal	2,6 %

SONNENSTUNDEN

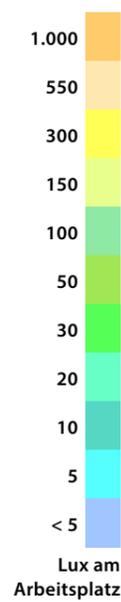
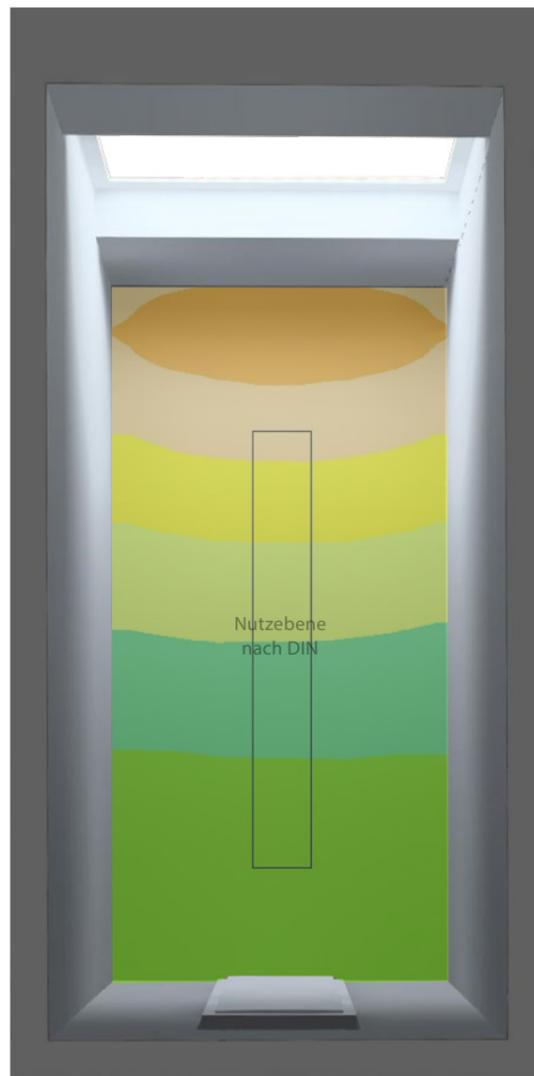
O	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	6:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Einzelbüro

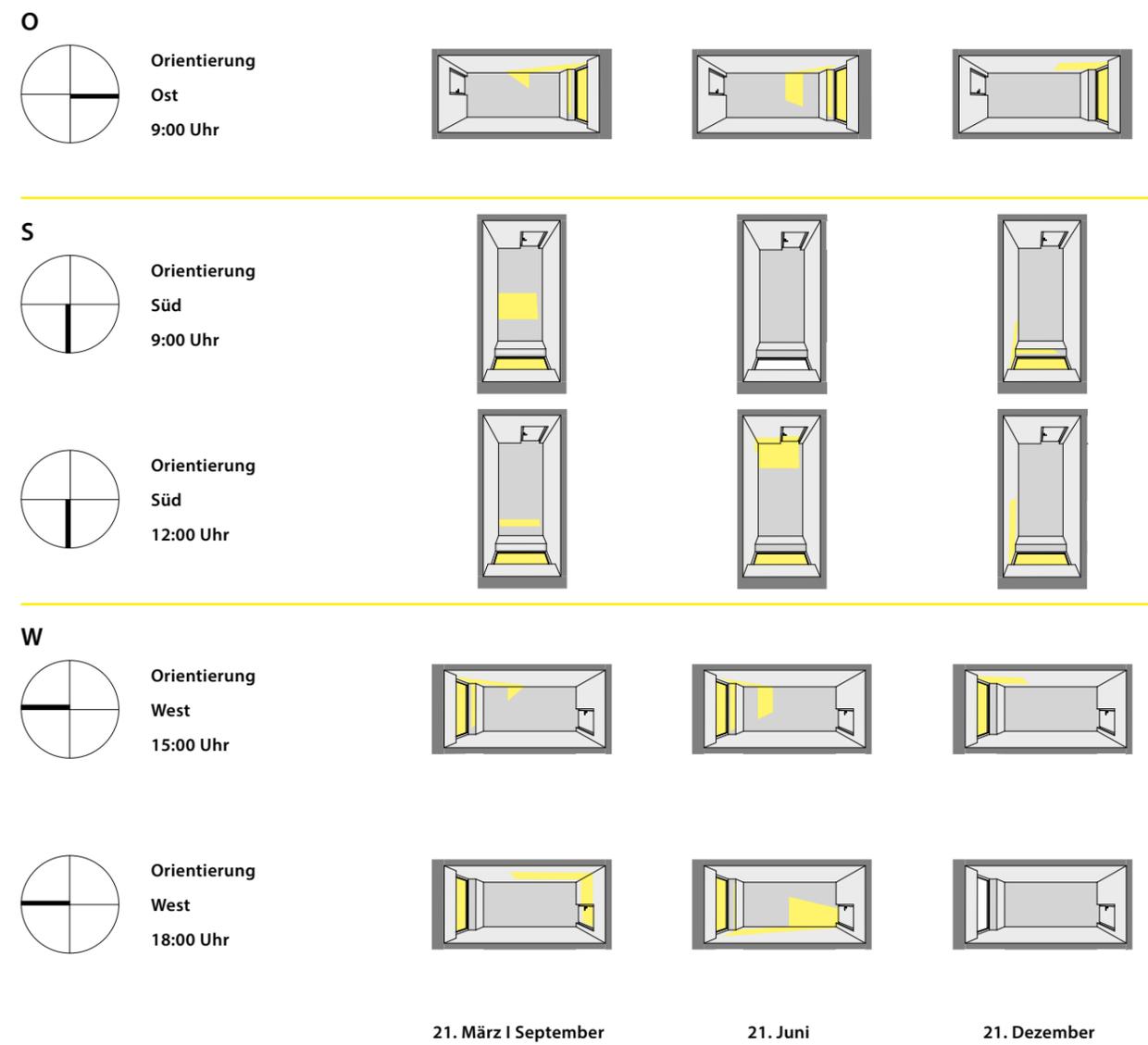


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2,40 m
 Fensterhöhe 1,50 m | Brüstungshöhe 0,90 m | Sturzhöhe 2,40 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,7 %
minimal	0,6 %
maximal	5,0 %

SONNENSTUNDEN

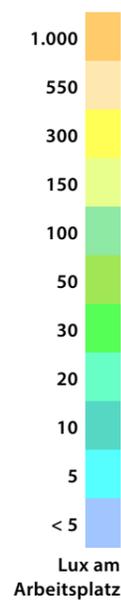
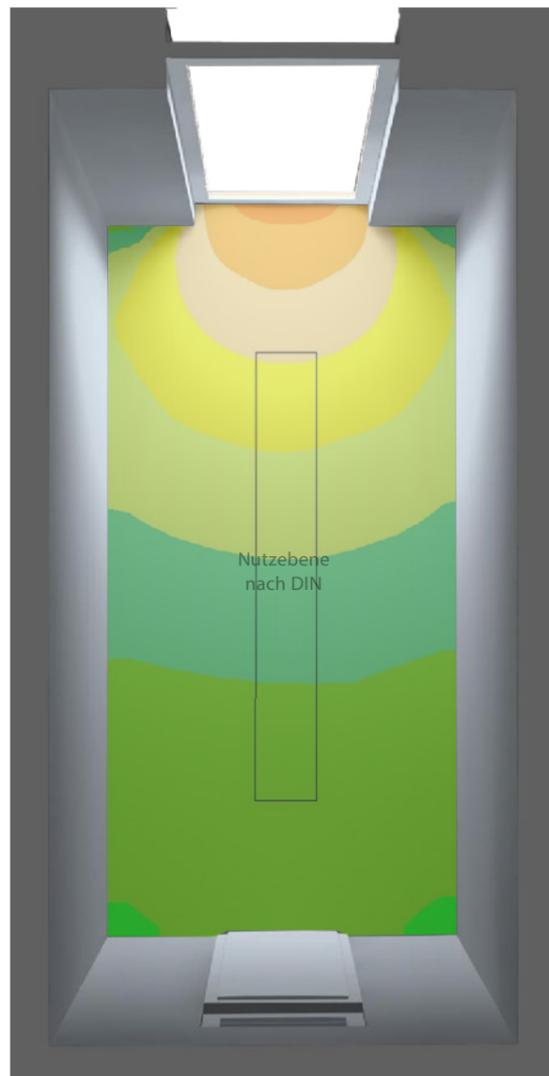
O	5:15 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	9:45 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Einzelbüro

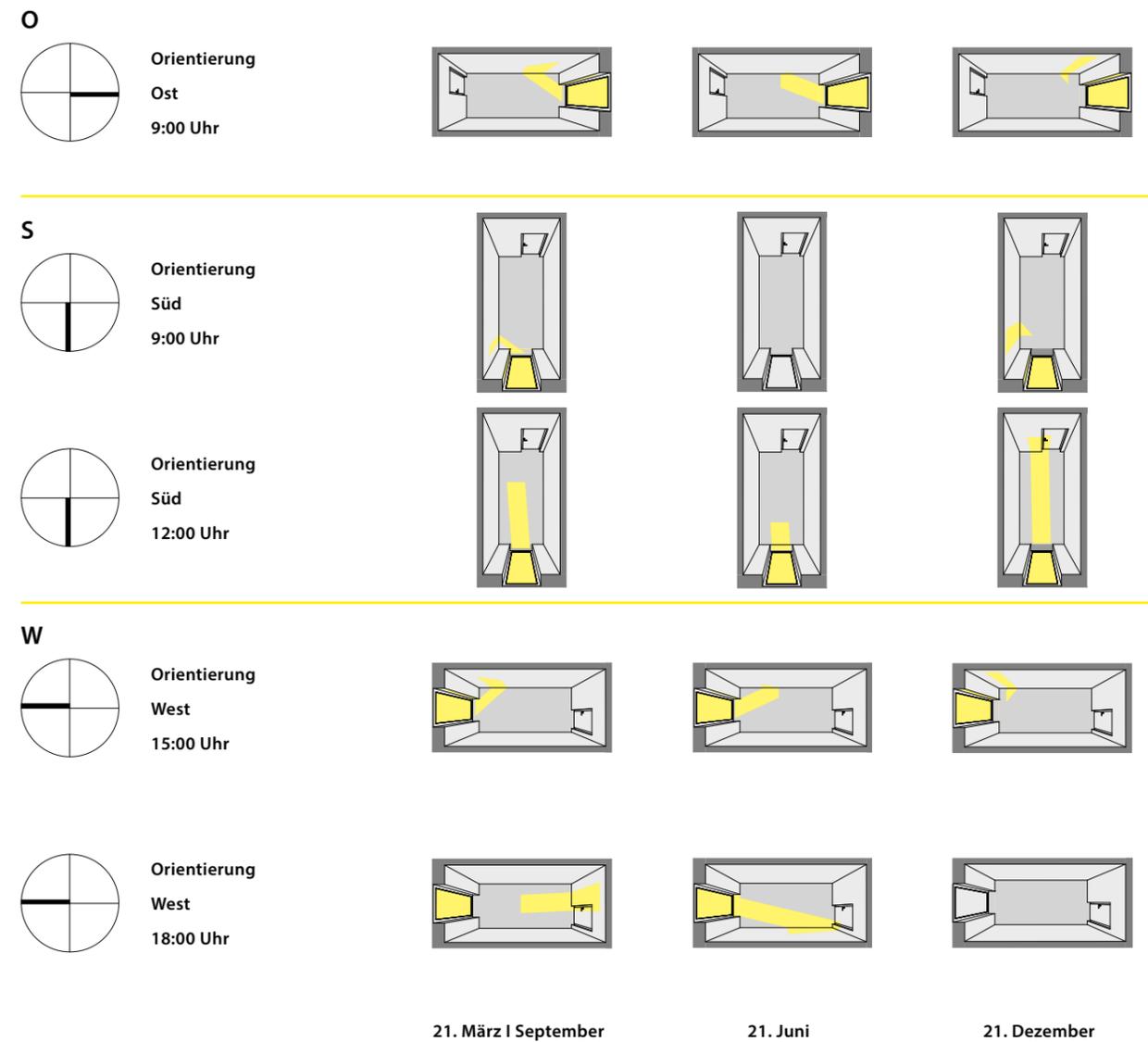


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,6 %
minimal	0,5 %
maximal	4,5 %

SONNENSTUNDEN

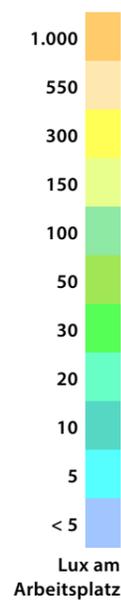
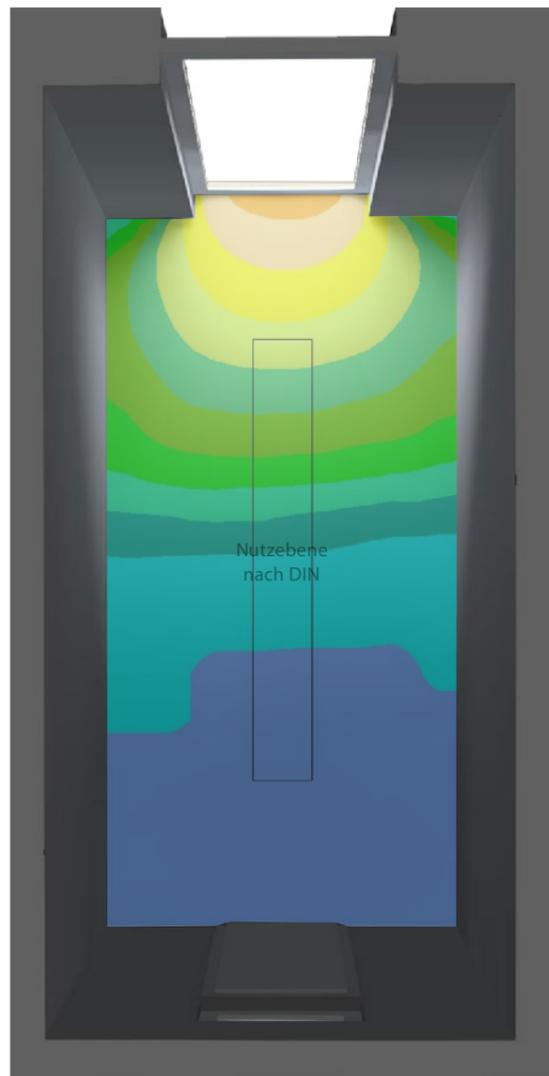
O	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Einzelbüro

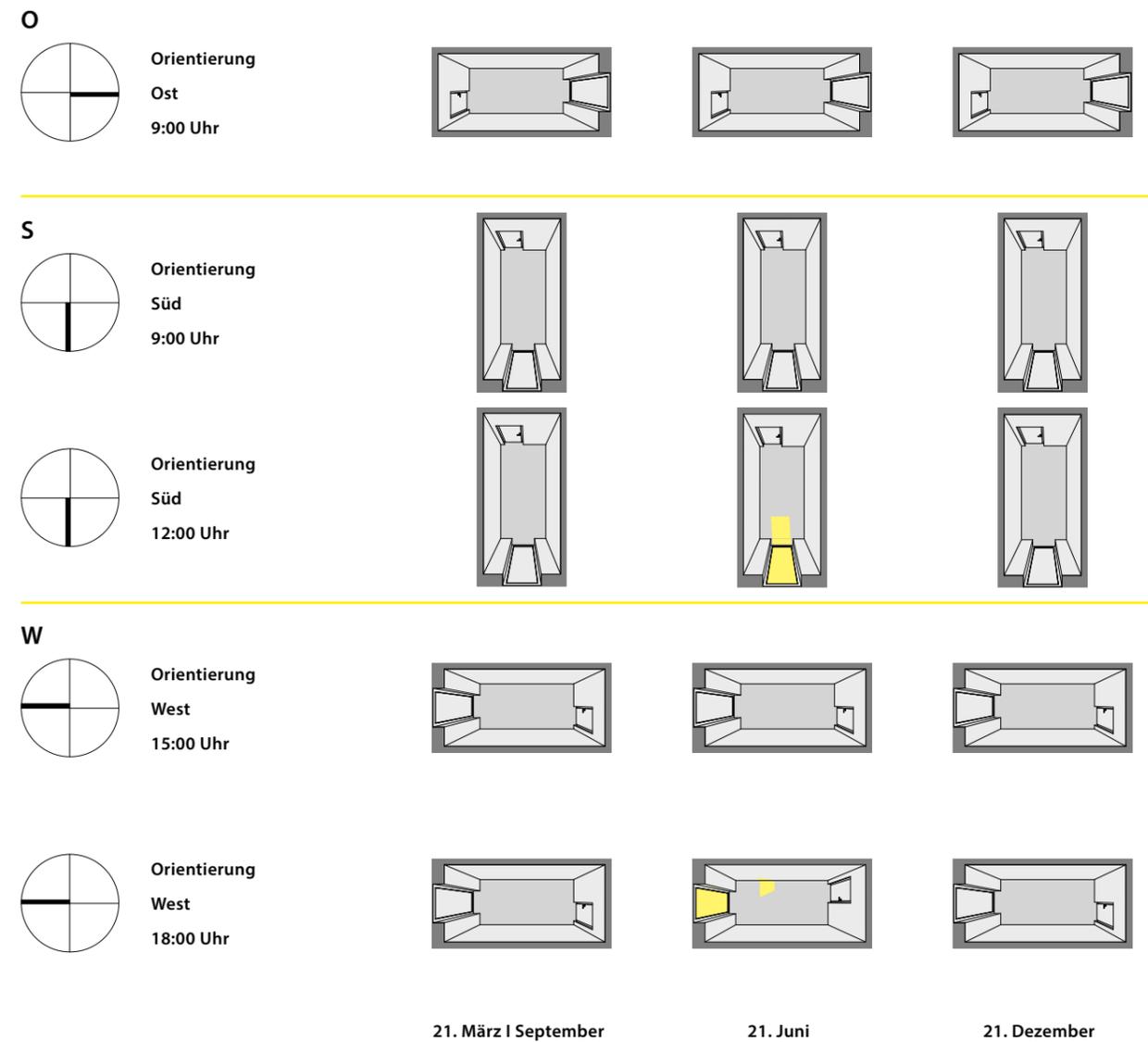


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,4 %
minimal	0,0 %
maximal	1,9 %

SONNENSTUNDEN

O	0:00 h/a Frühling/Herbst	2:00 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
S	0:00 h/a Frühling/Herbst	4:45 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst	2:00 h/a Sommer	0:00 h/a Winter

Einzelbüro



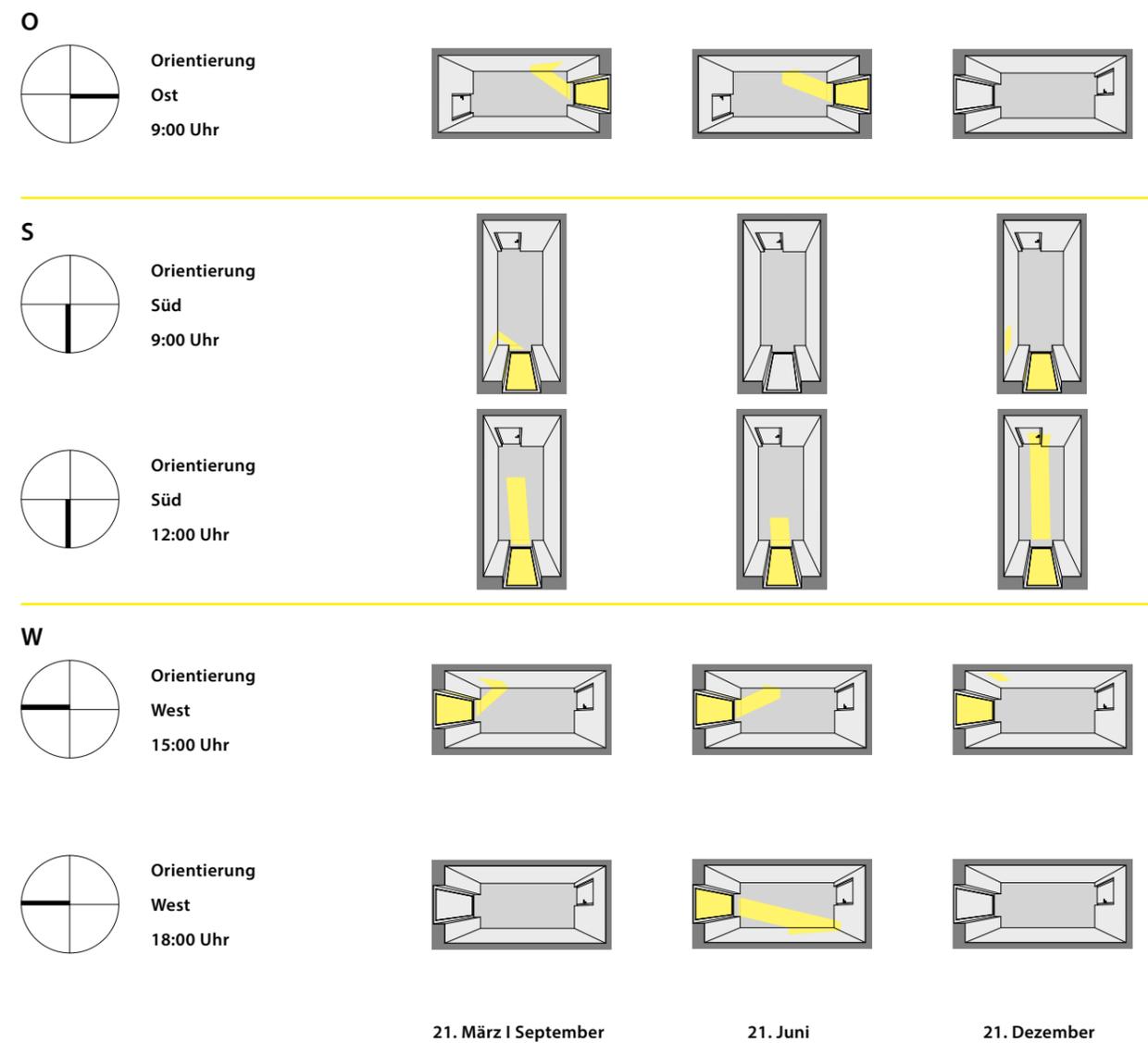
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Obergeschoss

BOGEN 1.05

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,6 %
minimal	0,5 %
maximal	4,3 %

SONNENSTUNDEN

O	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	2:00 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:15 h/a Sommer	7:00 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

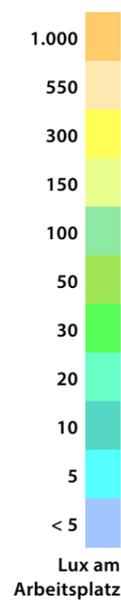
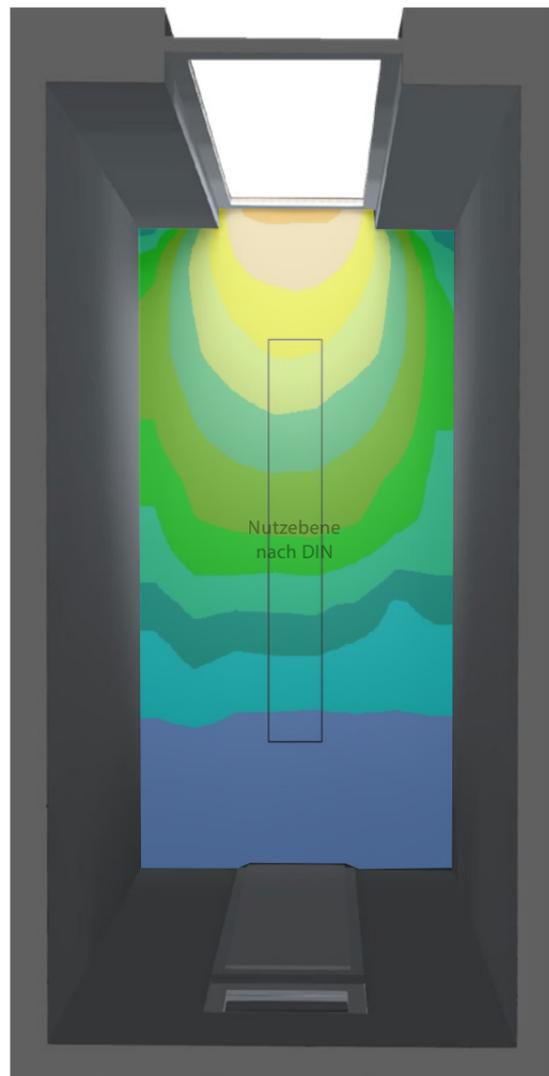
Einzelbüro



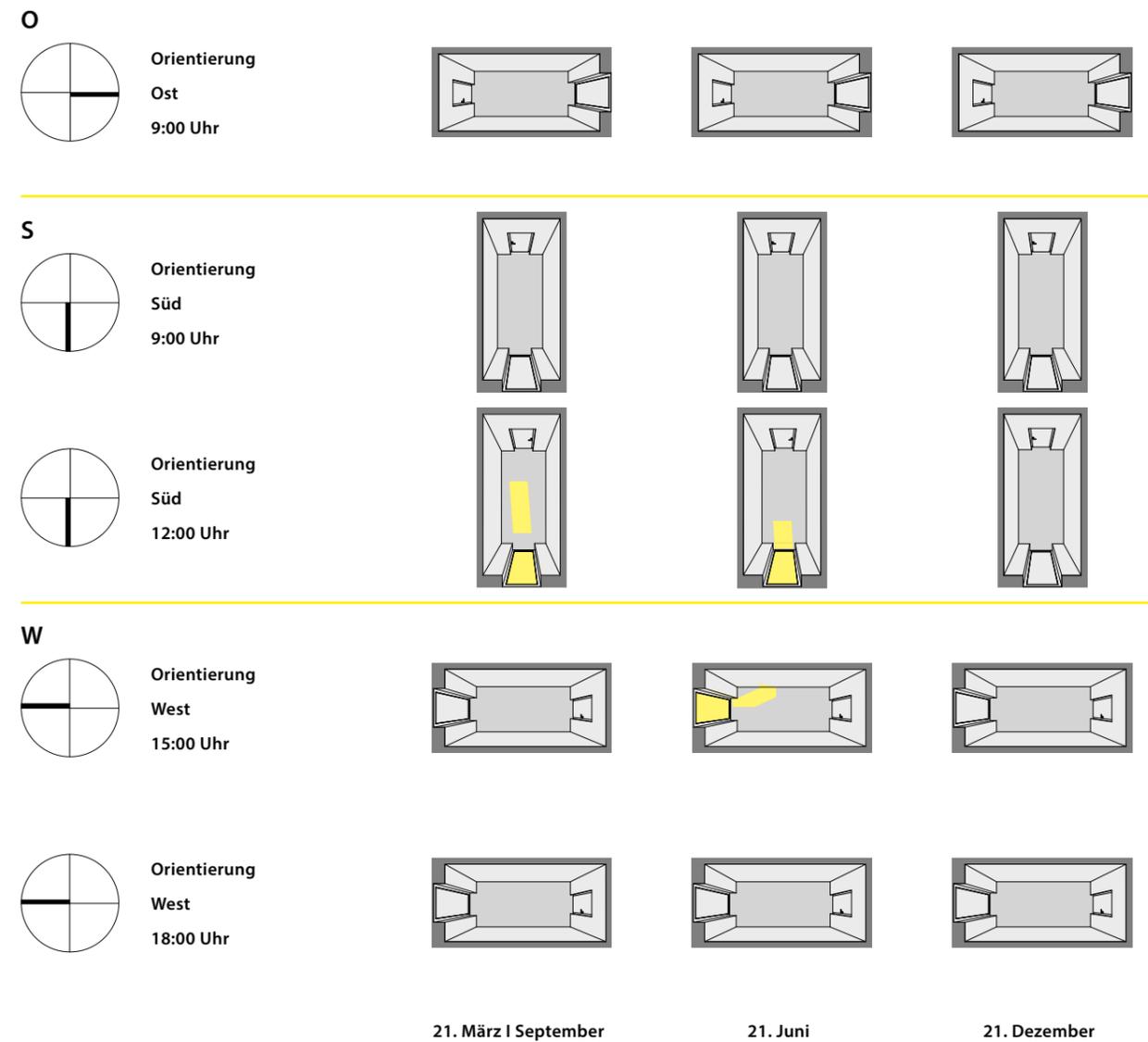
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Sockelzone

BOGEN 1.06

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,7 %
minimal	0,0 %
maximal	2,8 %

SONNENSTUNDEN

O	0:00 h/a Frühling/Herbst	1:45 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
S	1:45 h/a Frühling/Herbst	3:00 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	1:45 h/a Sommer	0:45 h/a Winter

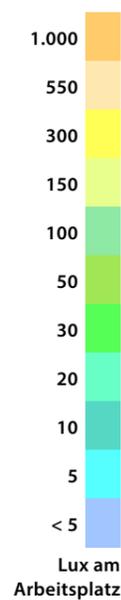
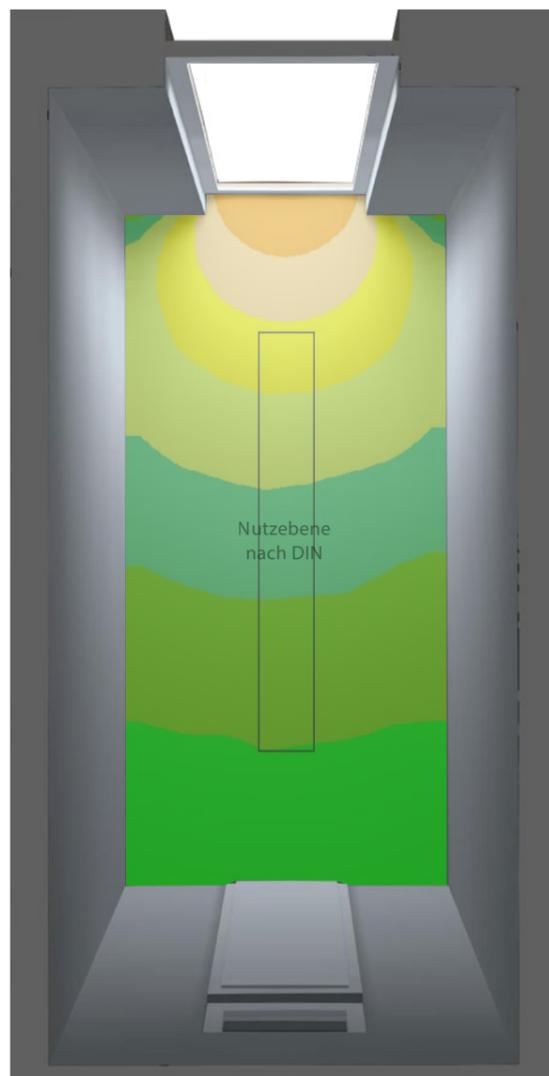
Einzelbüro



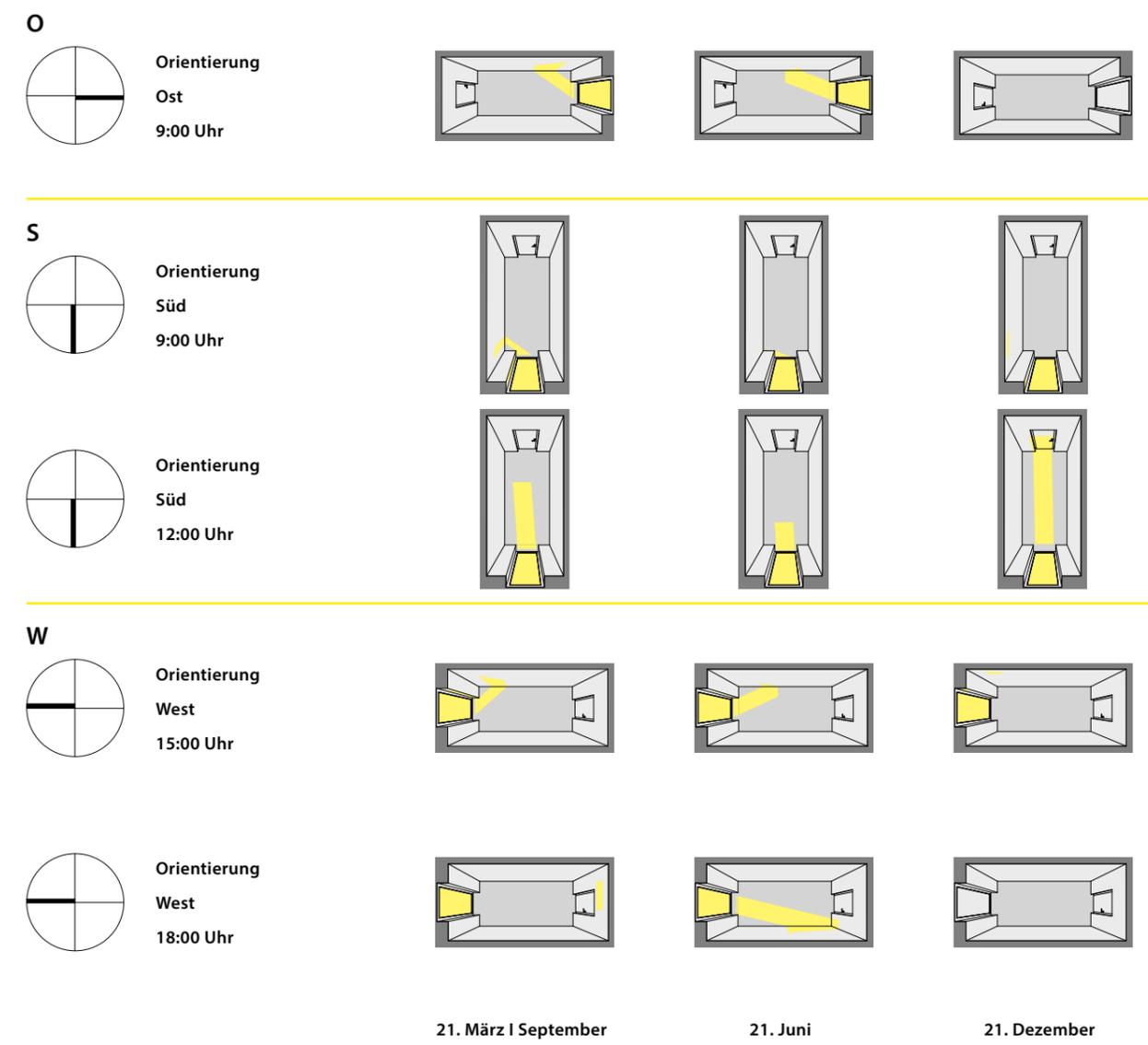
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Obergeschoss

BOGEN 1.07

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,6 %
minimal	0,5 %
maximal	4,4 %

SONNENSTUNDEN

O	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:45 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	6:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:30 h/a Winter

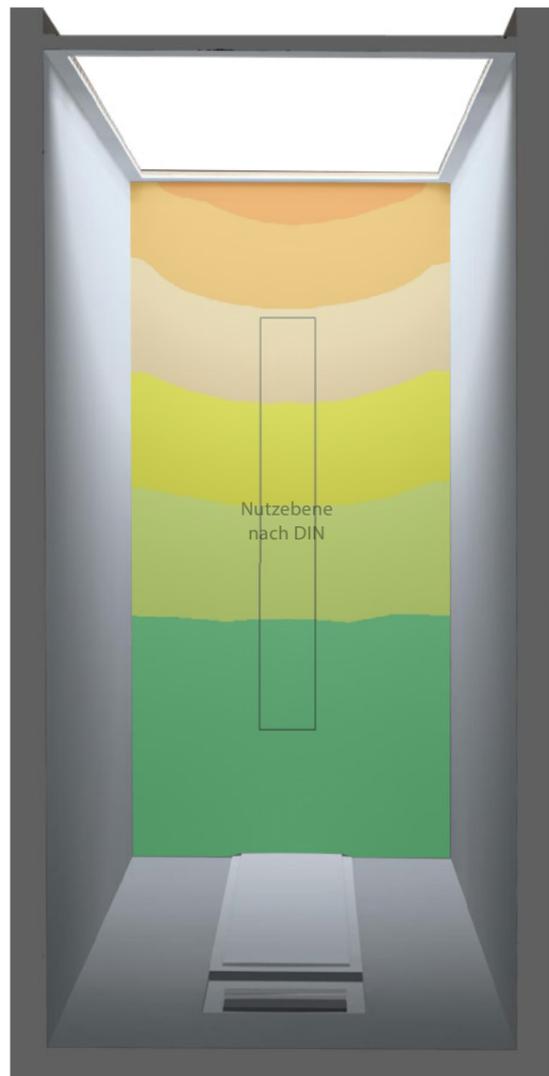
Einzelbüro



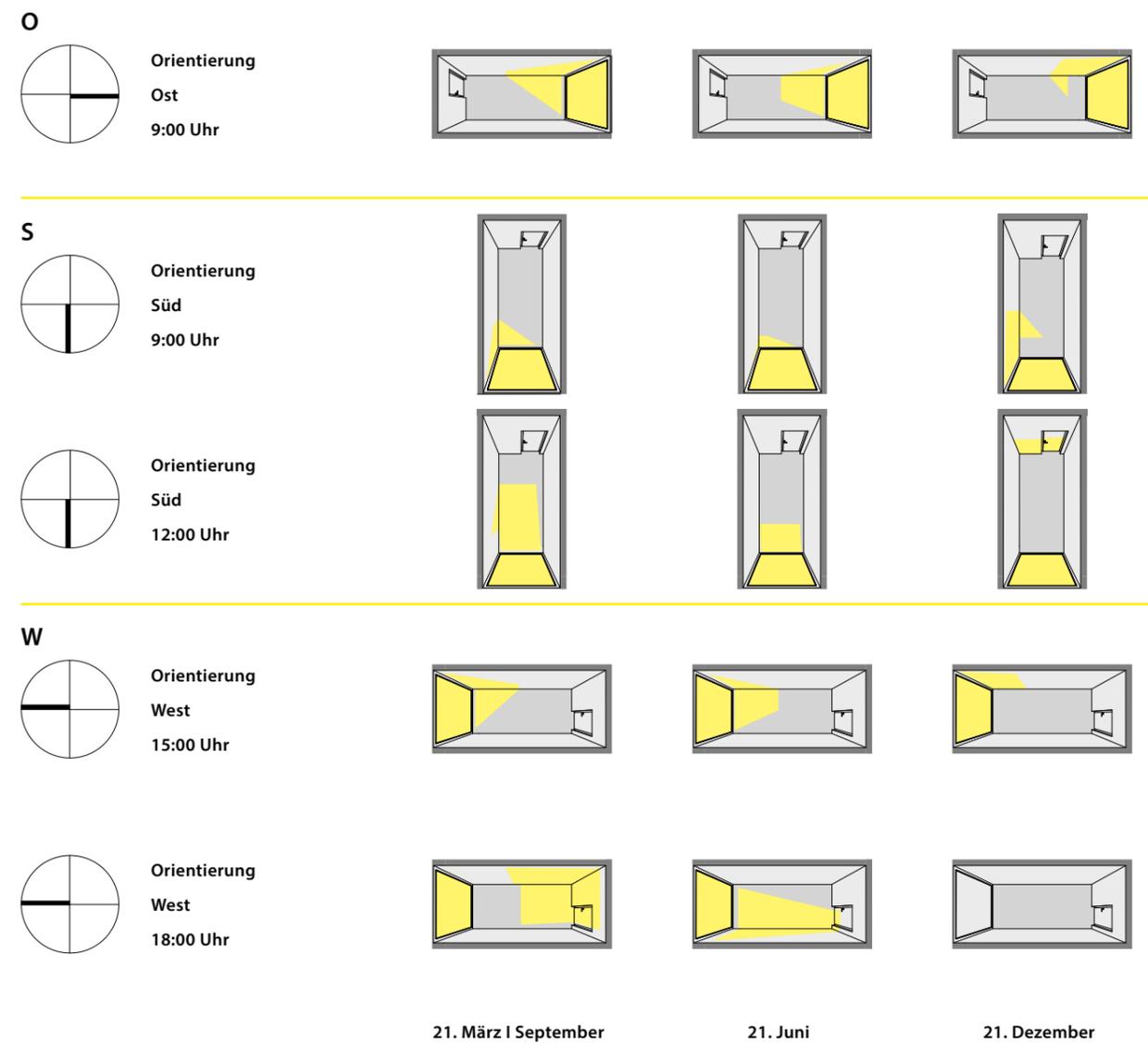
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

BOGEN 1.08

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	3,3 %
minimal	1,1 %
maximal	8,3 %

SONNENSTUNDEN

O	5:30 h/a Frühling/Herbst	7:45 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	9:30 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

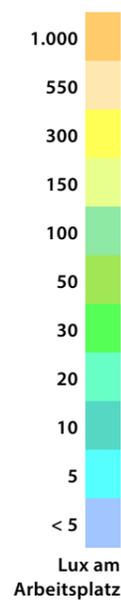
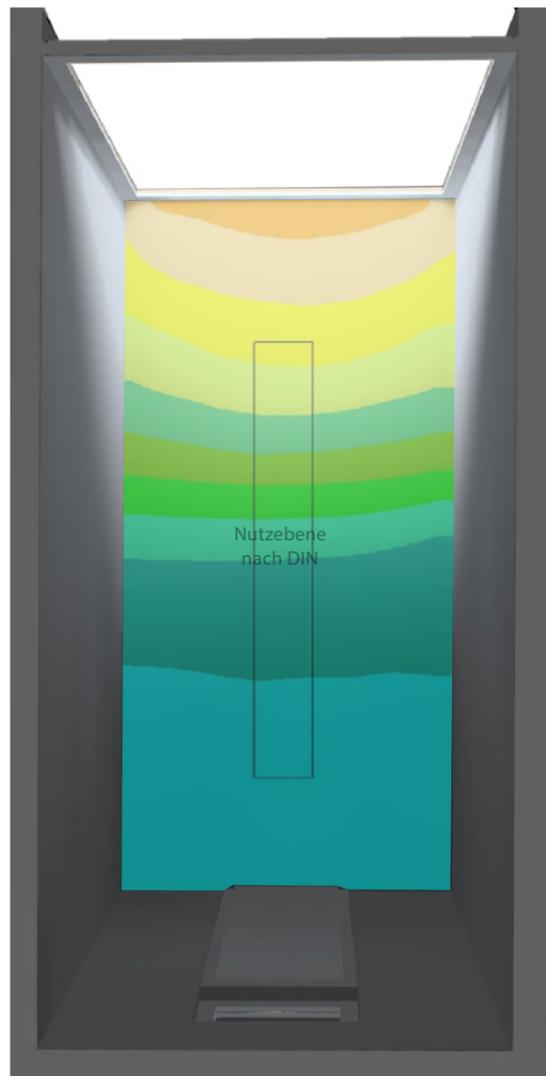
Einzelbüro



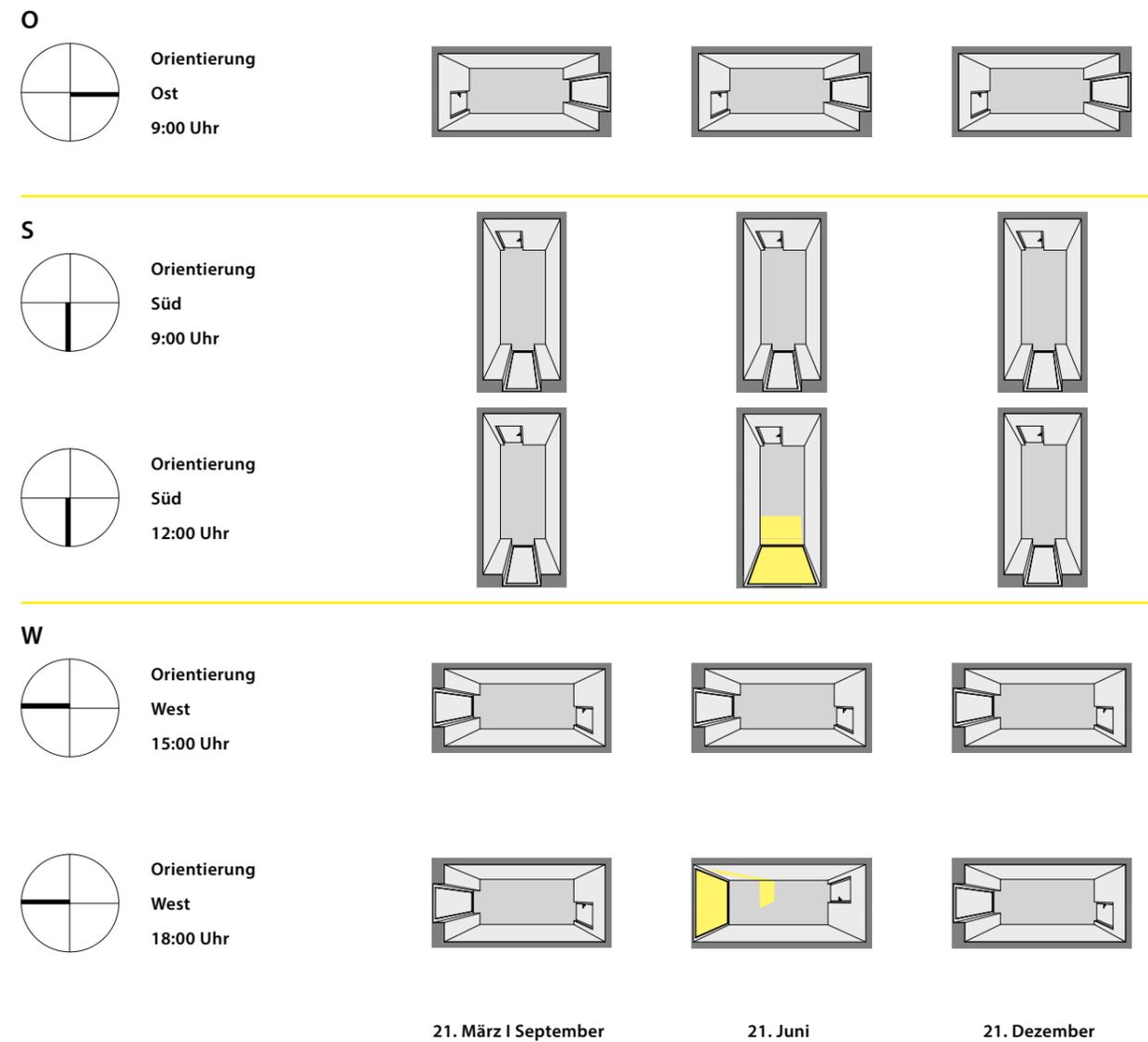
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Sockelzone

BOGEN 1.09

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,8 %
minimal	0,1 %
maximal	3,5 %

SONNENSTUNDEN

O	0:00 h/a Frühling/Herbst	2:15 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
S	0:00 h/a Frühling/Herbst	5:00 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst	2:15 h/a Sommer	0:00 h/a Winter

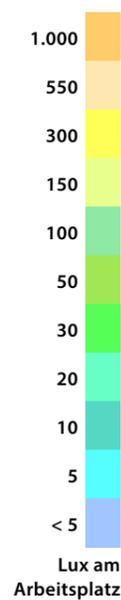
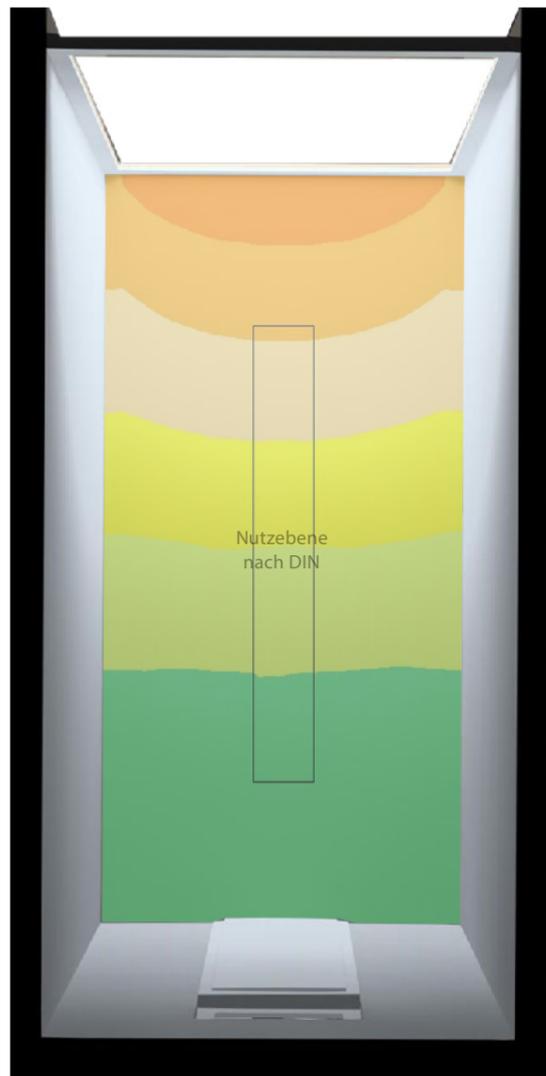
Einzelbüro



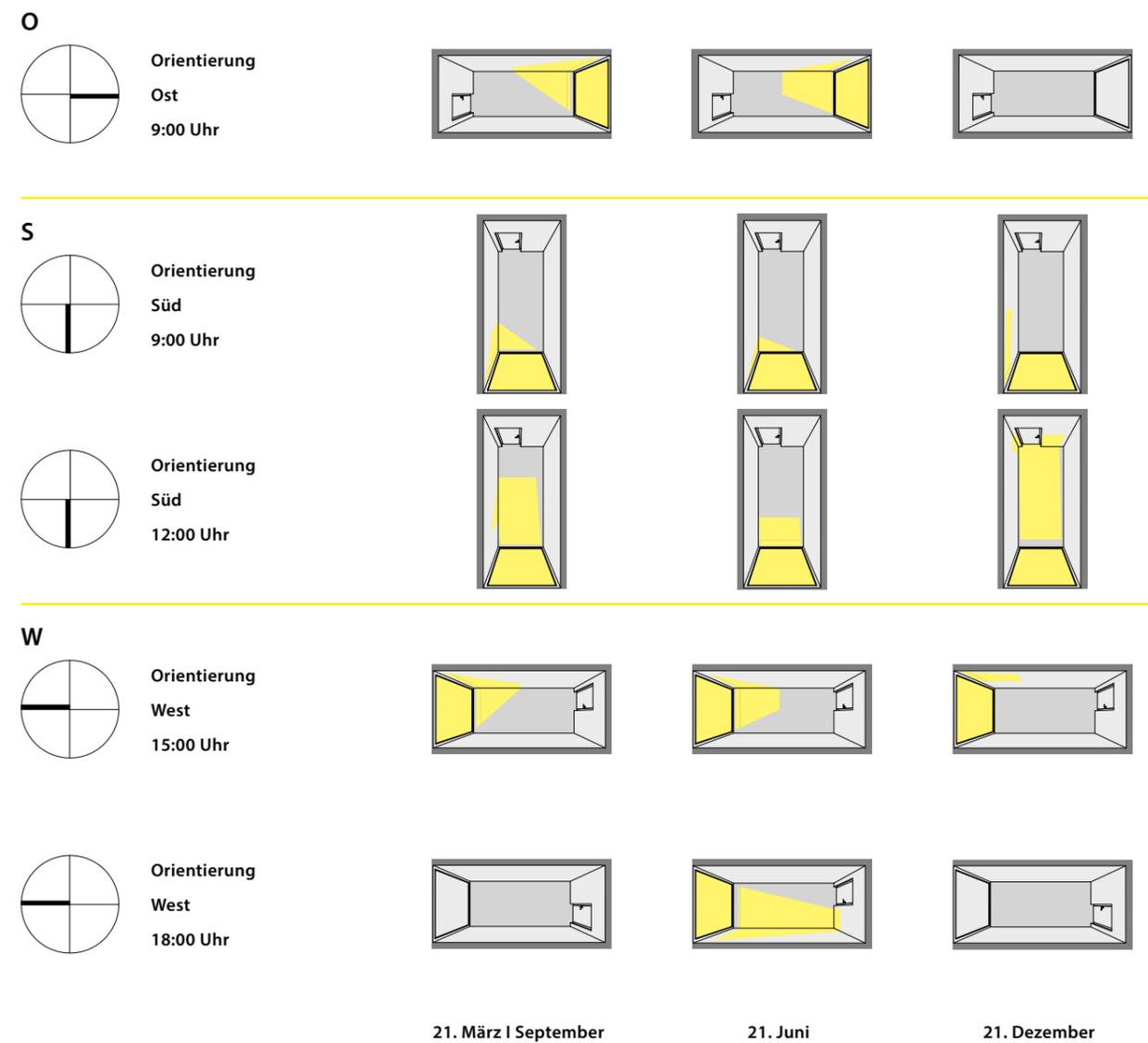
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Obergeschoss

BOGEN 1.10

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	3,3 %
minimal	1,0 %
maximal	8,1 %

SONNENSTUNDEN

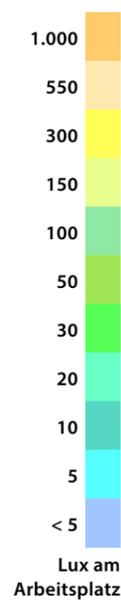
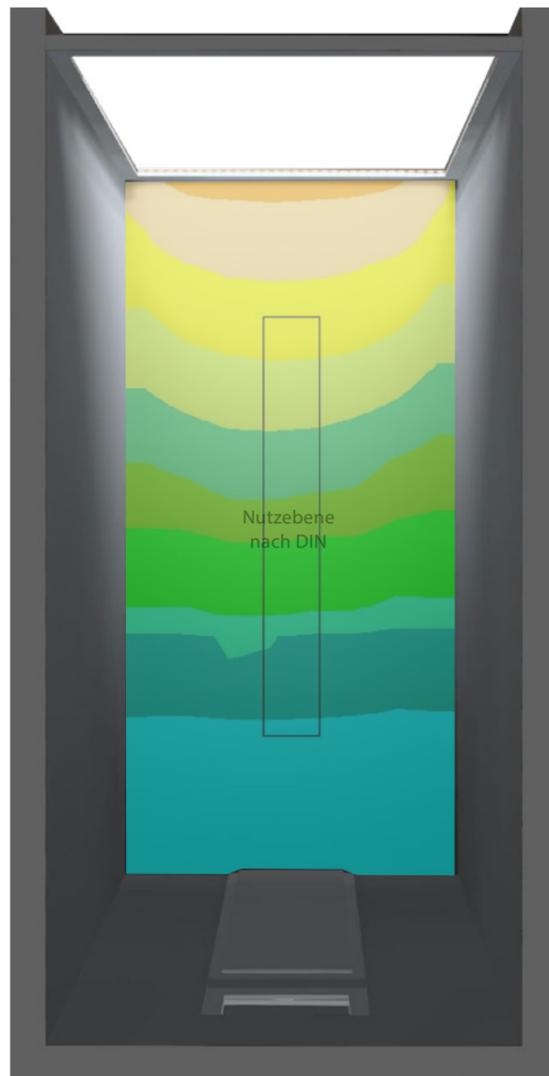
O	5:15 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:30 h/a Winter
S	9:30 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	6:30 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter

Einzelbüro

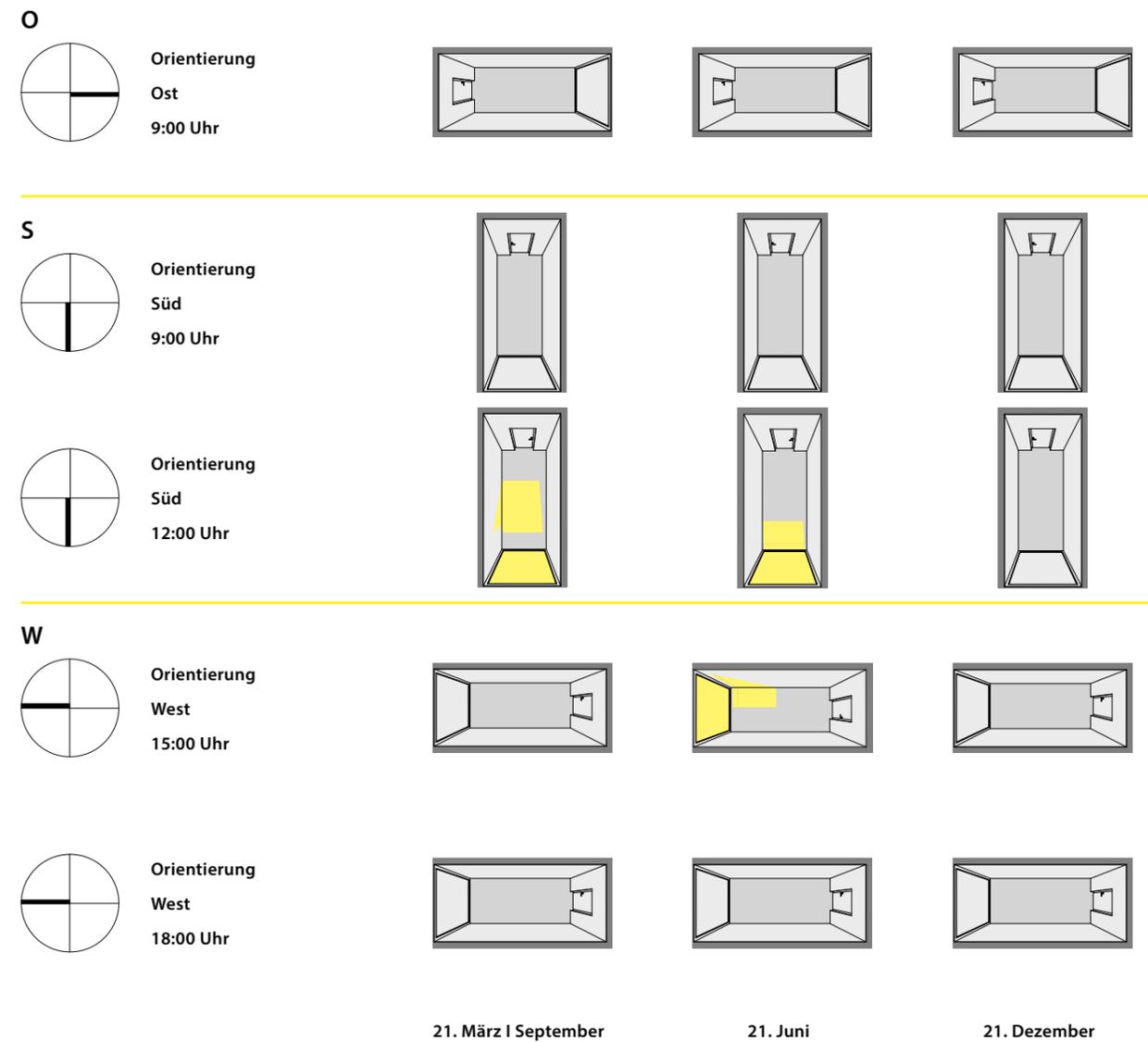


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,2 %
minimal	0,1 %
maximal	3,8 %

SONNENSTUNDEN

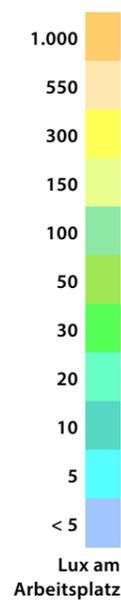
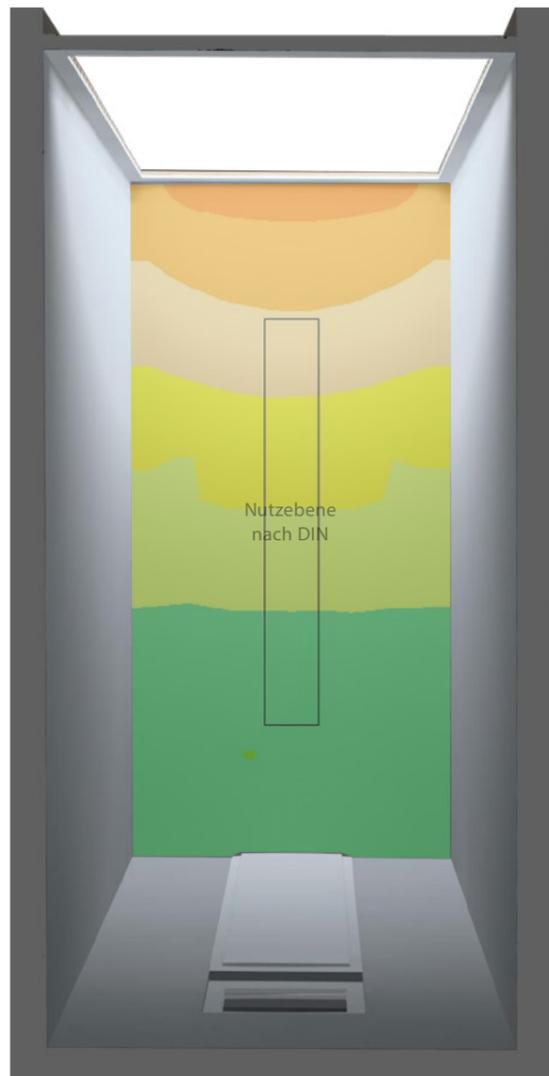
O	0:00 h/a Frühling/Herbst		2:00 h/a Sommer		0:00 h/a Winter
S	2:00 h/a Frühling/Herbst		3:15 h/a Sommer		0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst		2:00 h/a Sommer		0:00 h/a Winter

Einzelbüro

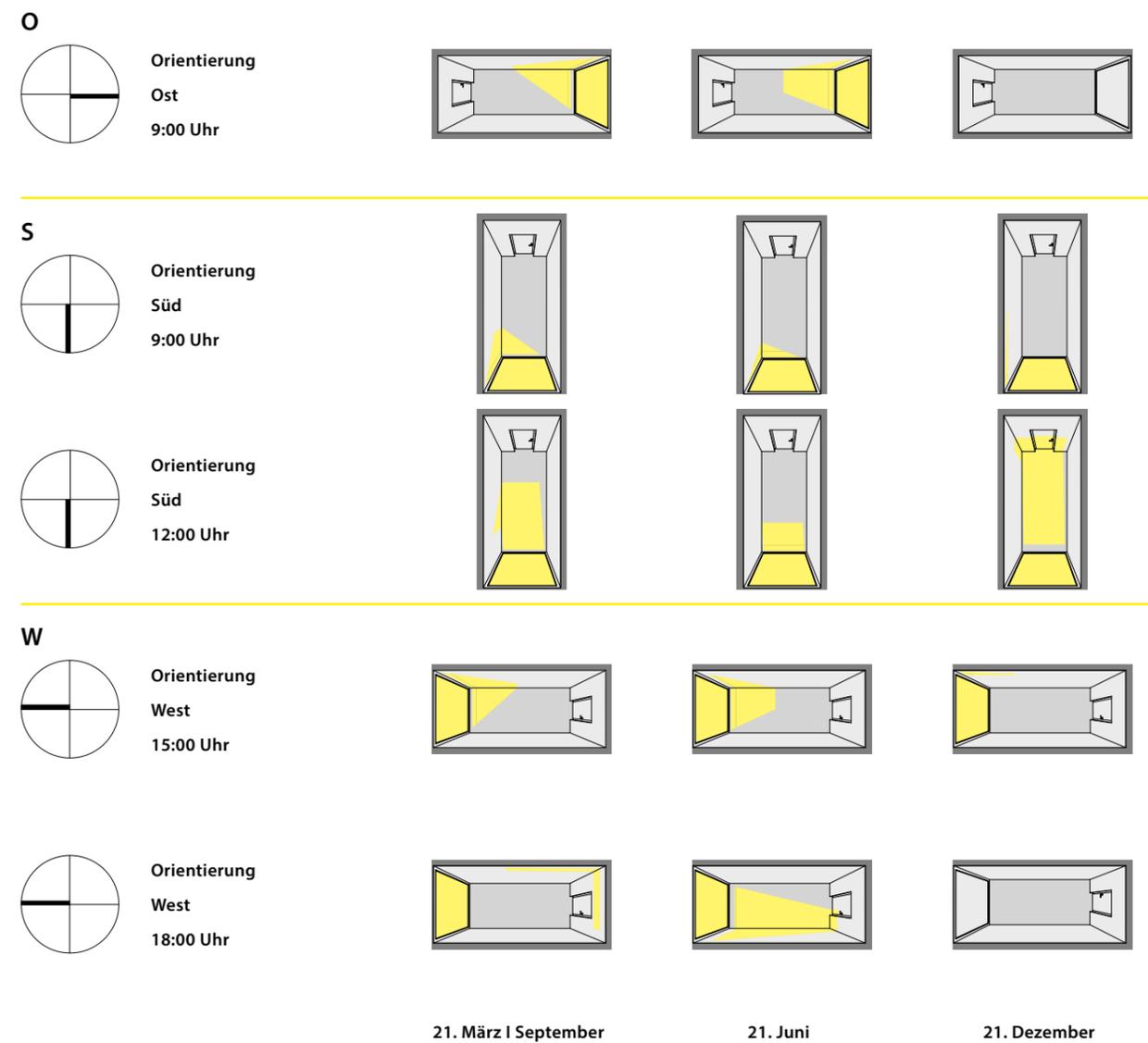


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Obergeschoss

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	3,3 %
minimal	1,0 %
maximal	8,1 %

SONNENSTUNDEN

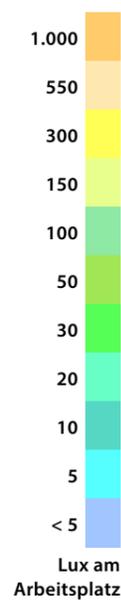
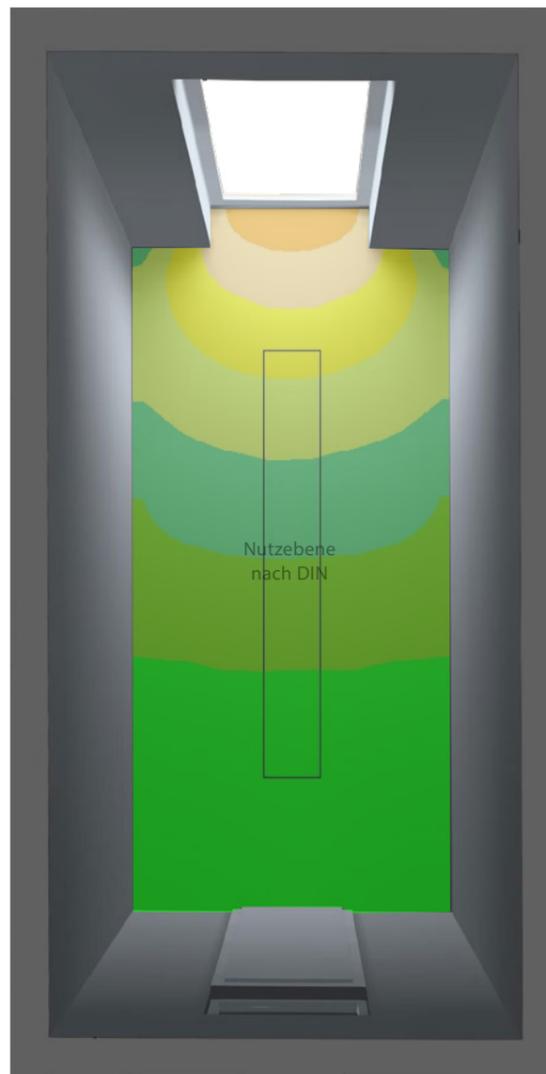
O	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	9:15 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	6:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter

Einzelbüro

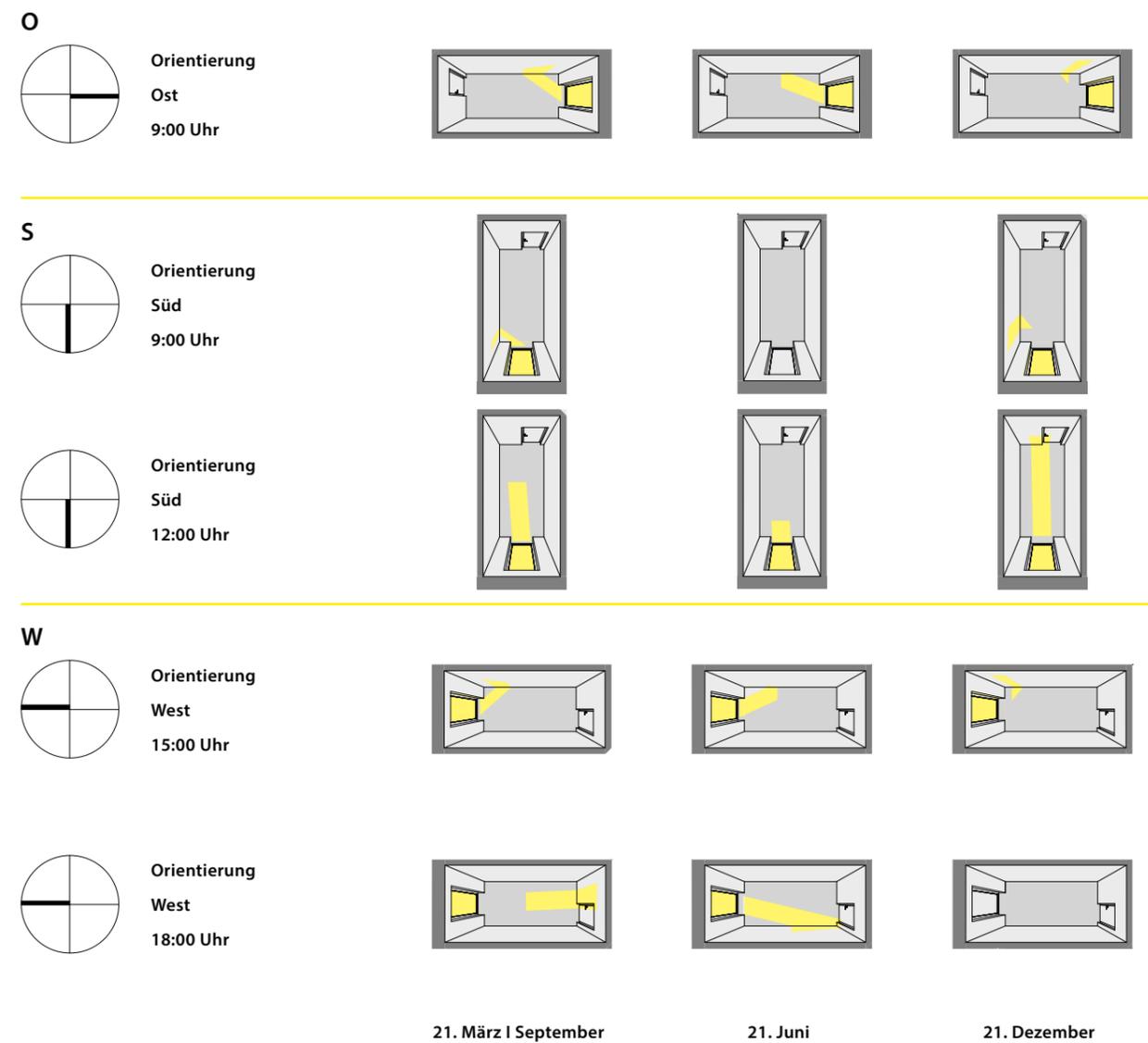


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 1,20 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,3 %
minimal	0,4 %
maximal	3,4 %

SONNENSTUNDEN

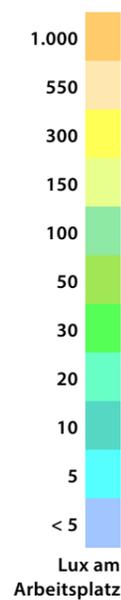
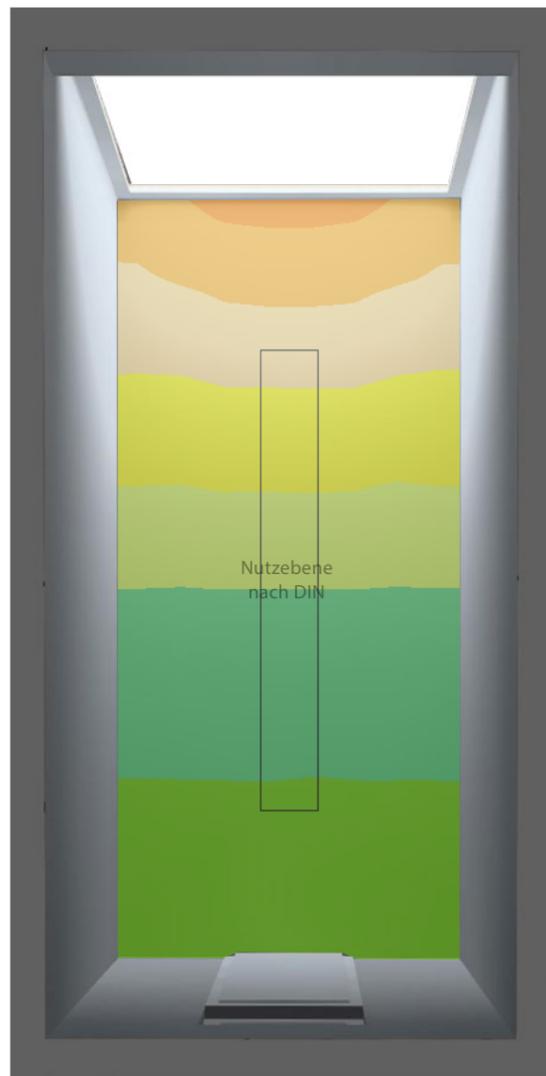
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:15 h/a Sommer	7:30 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Einzelbüro

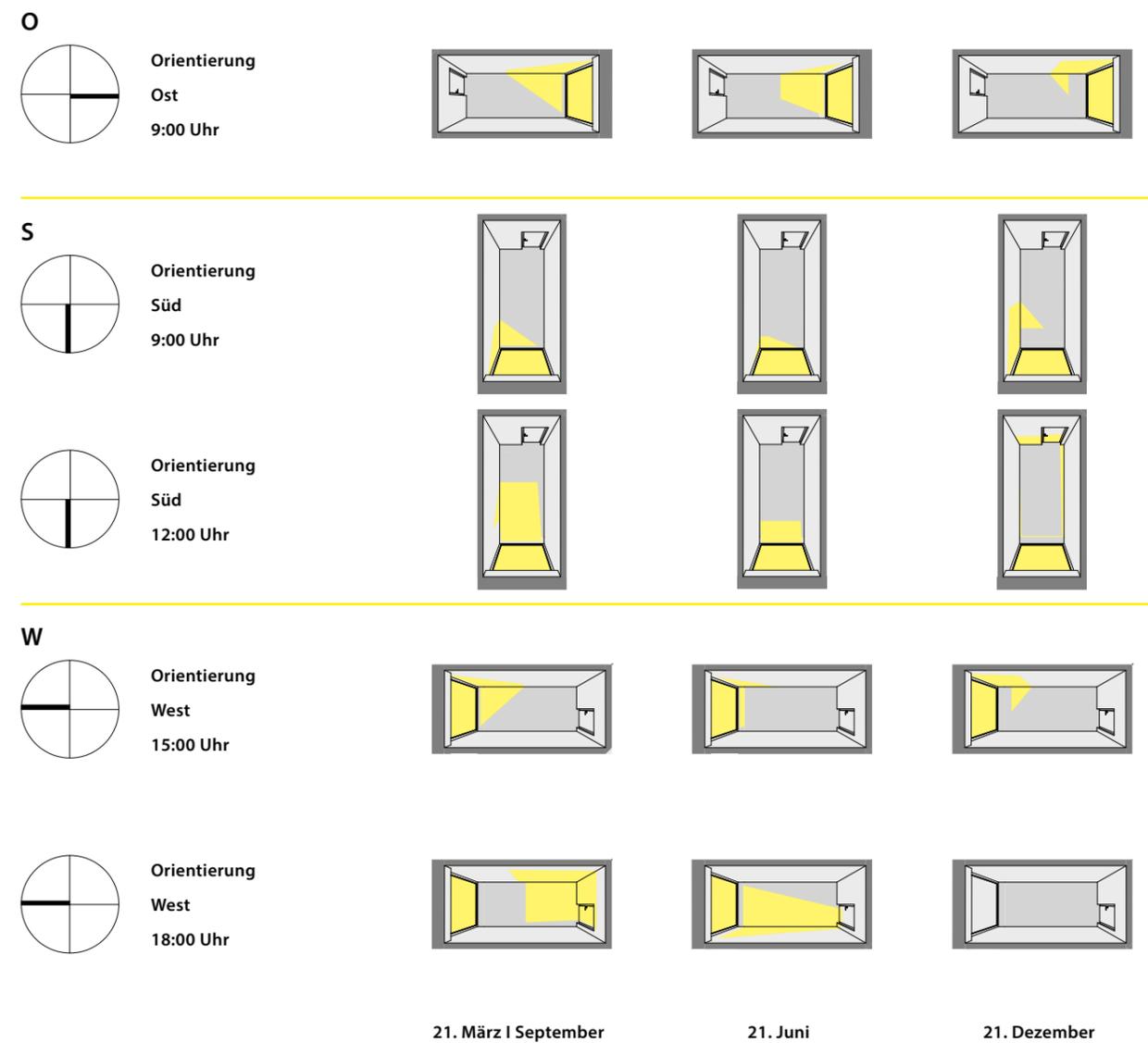


Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2,40 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,6 %
minimal	0,8 %
maximal	6,5 %

SONNENSTUNDEN

O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:45 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	10:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

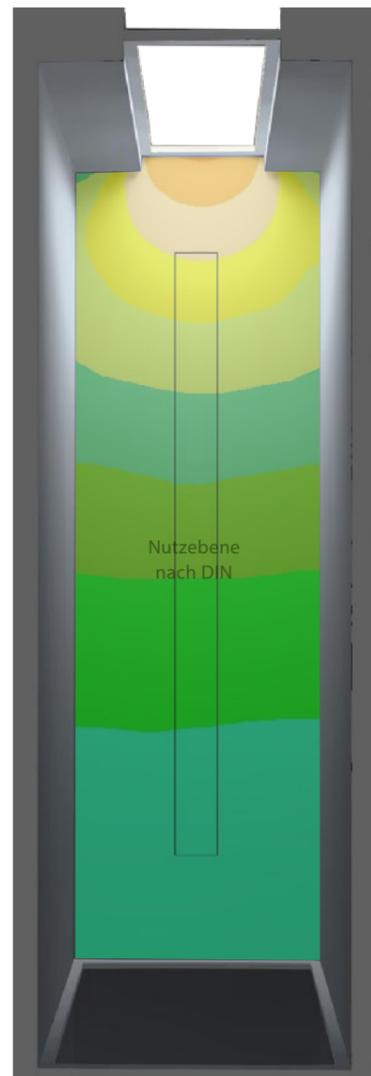
Einzelbüro



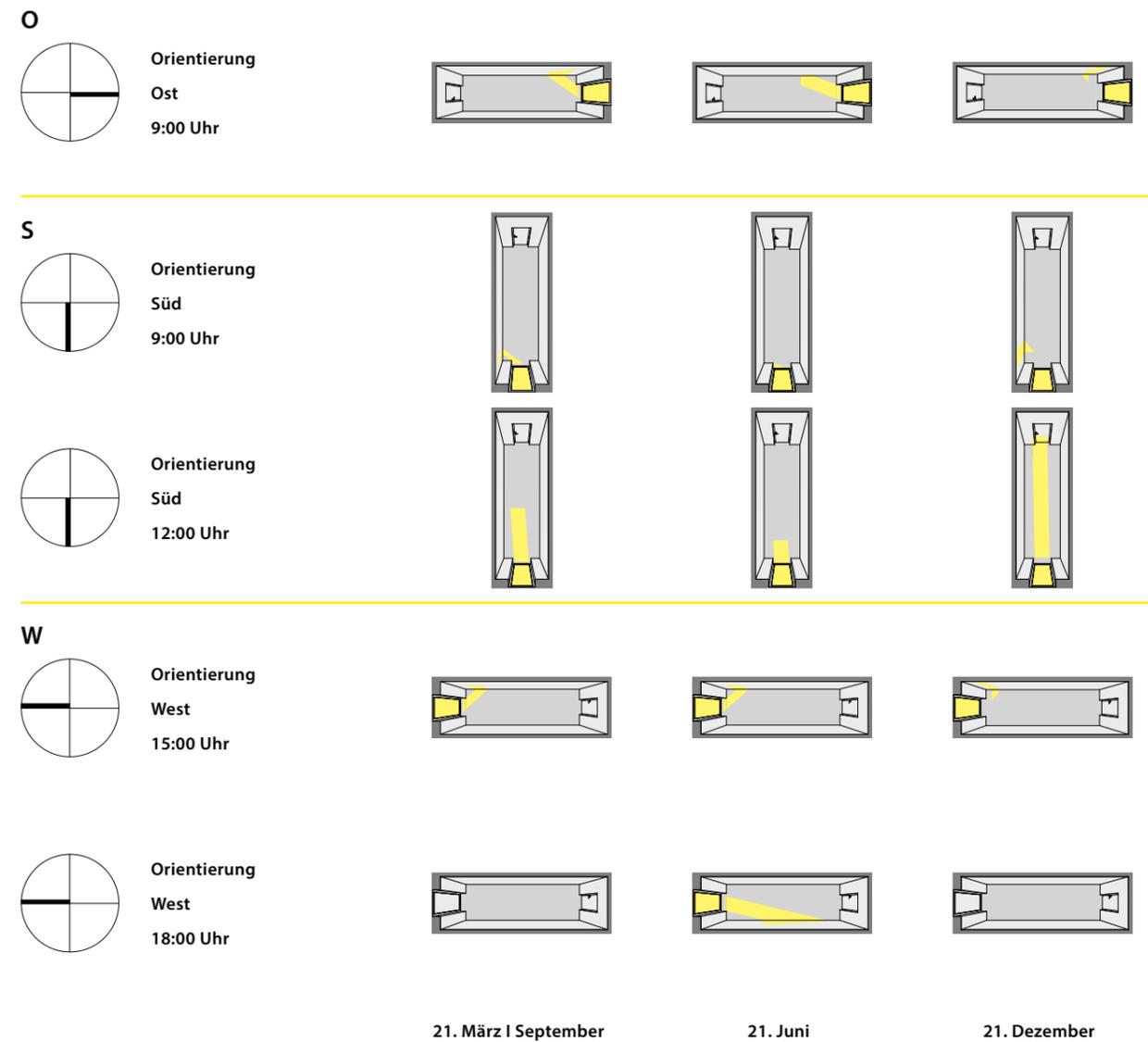
Nutzfläche 12 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 1,20 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

BOGEN 1.15

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,1 %
minimal	0,2 %
maximal	4,5 %

SONNENSTUNDEN

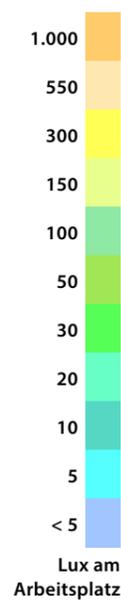
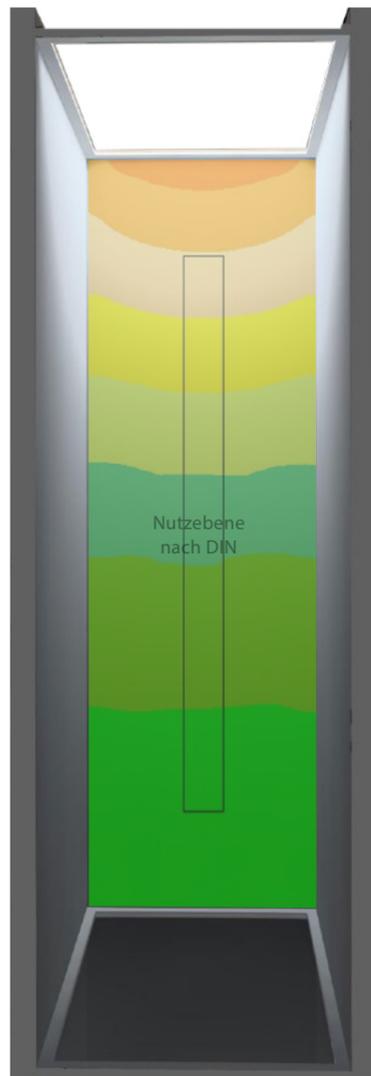
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:30 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Einzelbüro

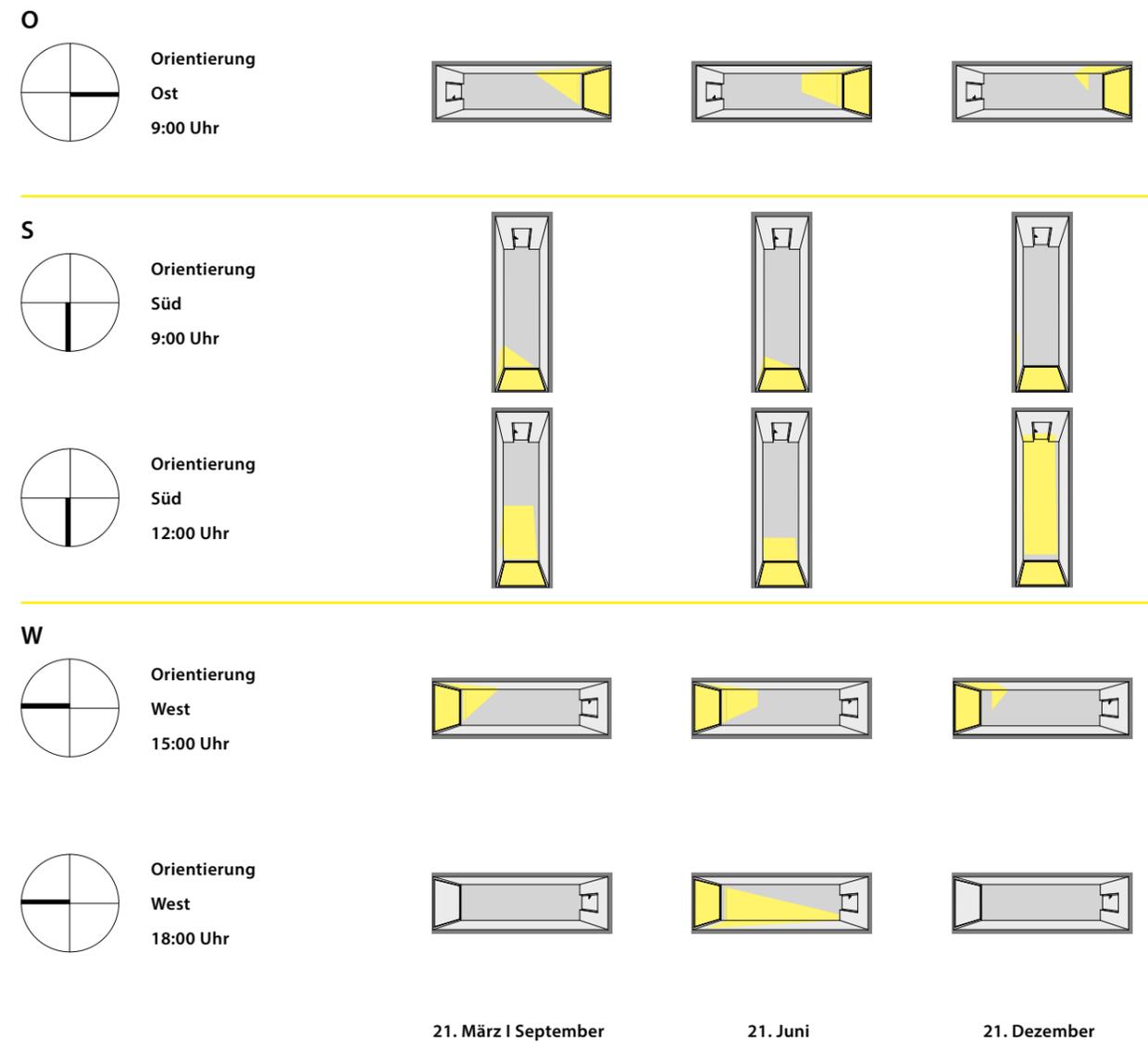


Nutzfläche 38 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2,40 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,2 %
minimal	0,4 %
maximal	8,3 %

SONNENSTUNDEN

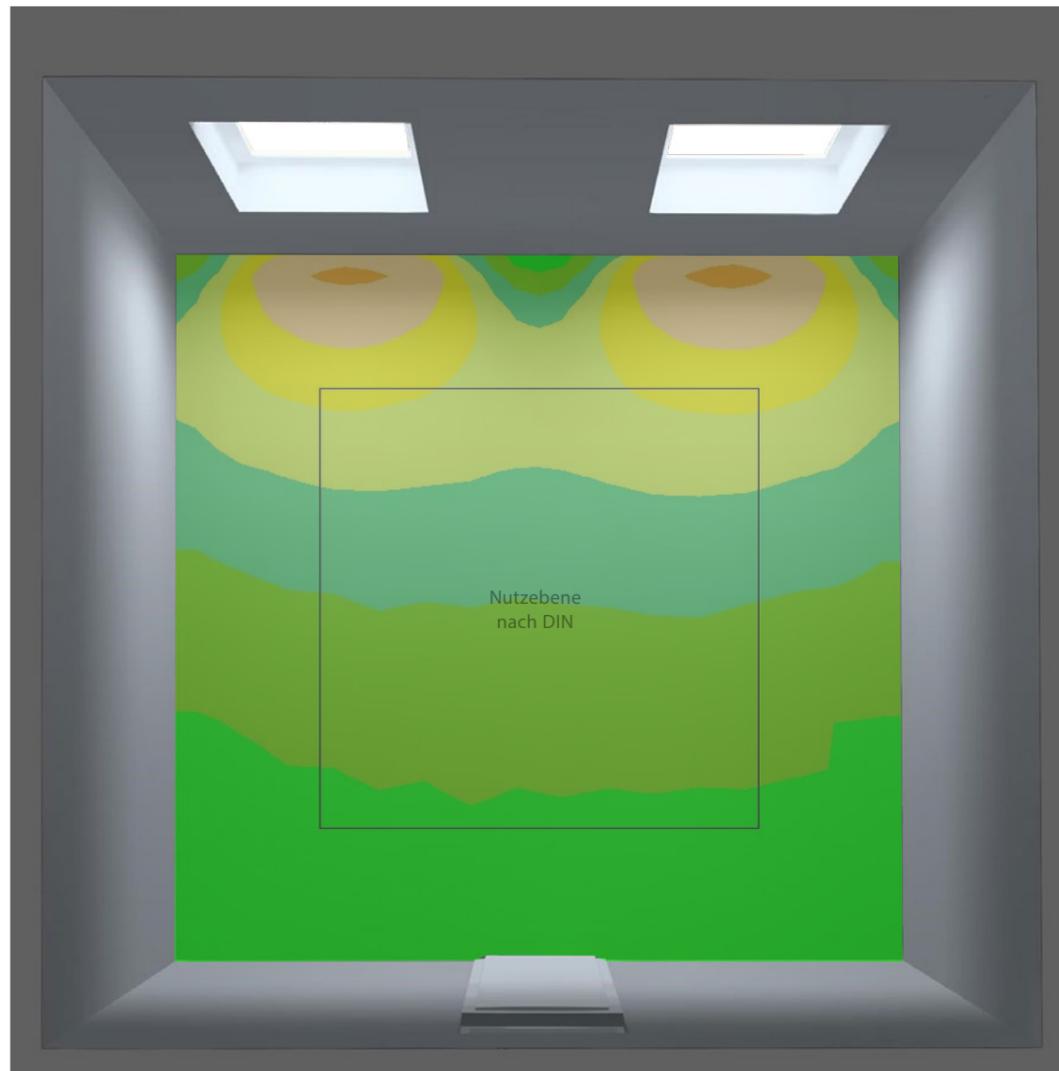
O	5:30 h/a Frühling/Herbst	7:45 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	9:45 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	7:30 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

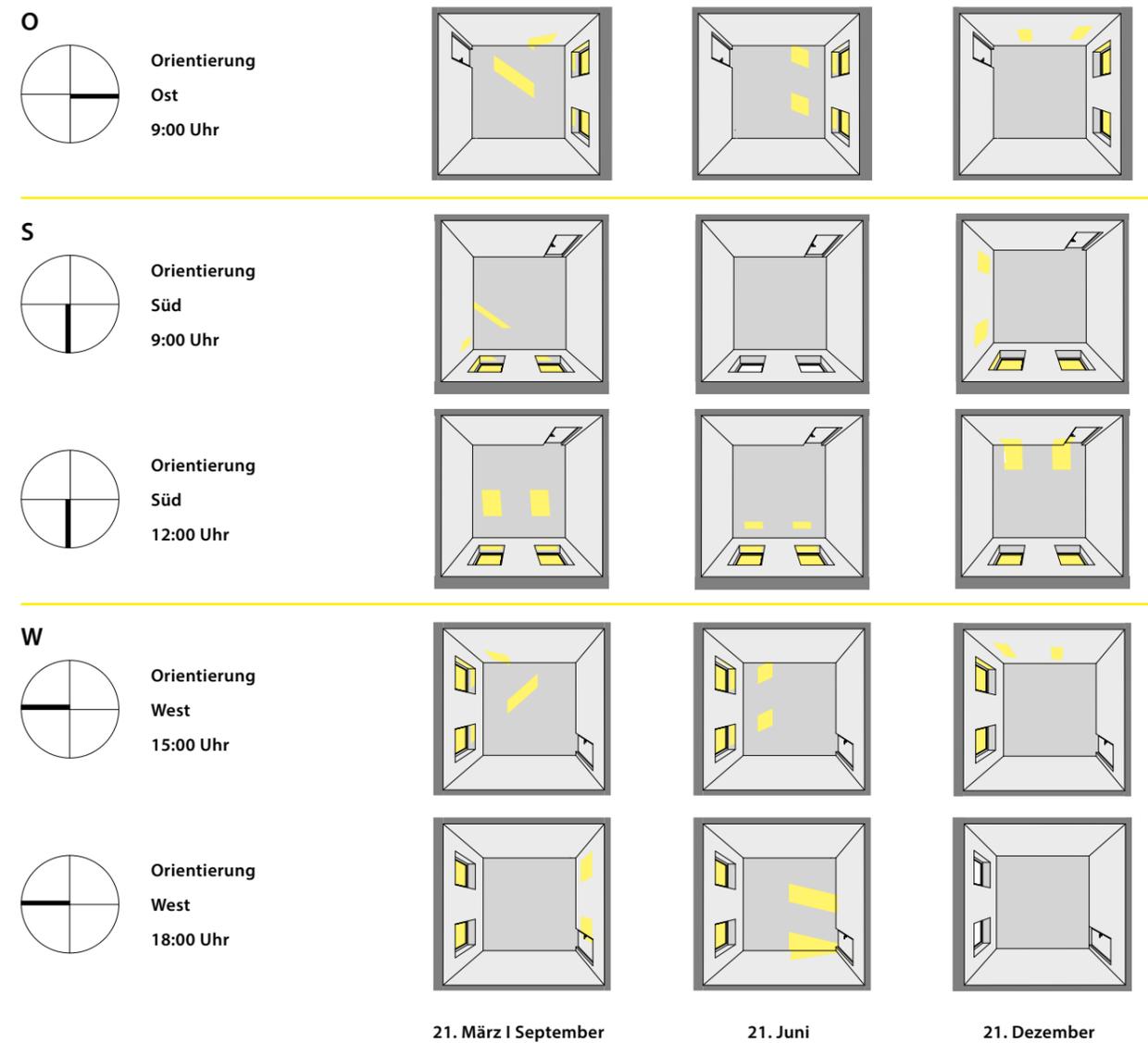


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 1,20 m | Fensterhöhe 1,50 m | Brüstungshöhe 0,90 m | Sturzhöhe 2,40 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,9 %
minimal	0,4 %
maximal	2,6 %

SONNENSTUNDEN

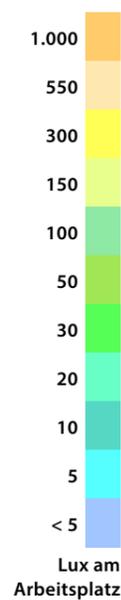
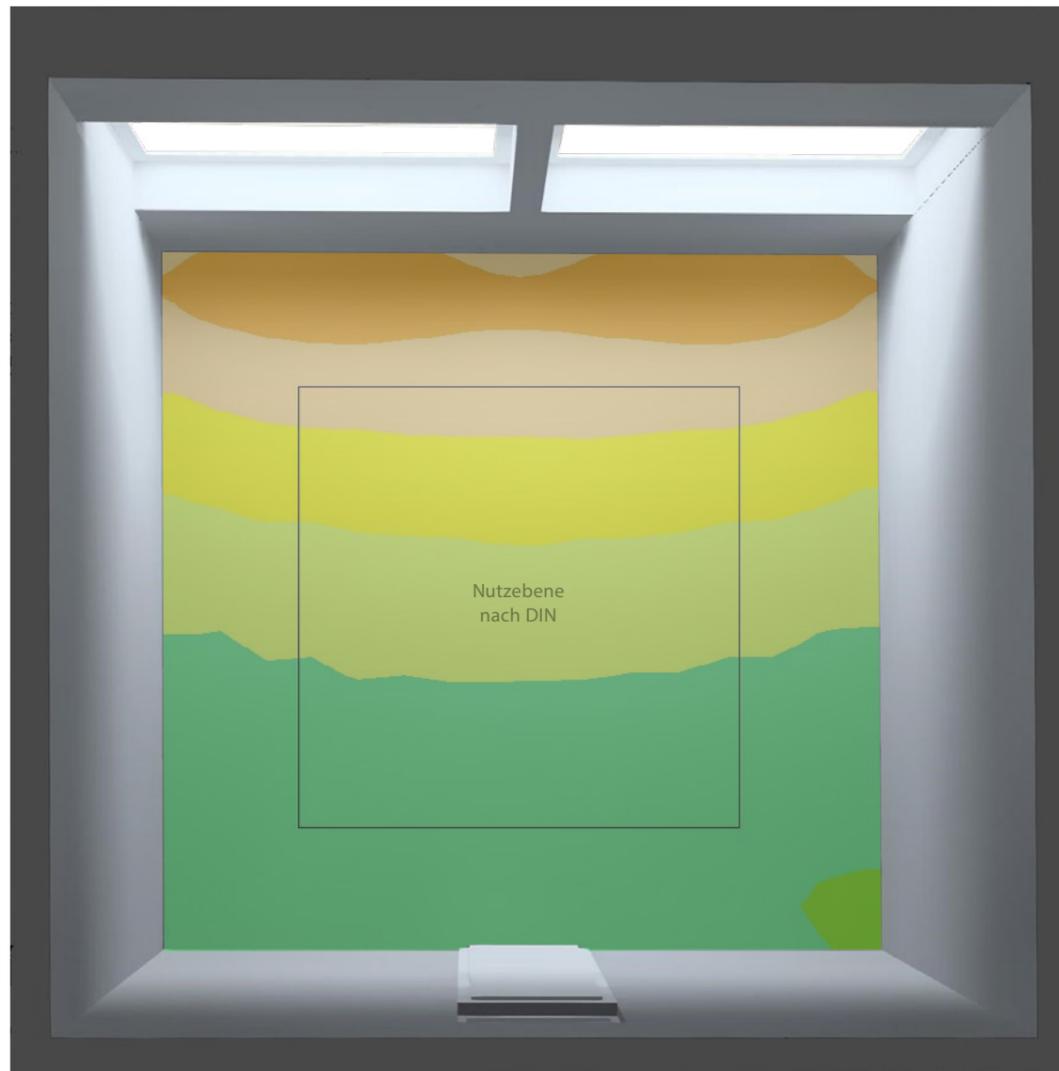
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:15 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

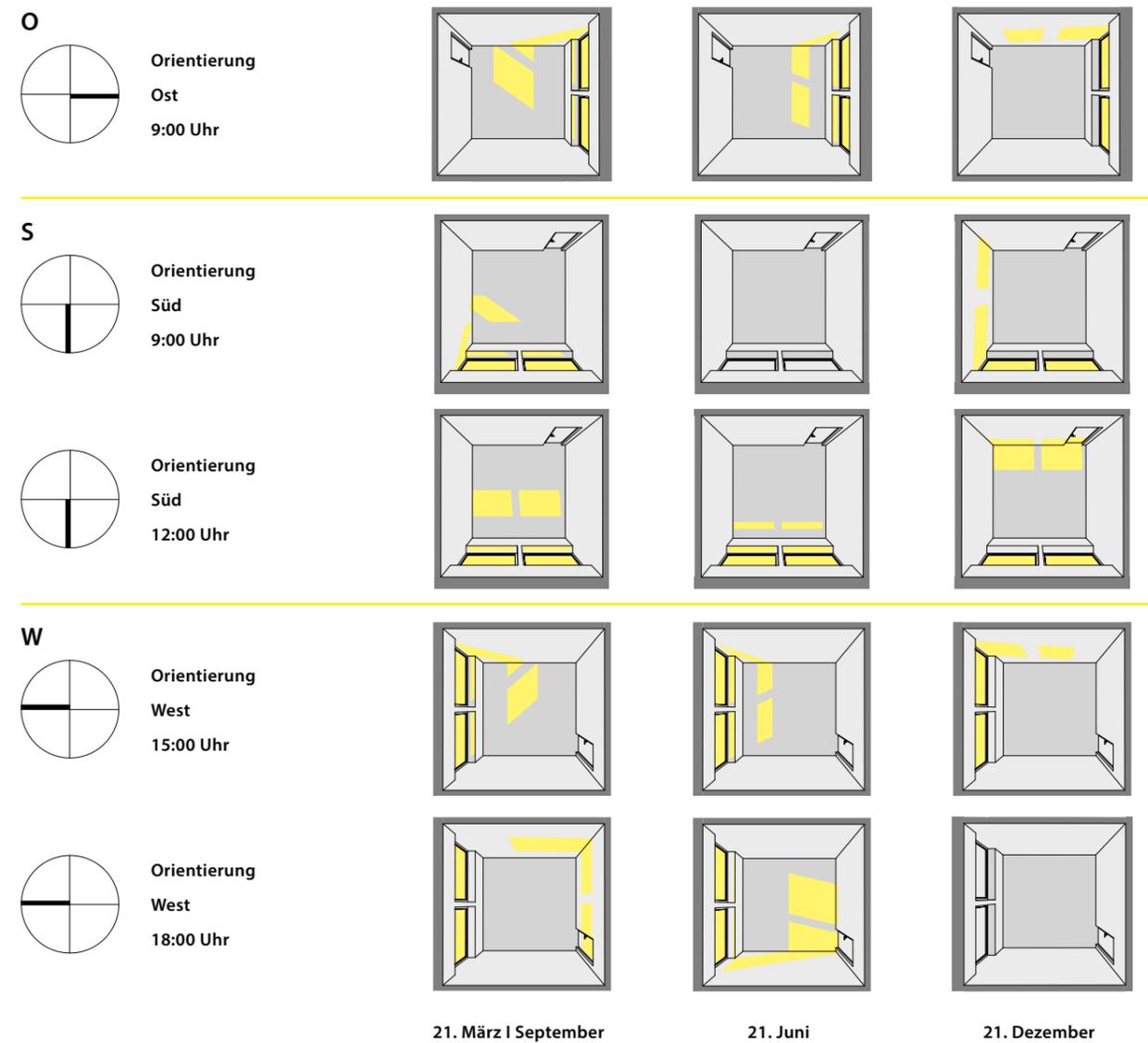


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 2,40 m | Fensterhöhe 1,50 m | Brüstungshöhe 0,90 m | Sturzhöhe 2,40 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,1 %
minimal	0,8 %
maximal	5,4 %

SONNENSTUNDEN

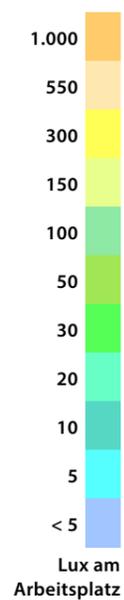
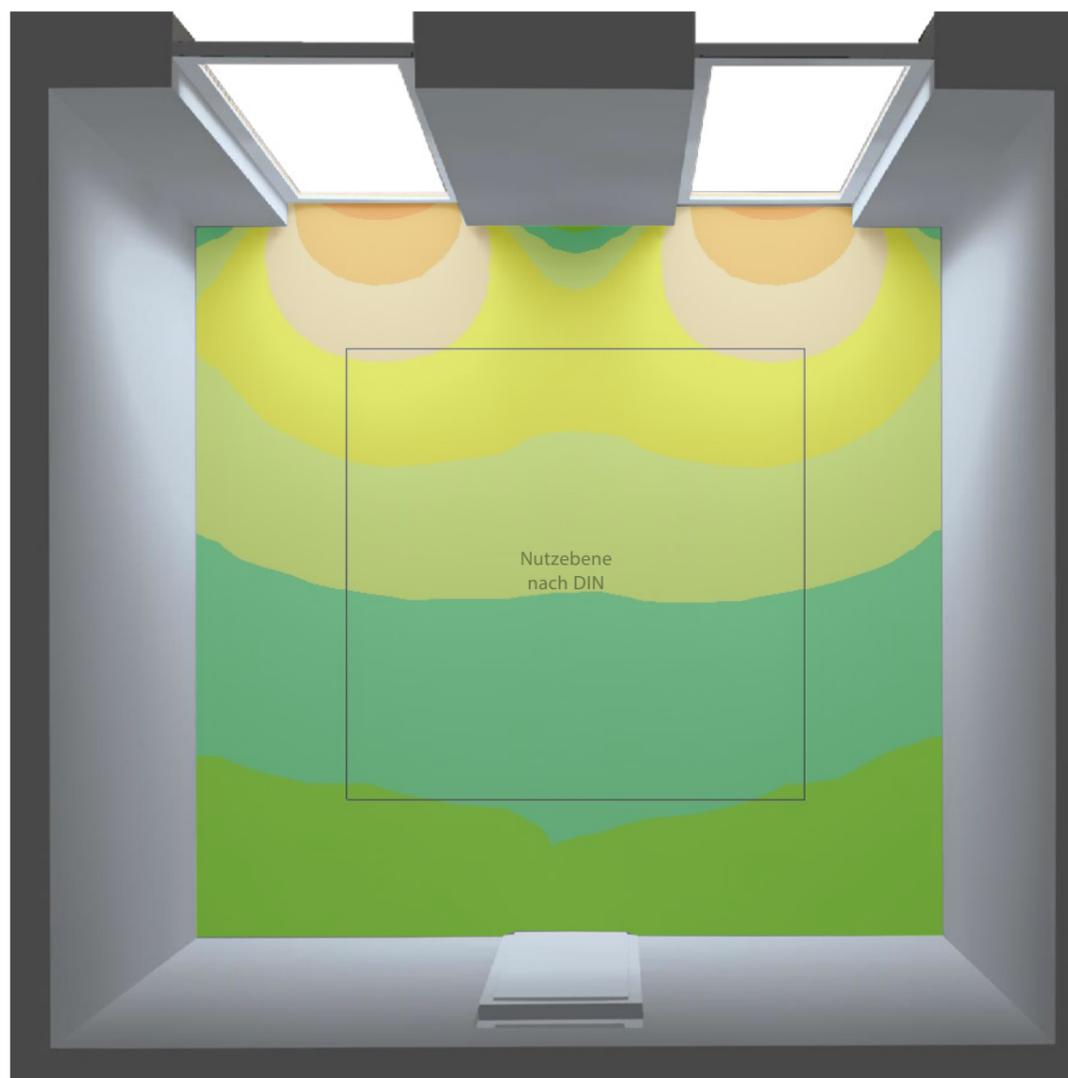
O	5:15 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	10:00 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

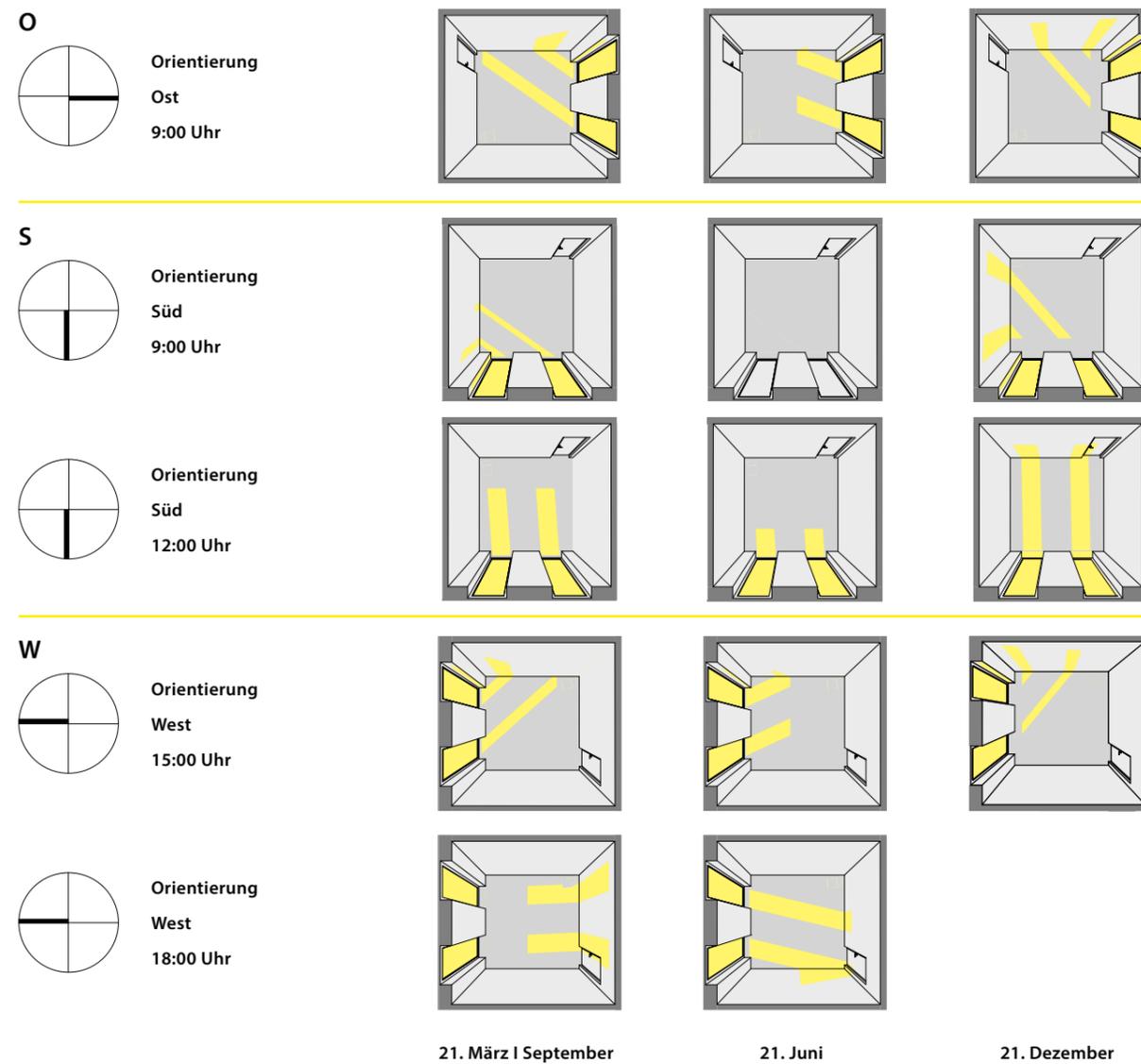


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 1,20 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,8 %
minimal	0,7 %
maximal	4,4 %

SONNENSTUNDEN

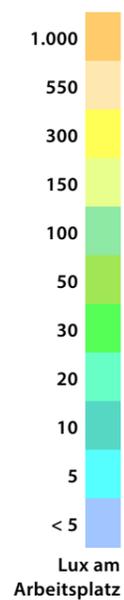
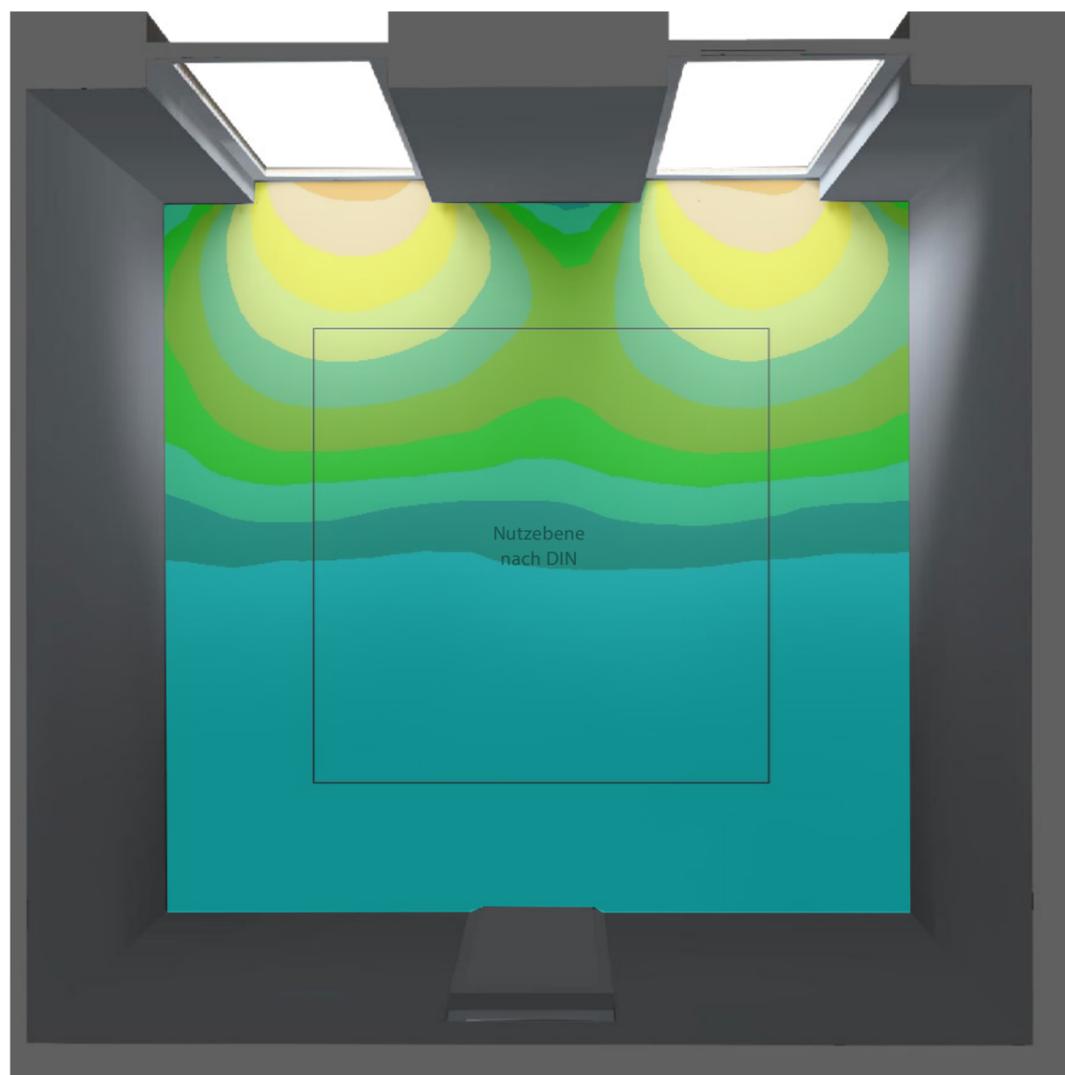
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

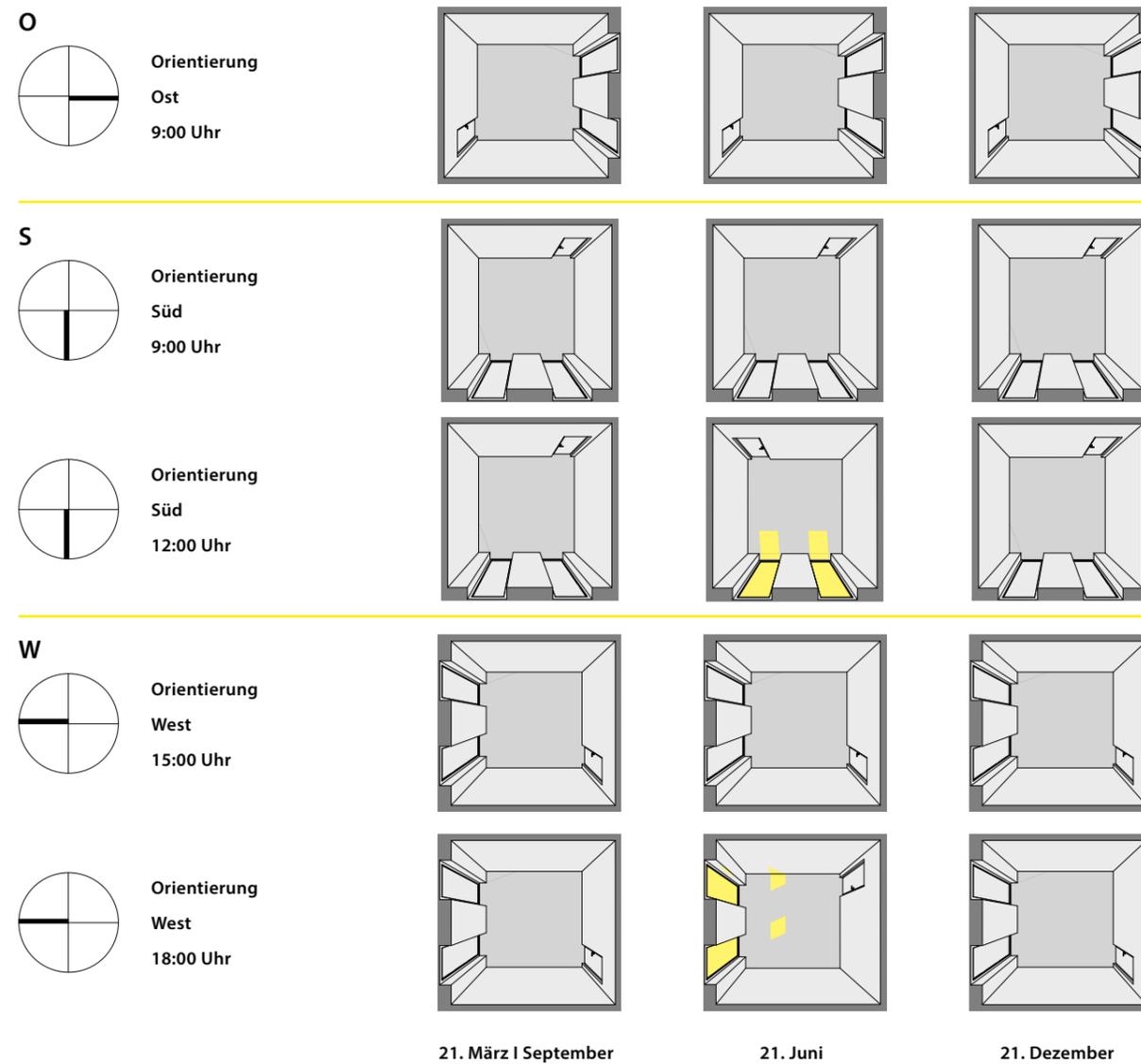


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,4 %
minimal	0,0 %
maximal	1,9 %

SONNENSTUNDEN

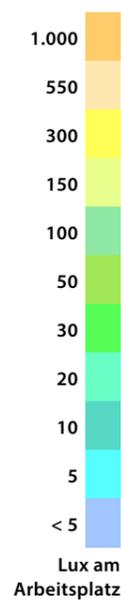
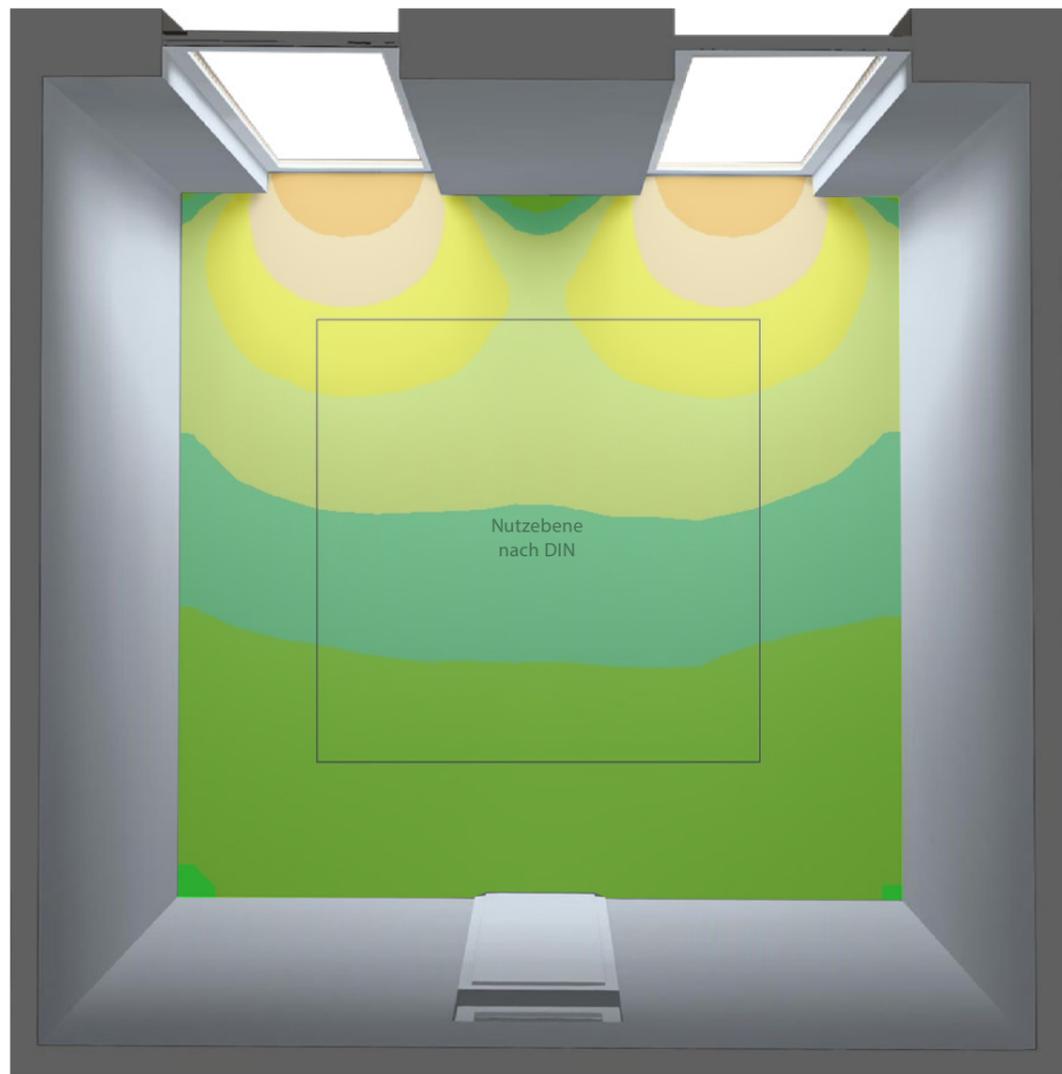
O	0:00 h/a Frühling/Herbst		0:30 h/a Sommer		0:00 h/a Winter
S	0:00 h/a Frühling/Herbst		4:45 h/a Sommer		0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst		2:00 h/a Sommer		0:00 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

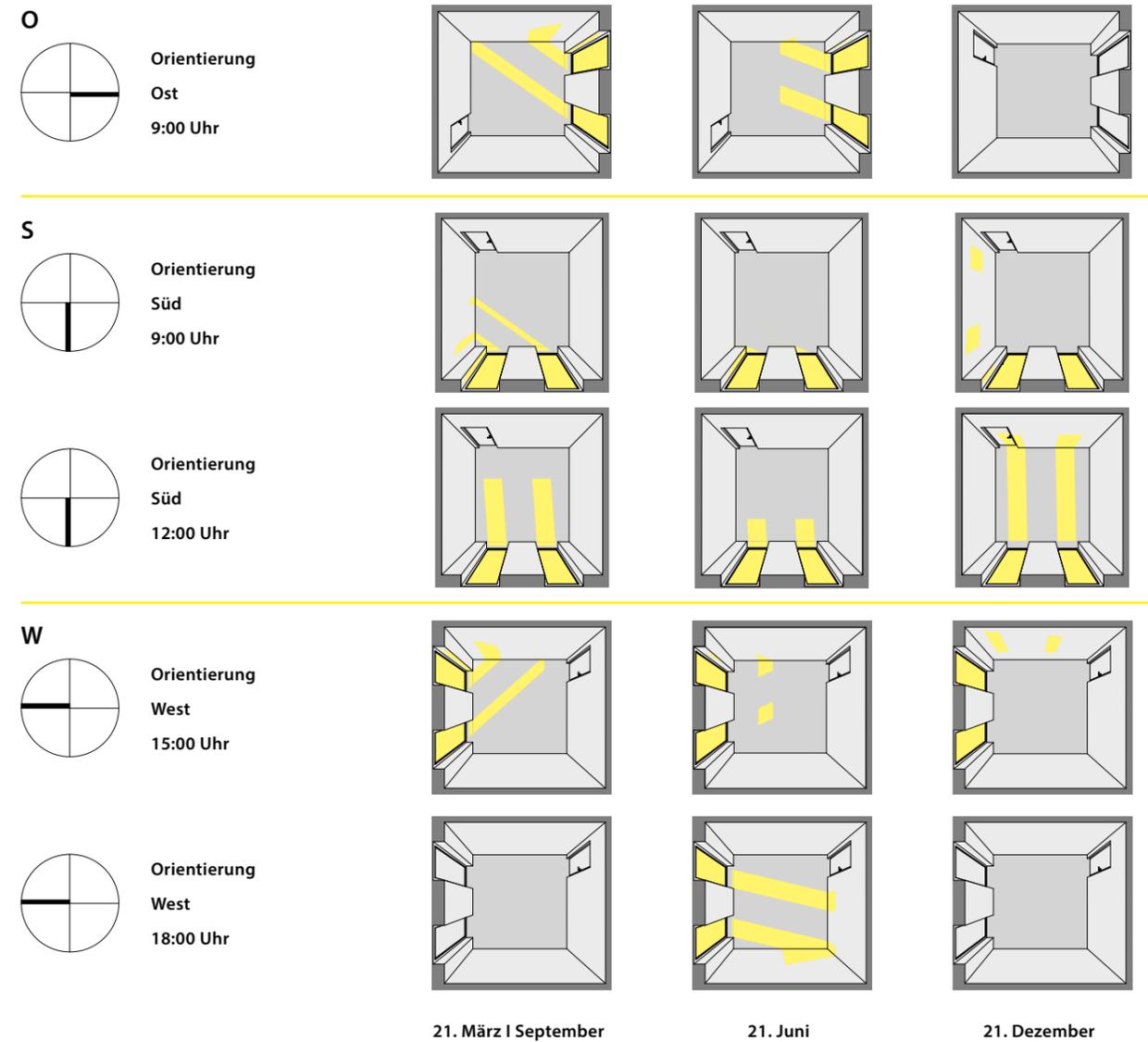


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 1,20 m
Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Obergeschoss

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,7 %
minimal	0,6 %
maximal	4,3 %

SONNENSTUNDEN

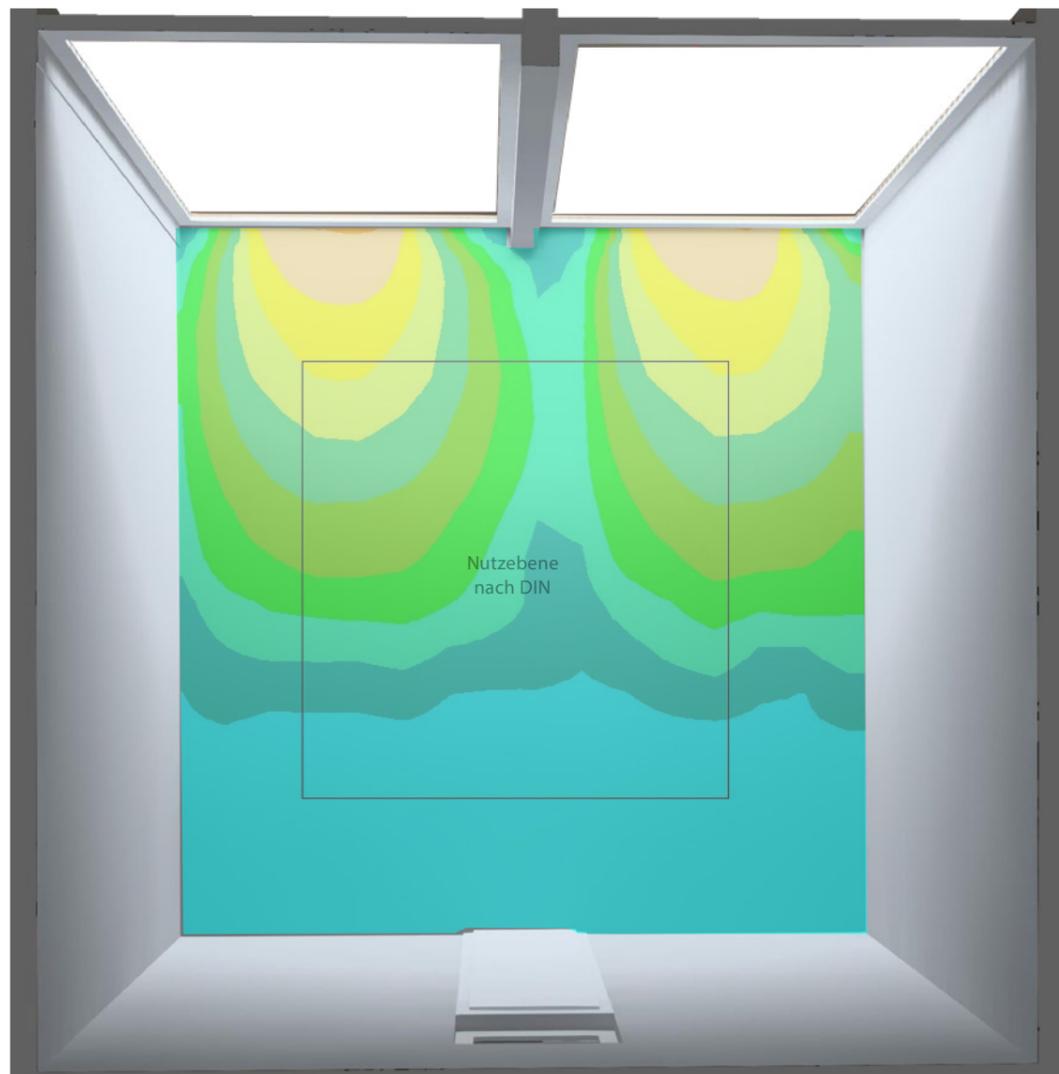
O	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:30 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:15 h/a Sommer	6:30 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

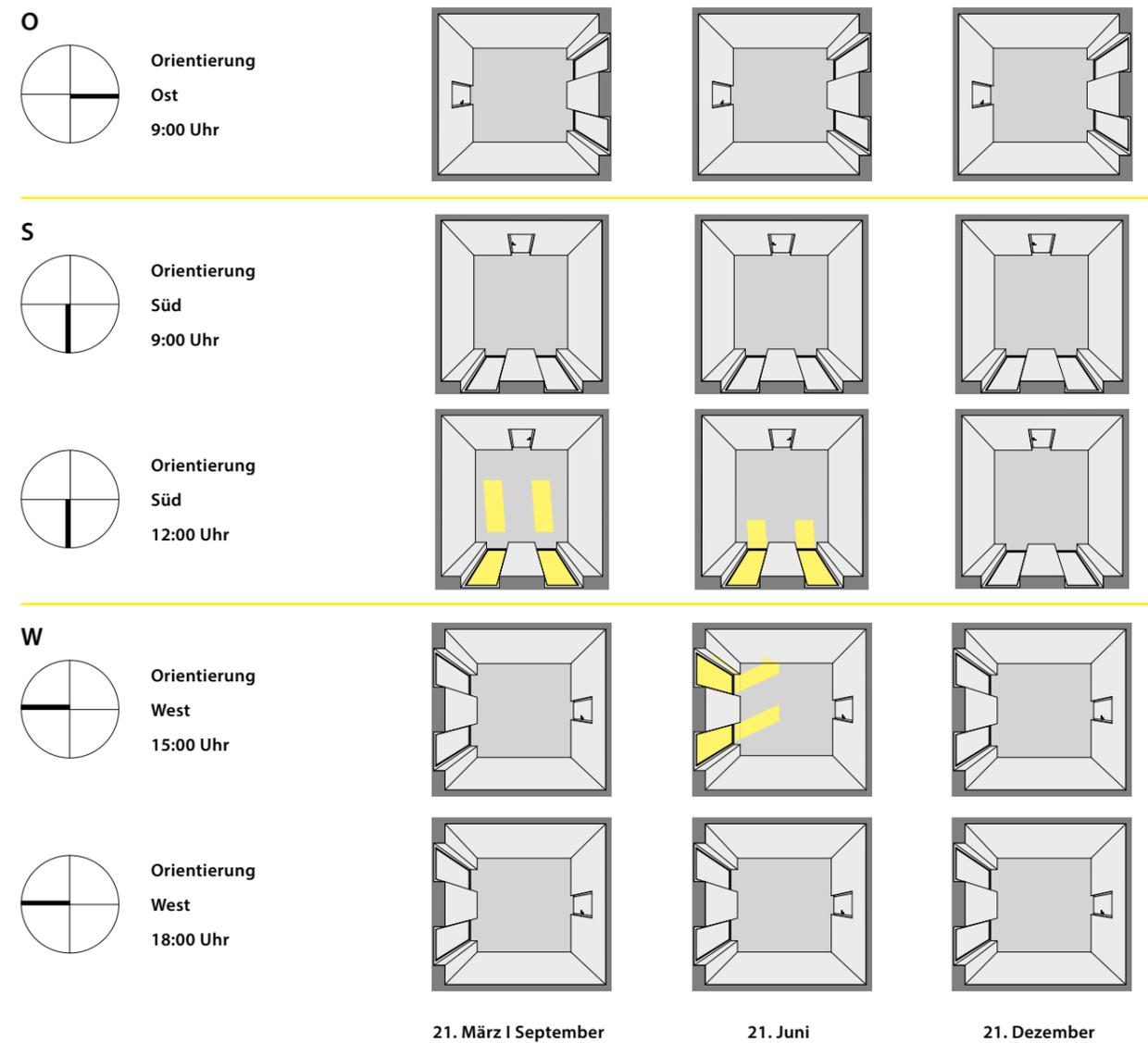


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 2,40 m
Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,5 %
minimal	0,1 %
maximal	2,6 %

SONNENSTUNDEN

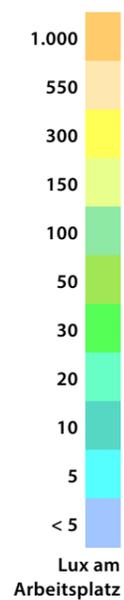
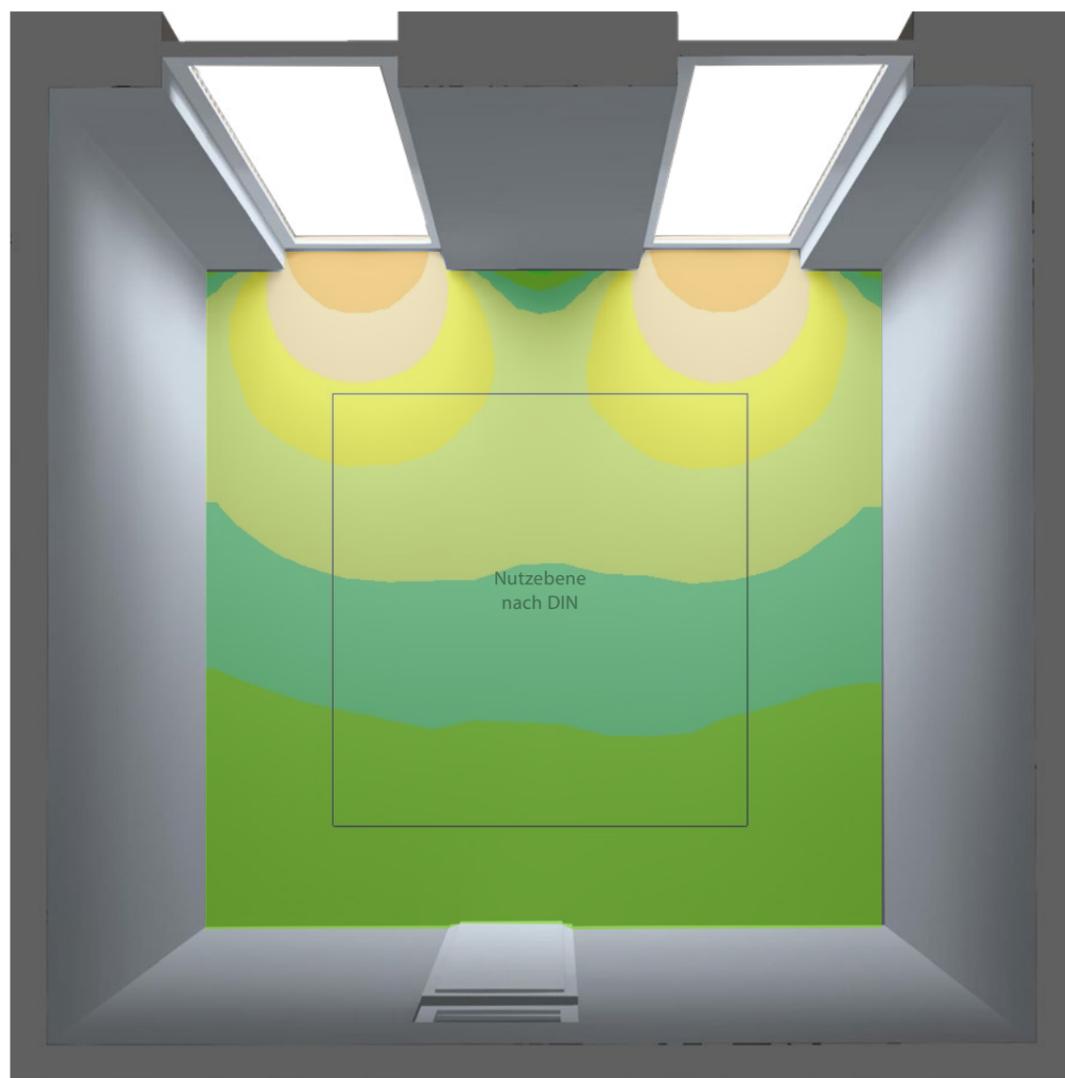
O	0:00 h/a Frühling/Herbst	0:45 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
S	2:45 h/a Frühling/Herbst	3:45 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst	3:15 h/a Sommer	0:00 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

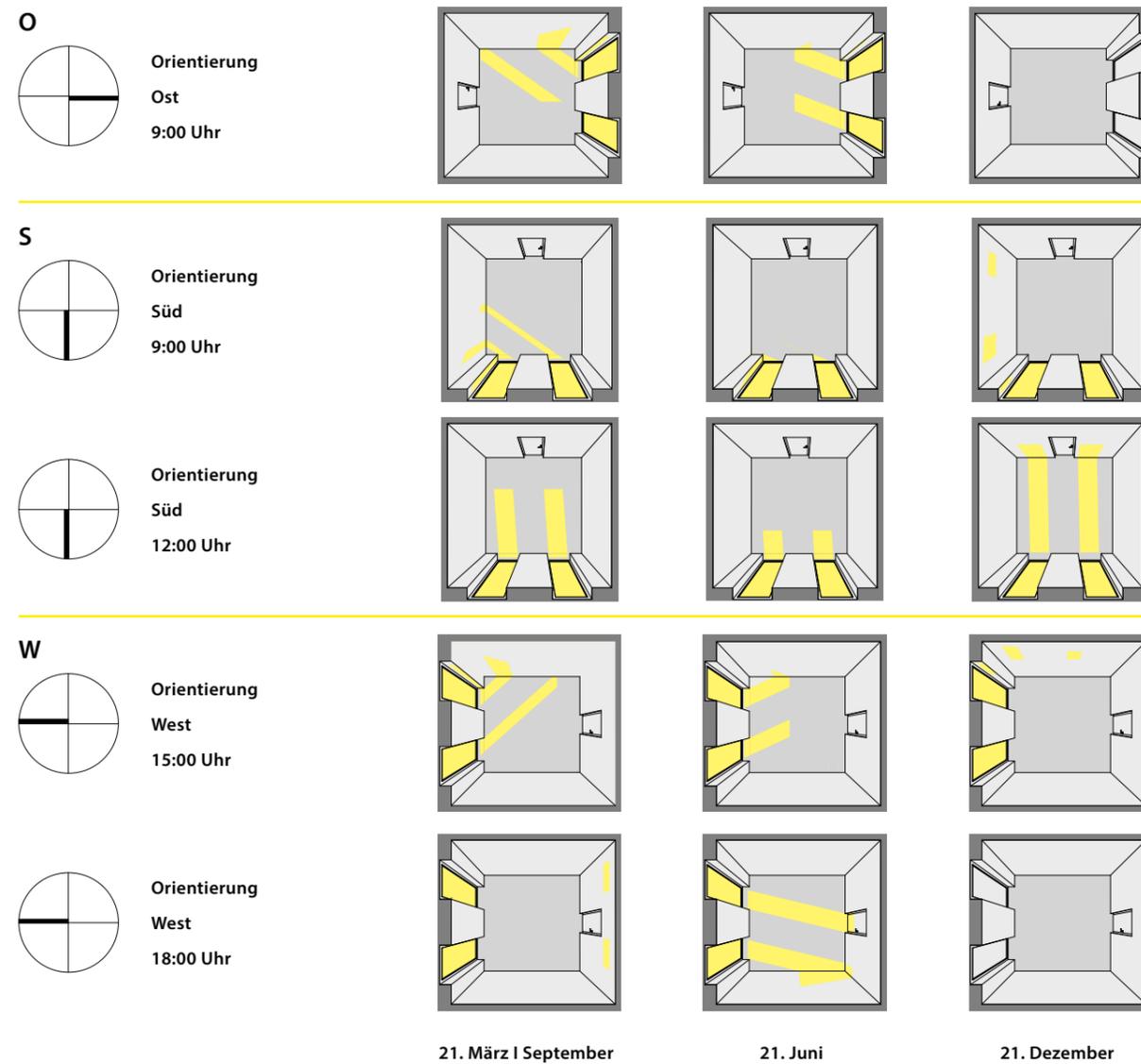


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 1,20 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Obergeschoss

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,7 %
minimal	0,6 %
maximal	4,3 %

SONNENSTUNDEN

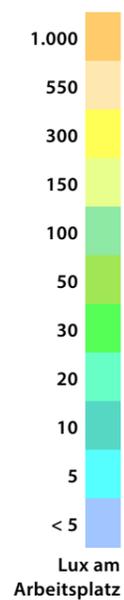
O	4:45 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	1:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	6:15 h/a Winter
W	4:15 h/a Frühling/Herbst	6:45 h/a Sommer	1:30 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

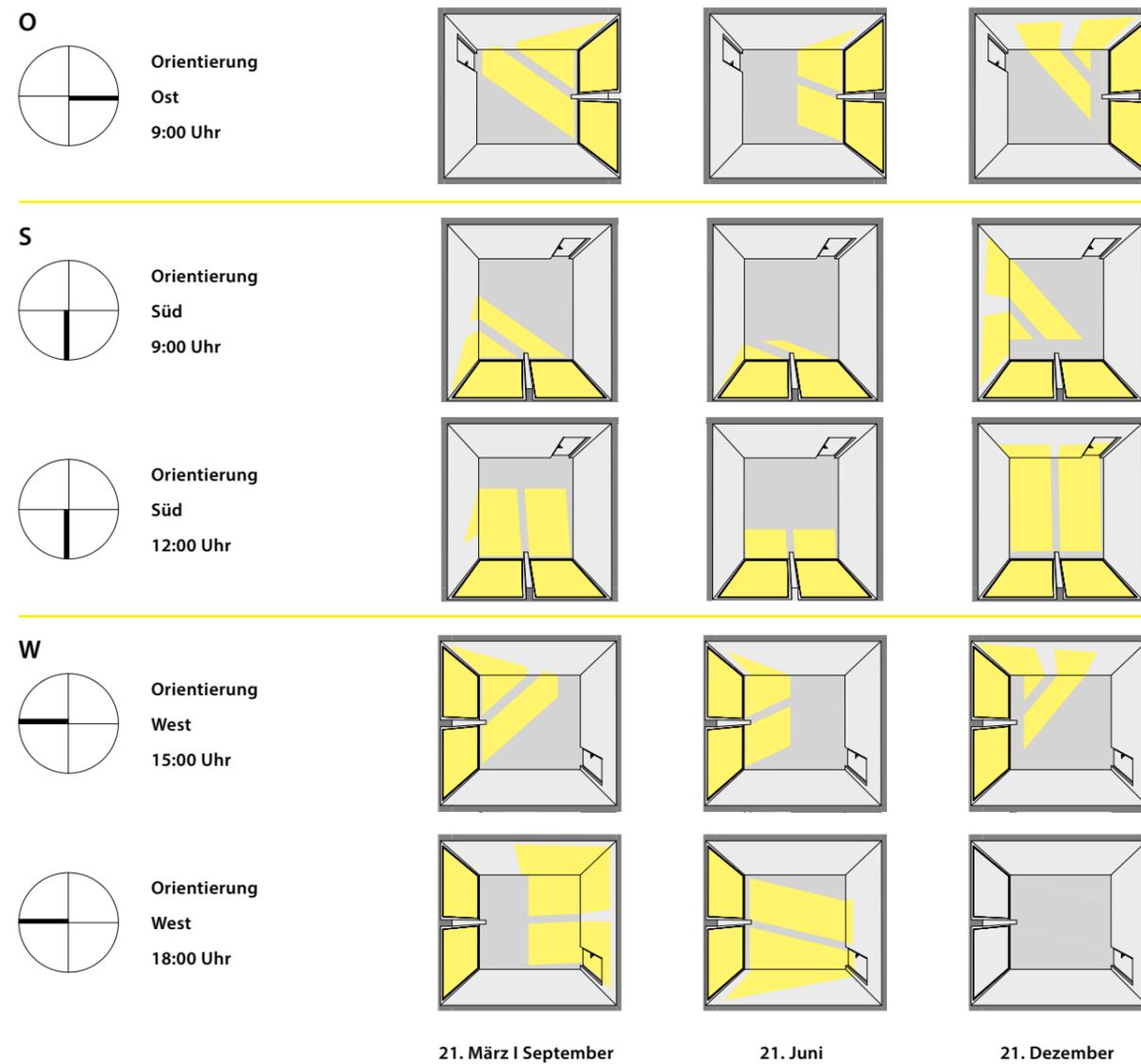


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 2,40 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	4,1 %
minimal	1,6 %
maximal	8,9 %

SONNENSTUNDEN

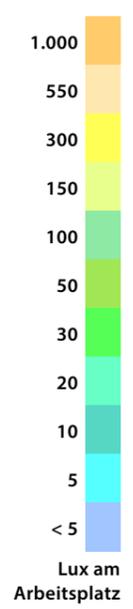
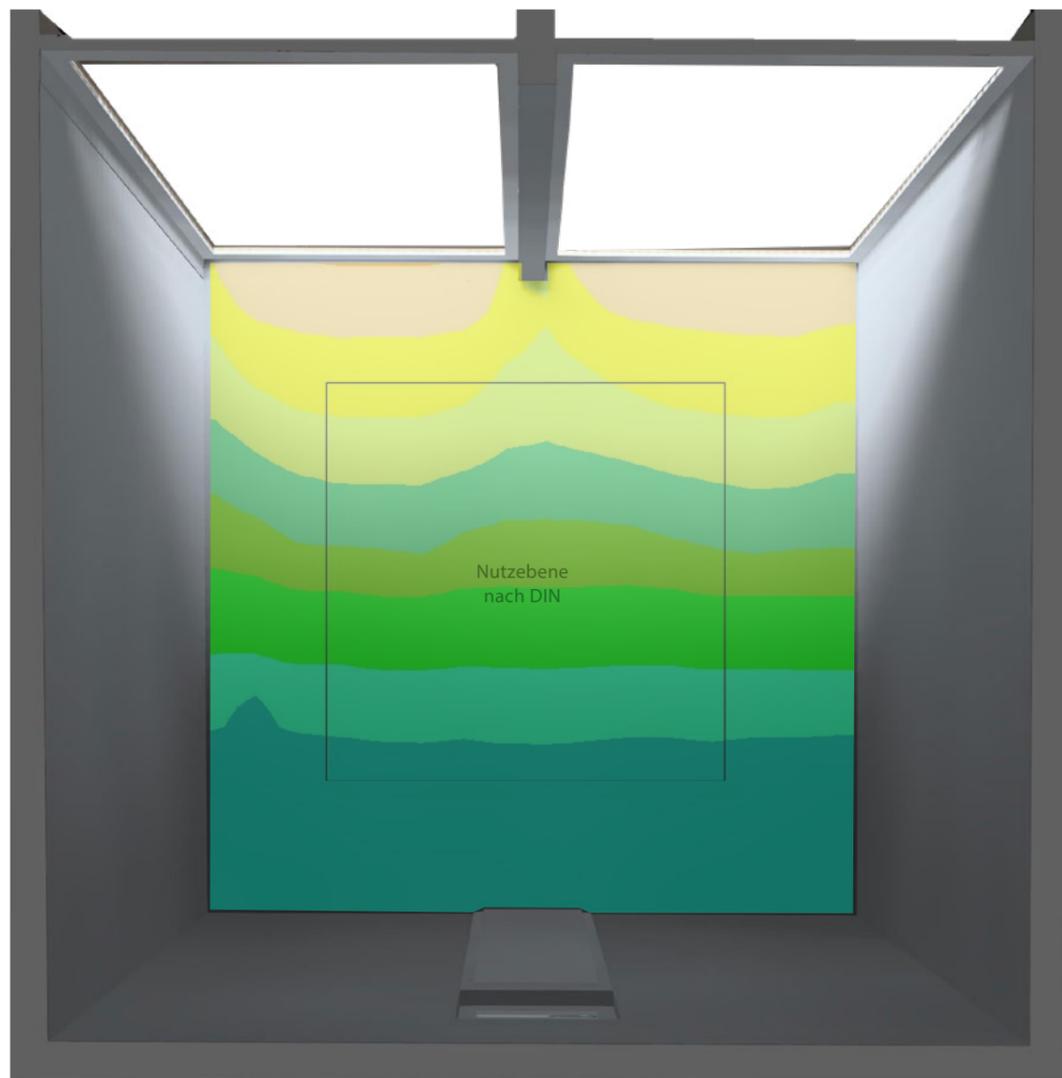
O	5:30 h/a Frühling/Herbst		7:45 h/a Sommer		3:00 h/a Winter
S	10:00 h/a Frühling/Herbst		7:00 h/a Sommer		7:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst		7:30 h/a Sommer		2:30 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

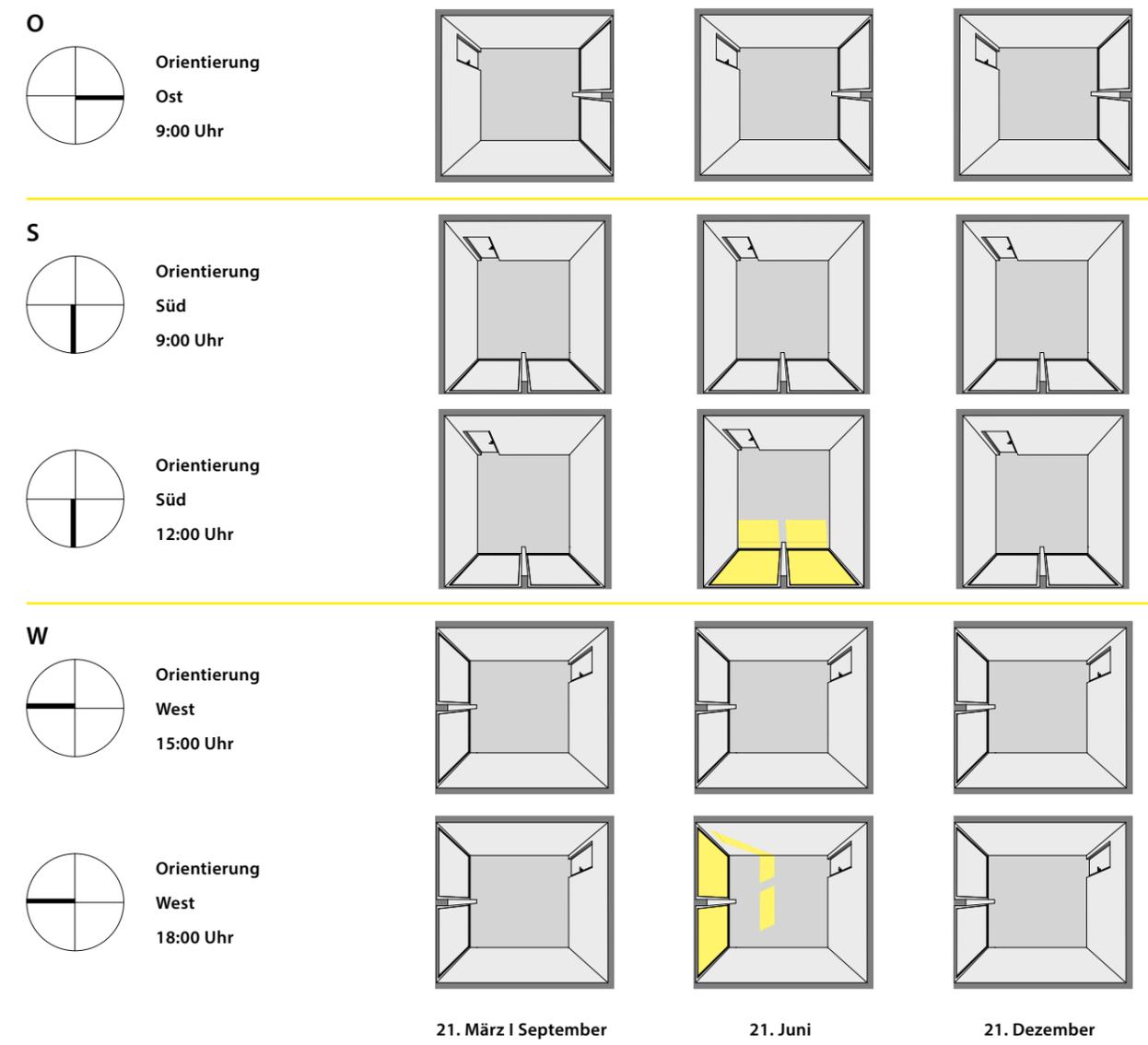


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,8 %
minimal	0,1 %
maximal	3,3 %

SONNENSTUNDEN

O	0:00 h/a Frühling/Herbst		0:45 h/a Sommer		0:00 h/a Winter
S	0:00 h/a Frühling/Herbst		5:15 h/a Sommer		0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst		2:15 h/a Sommer		0:00 h/a Winter

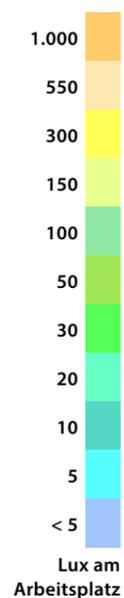
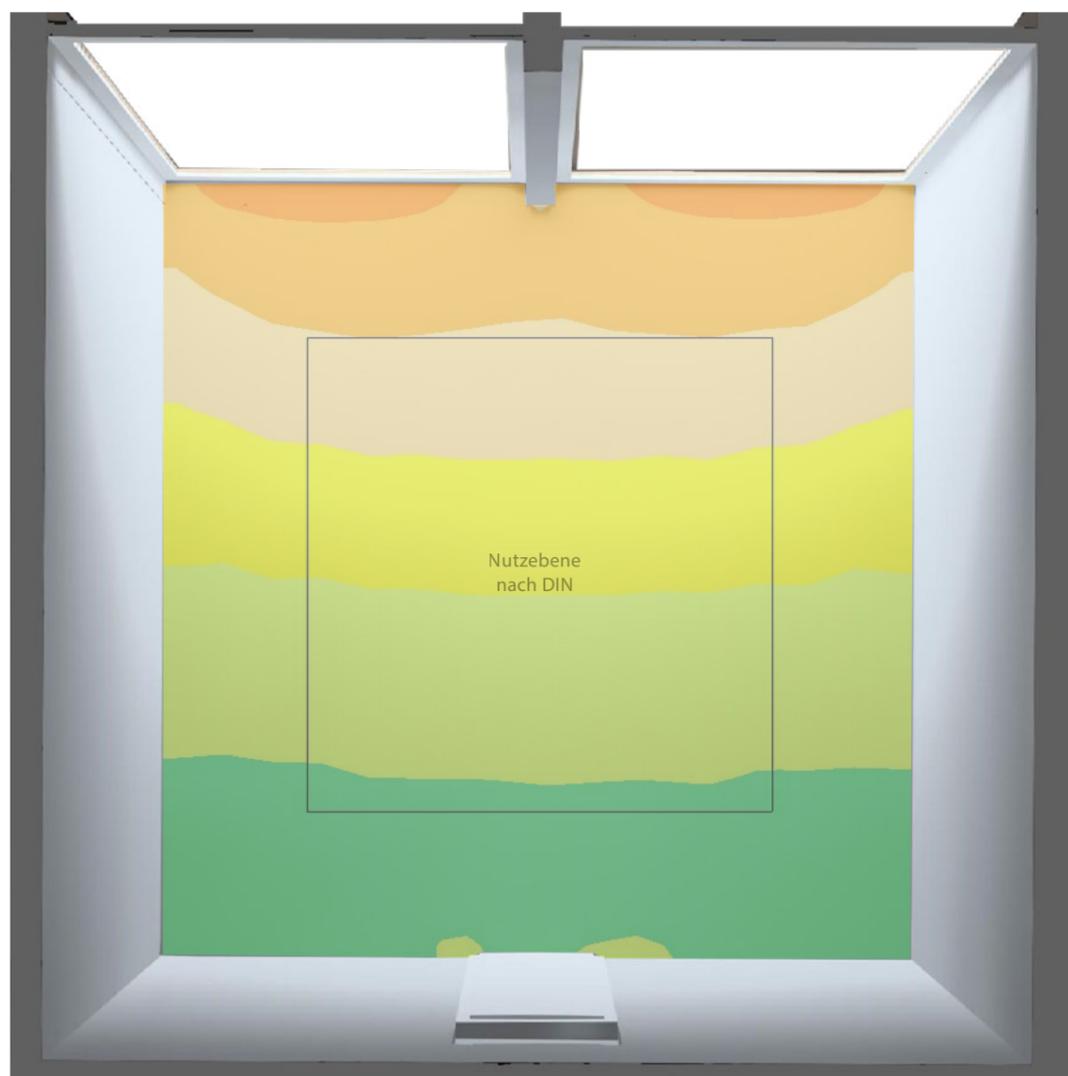
Mehrpersonenbüro



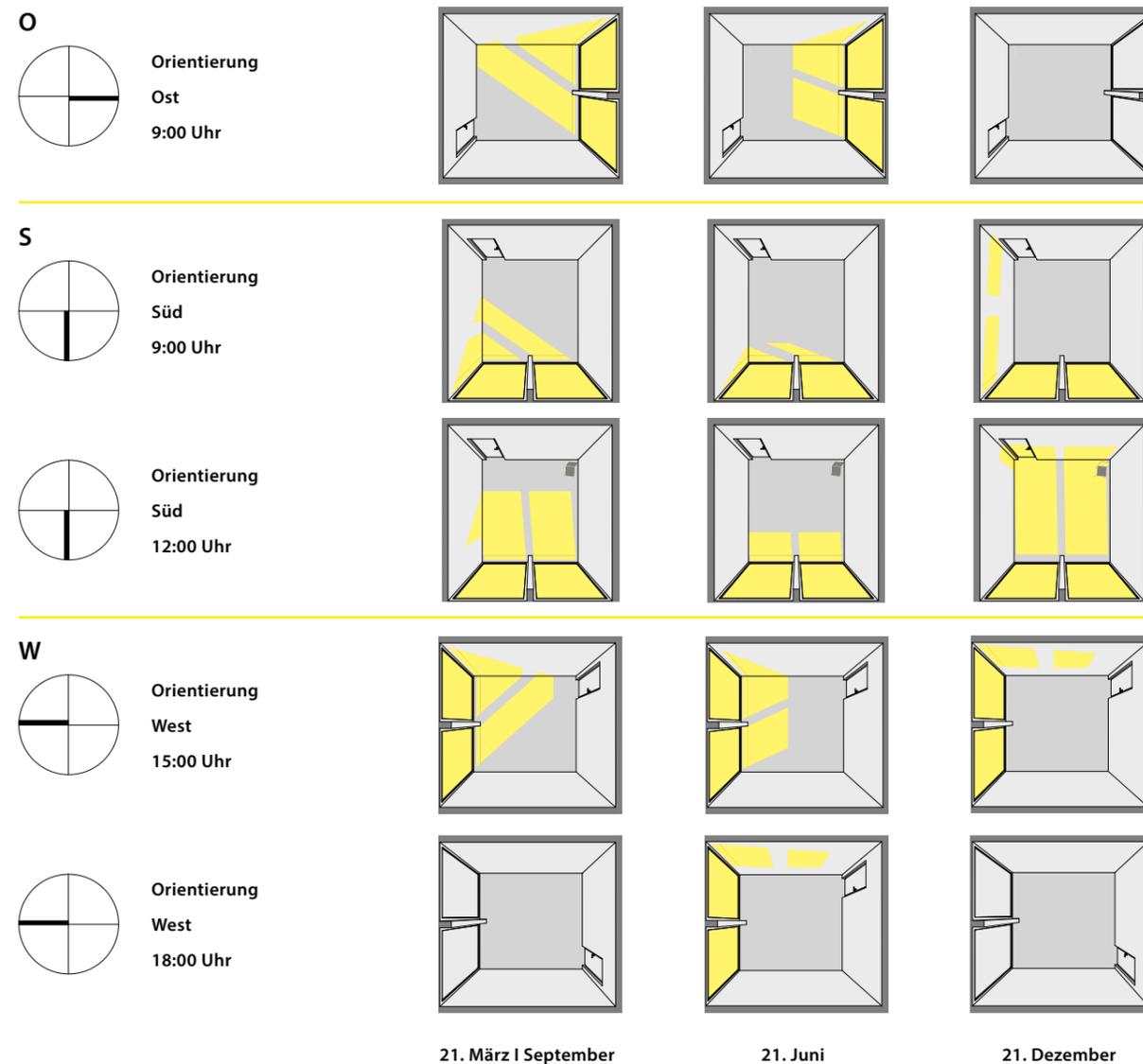
Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | hoher Verbaungsgrad | Obergeschoss

BOGEN 2.10

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	3,9 %
minimal	1,4 %
maximal	8,6 %

SONNENSTUNDEN

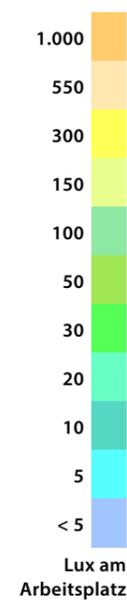
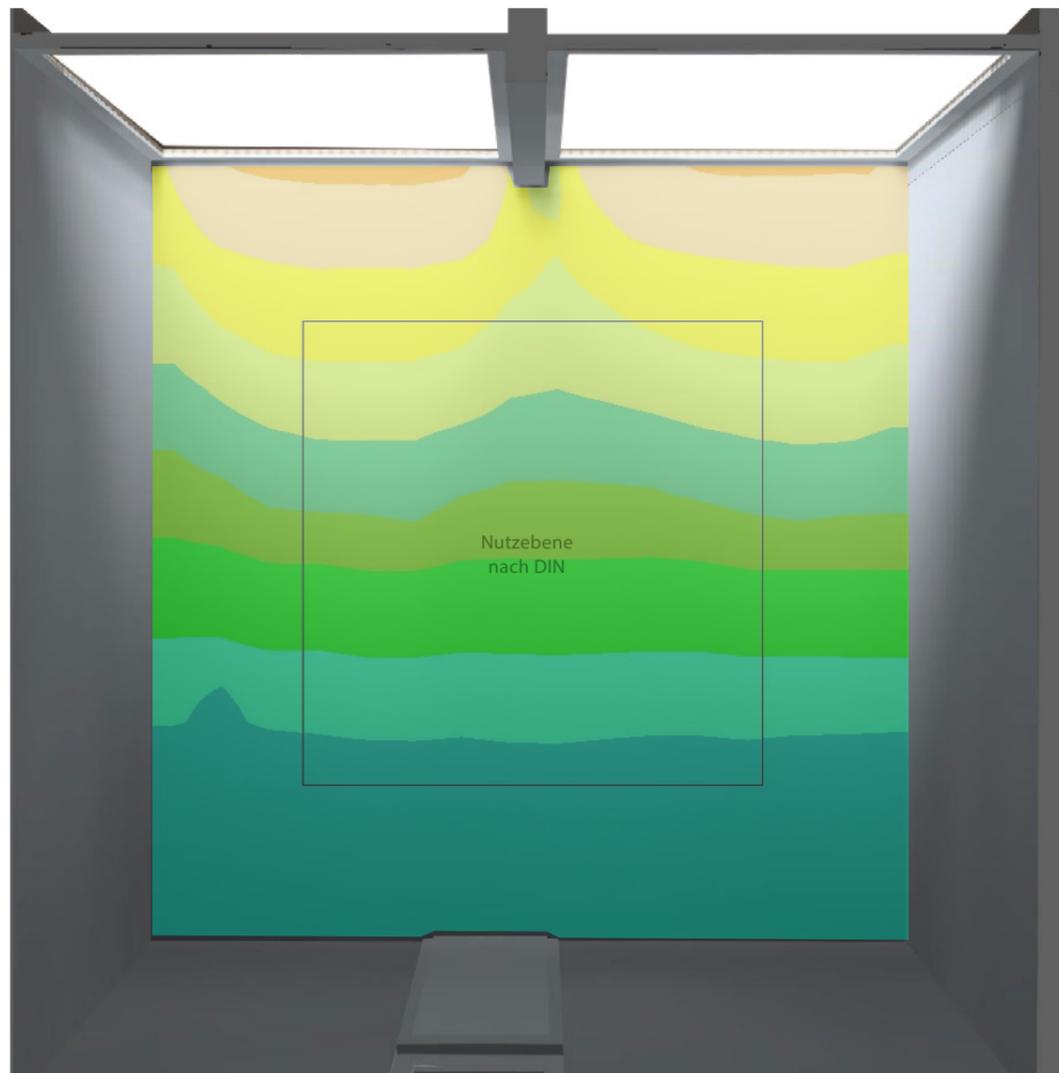
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	10:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	6:30 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

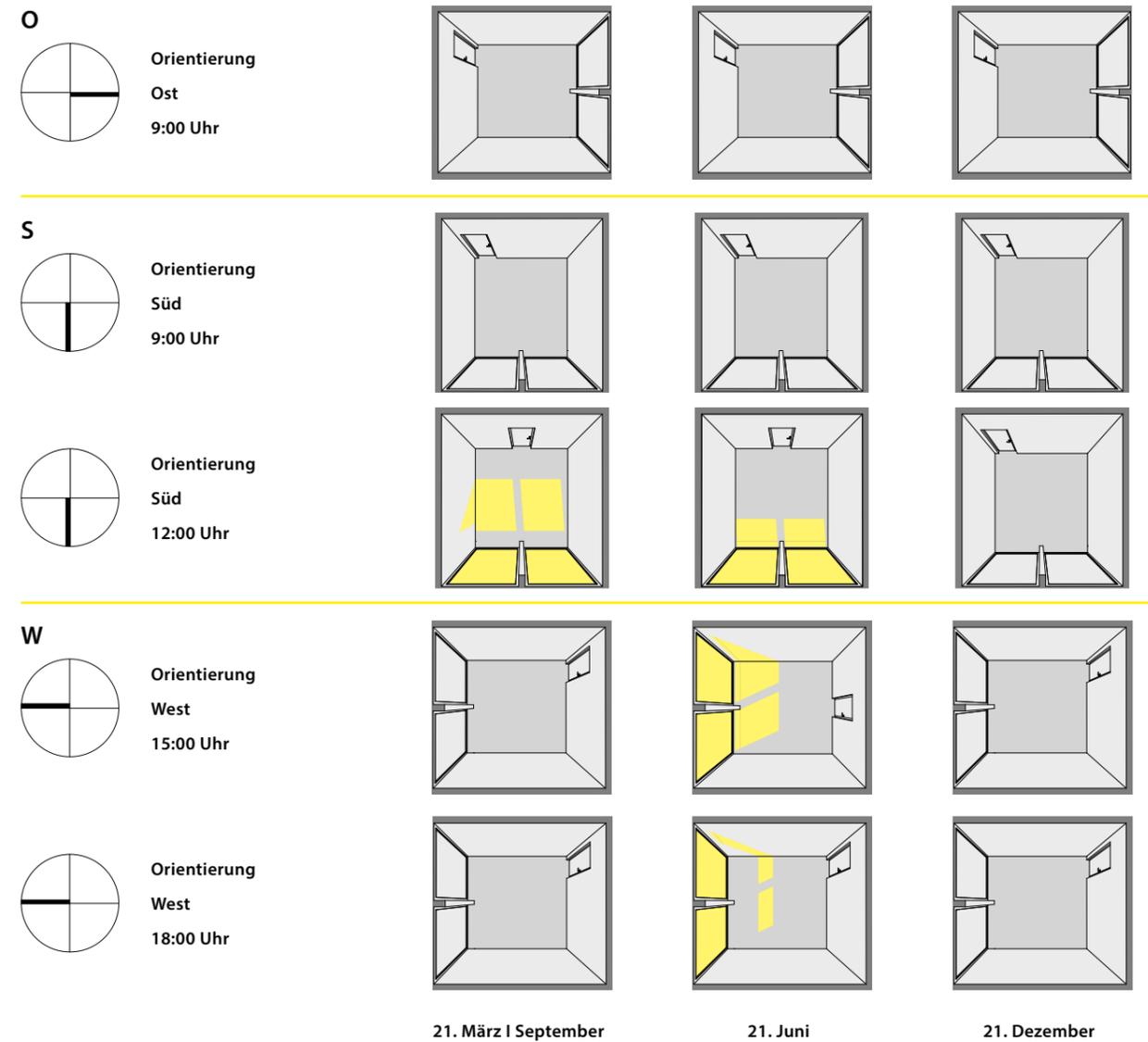


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m | Fensterbreite 2 x 2,40 m
 Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | mittlerer Verbauungsgrad | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,0 %
minimal	0,1 %
maximal	3,6 %

SONNENSTUNDEN

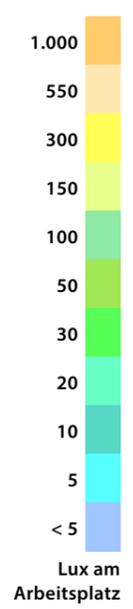
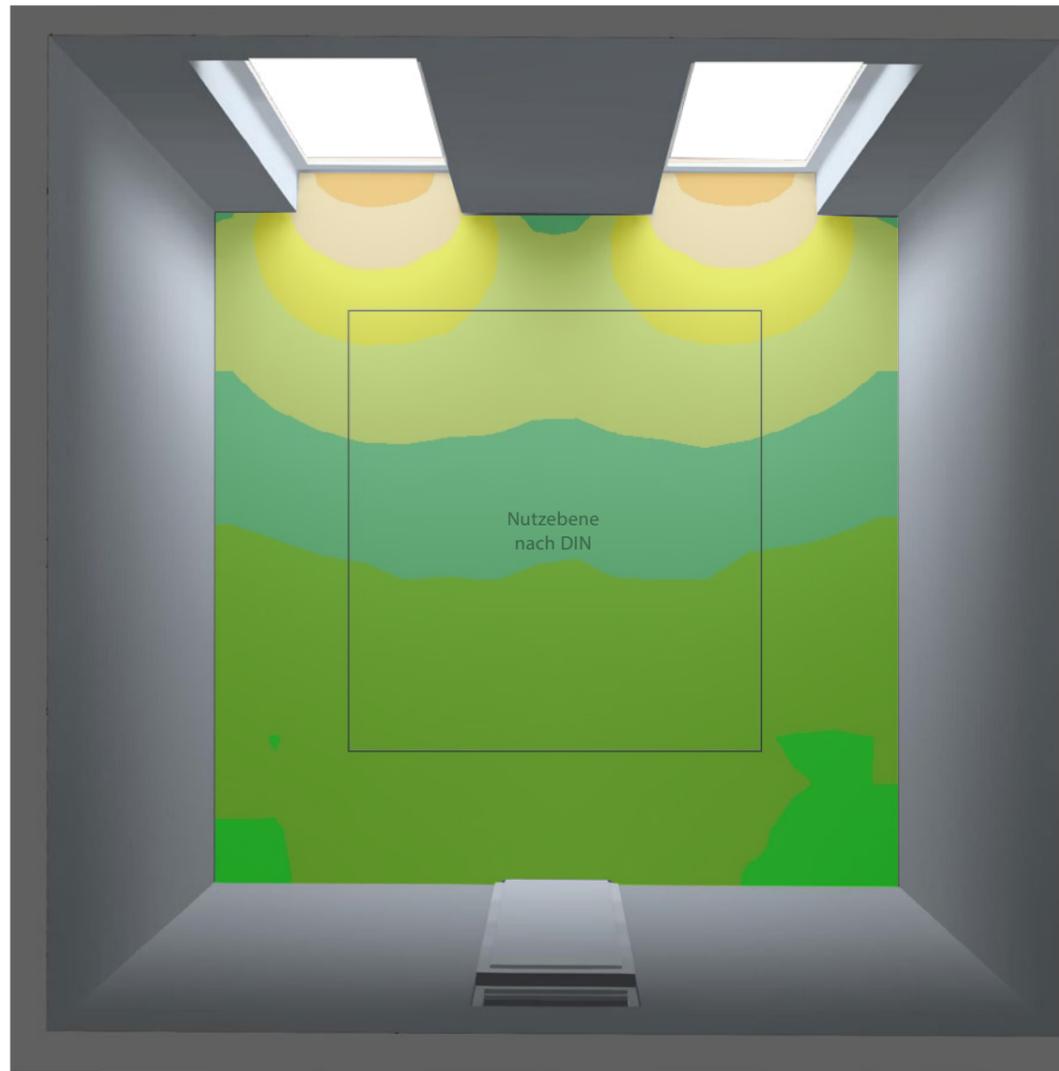
O	0:00 h/a Frühling/Herbst	1:30 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
S	2:45 h/a Frühling/Herbst	3:45 h/a Sommer	0:00 h/a Winter
W	0:00 h/a Frühling/Herbst	3:30 h/a Sommer	0:00 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

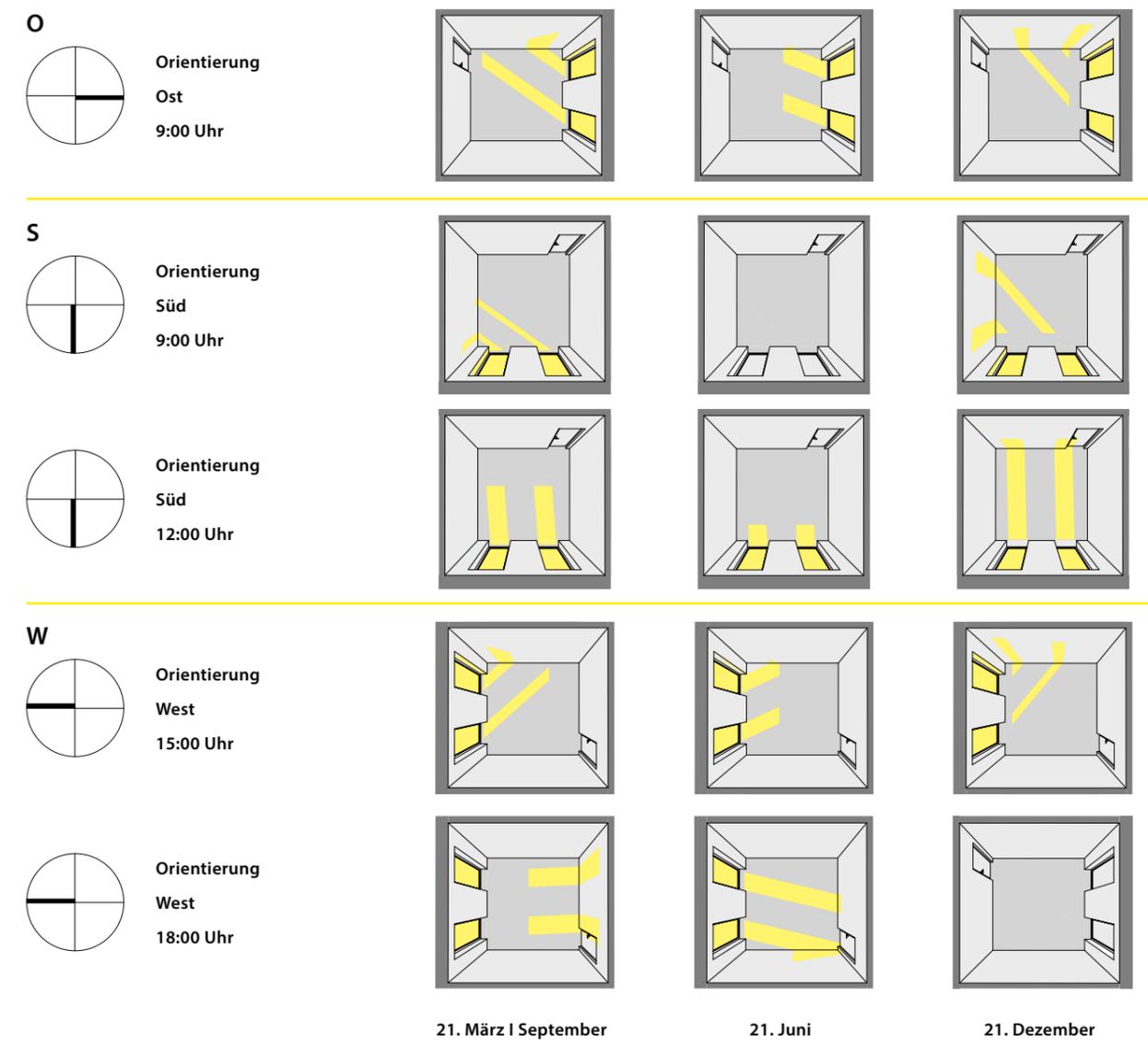


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 1,20 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,3 %
minimal	0,5 %
maximal	3,4 %

SONNENSTUNDEN

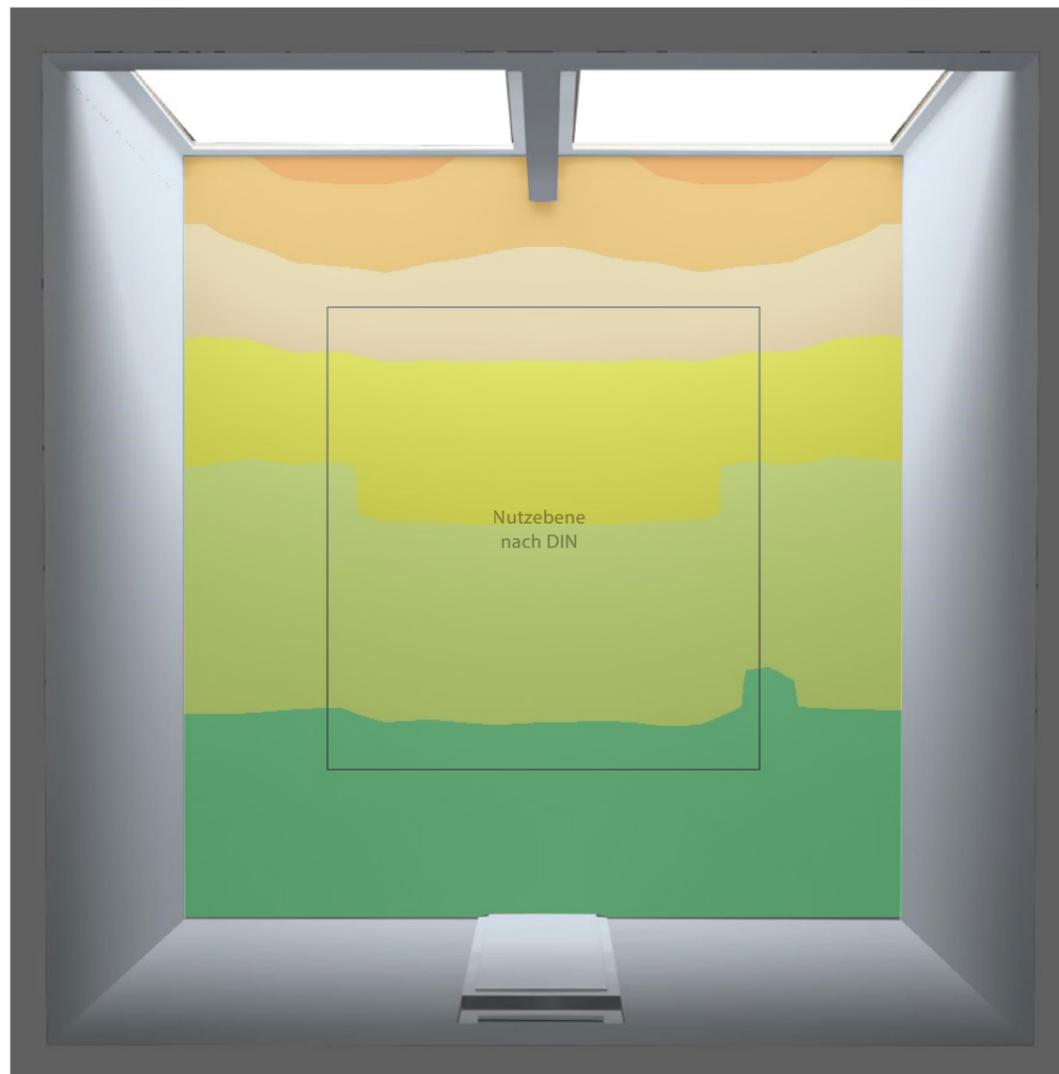
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:15 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Mehrpersonenbüro

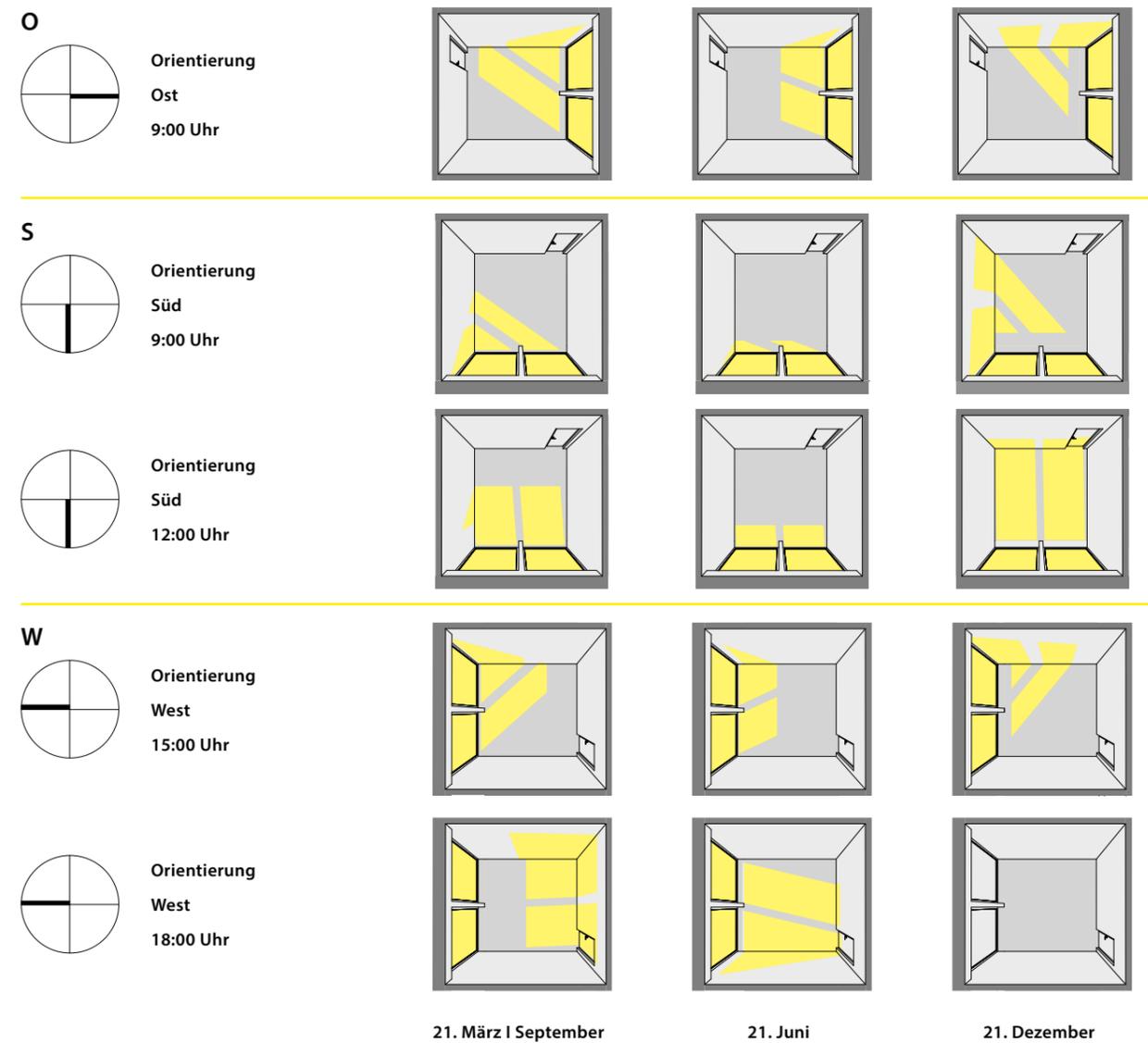


Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 2,40 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	3,1 %
minimal	2,2 %
maximal	7,0 %

SONNENSTUNDEN

O	5:30 h/a Frühling/Herbst	7:45 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	10:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

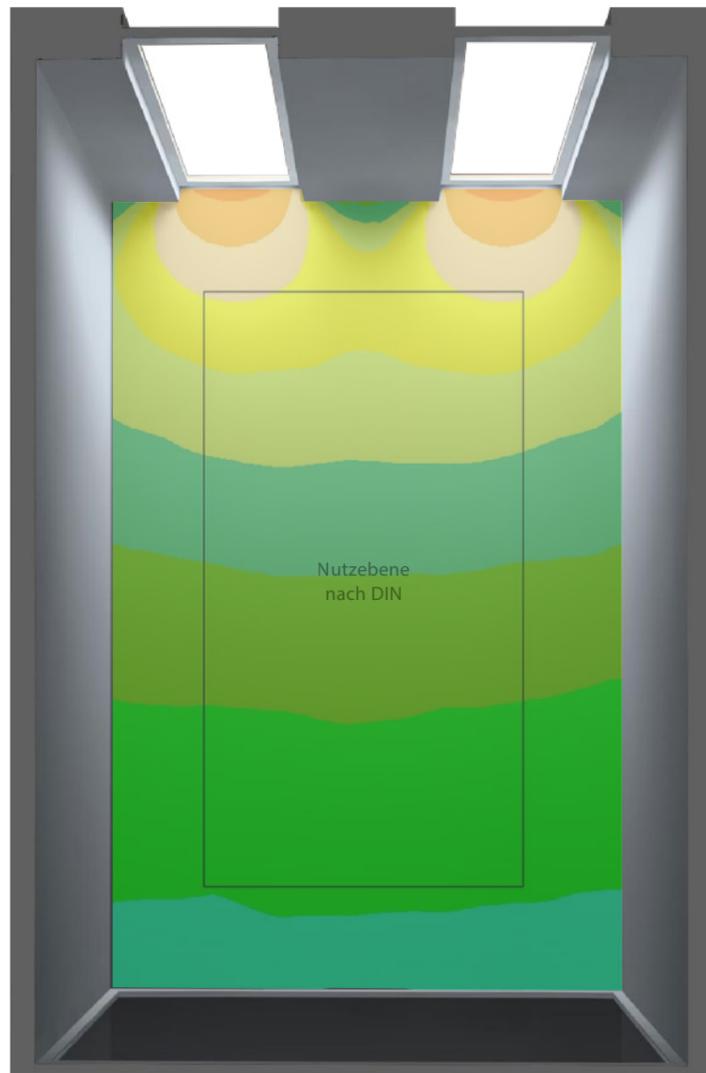
Mehrpersonenbüro



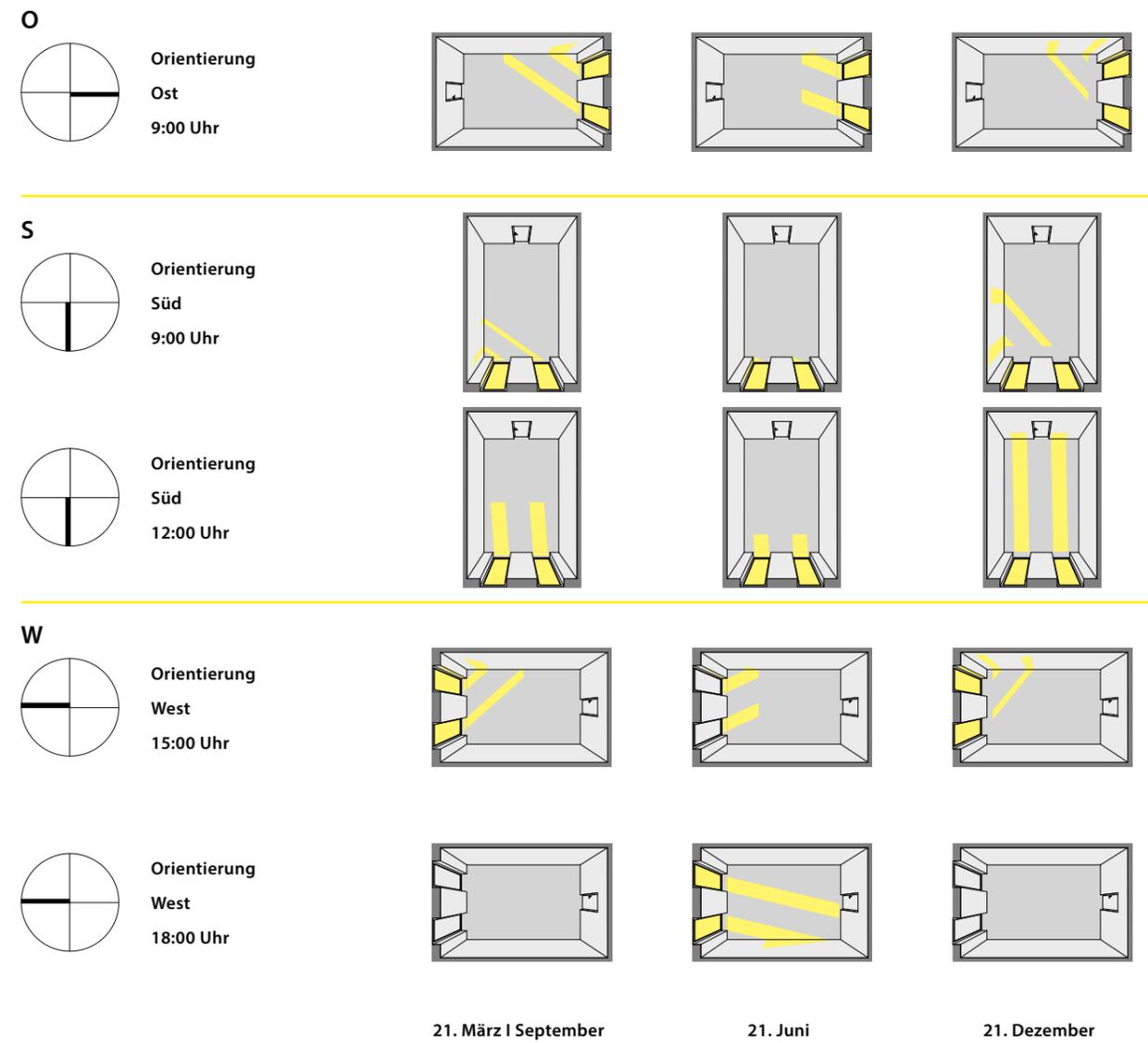
Nutzfläche 38 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 1,20 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

BOGEN 2.14

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,3 %
minimal	0,3 %
maximal	4,4 %

SONNENSTUNDEN

O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

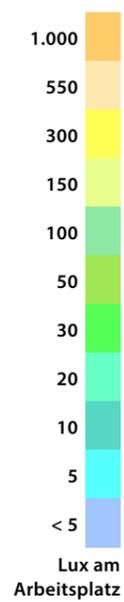
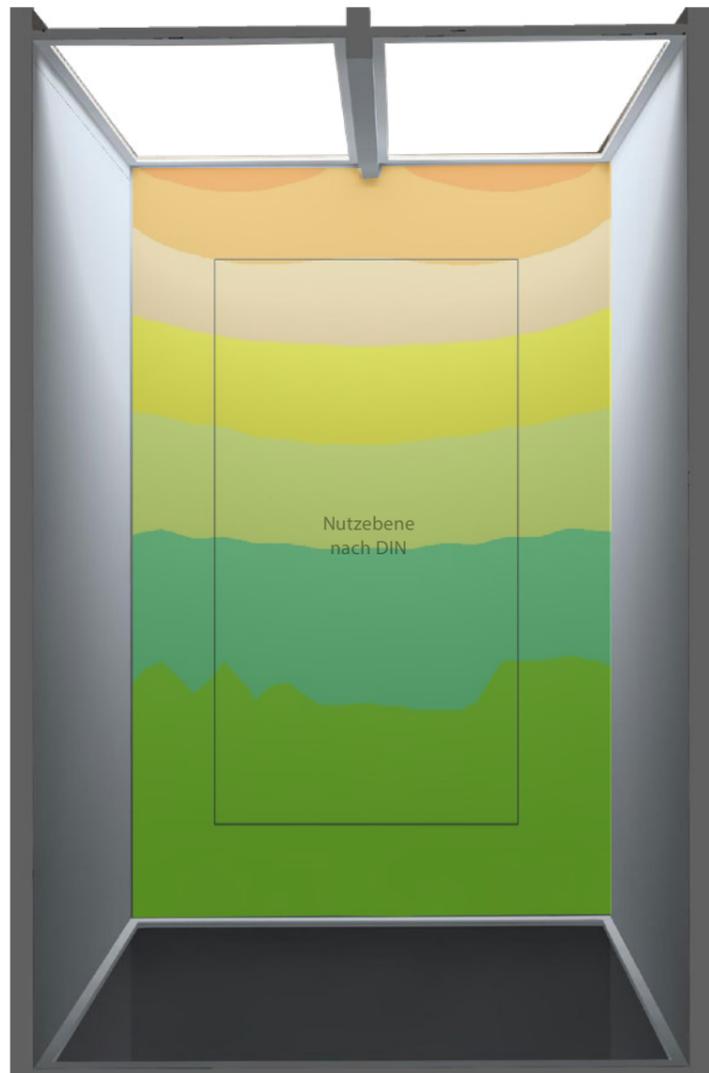
Mehrpersonenbüro



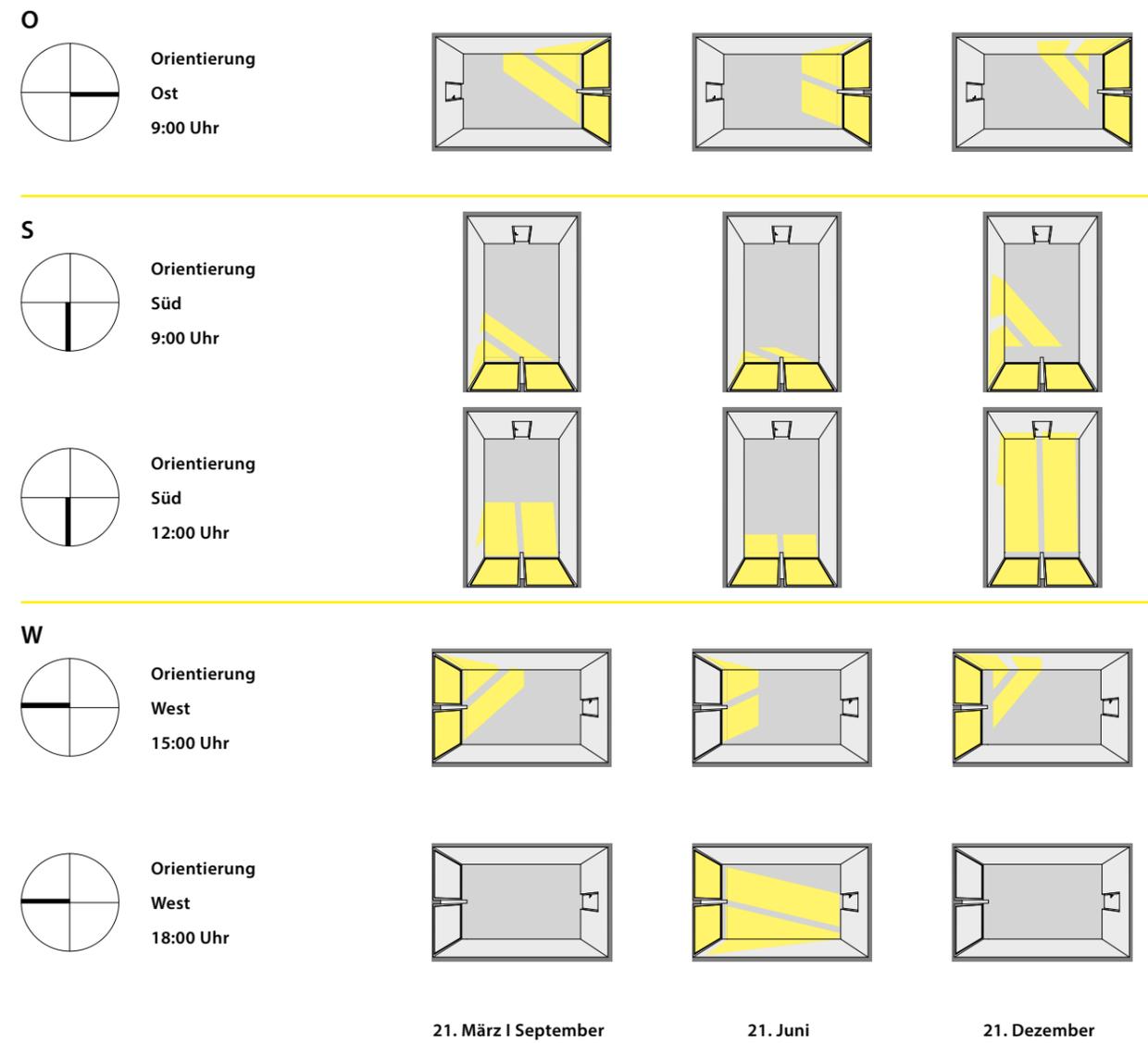
Nutzfläche 38 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 2 x 2,40 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

BOGEN 2.15

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,9 %
minimal	0,6 %
maximal	8,8 %

SONNENSTUNDEN

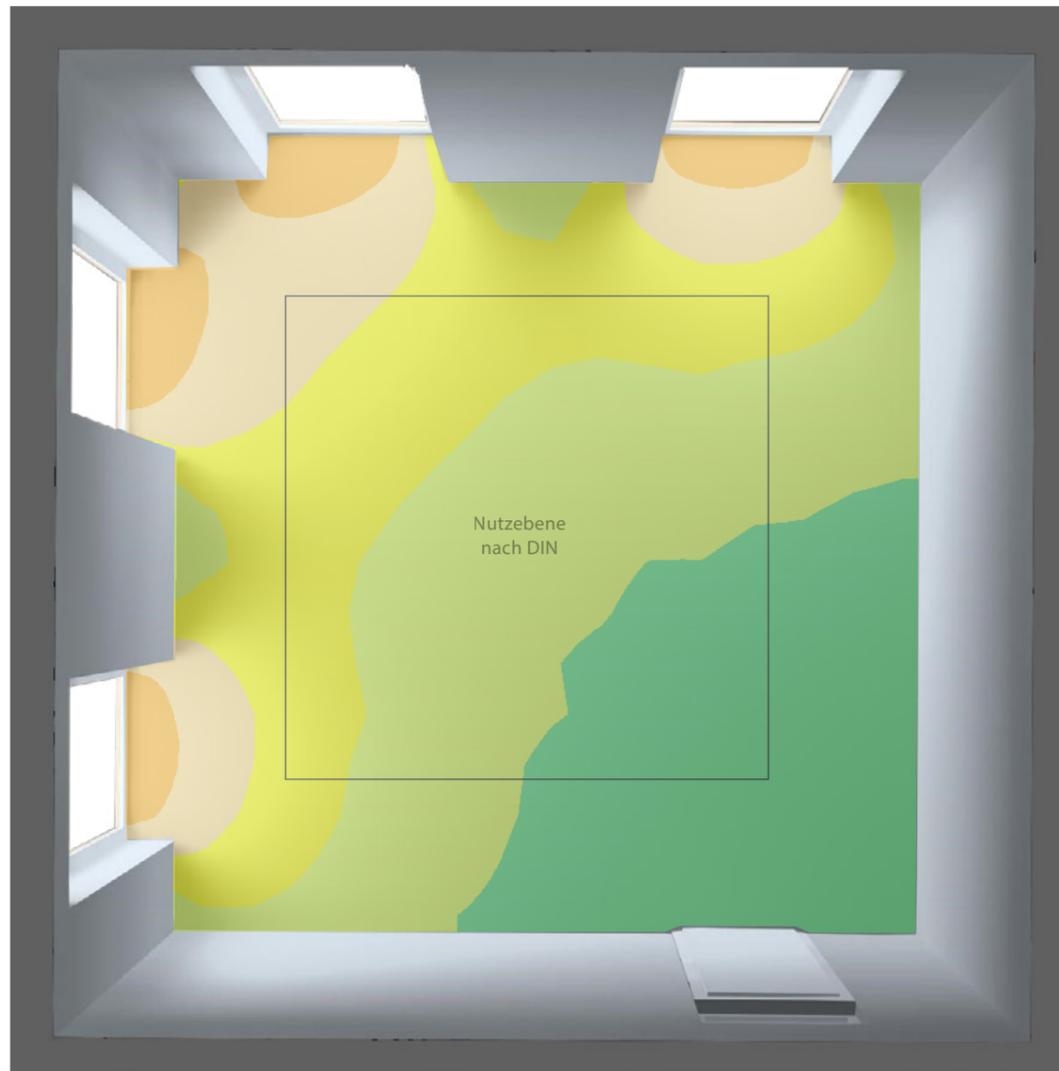
O	5:30 h/a Frühling/Herbst	7:45 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	9:45 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Sondersituation

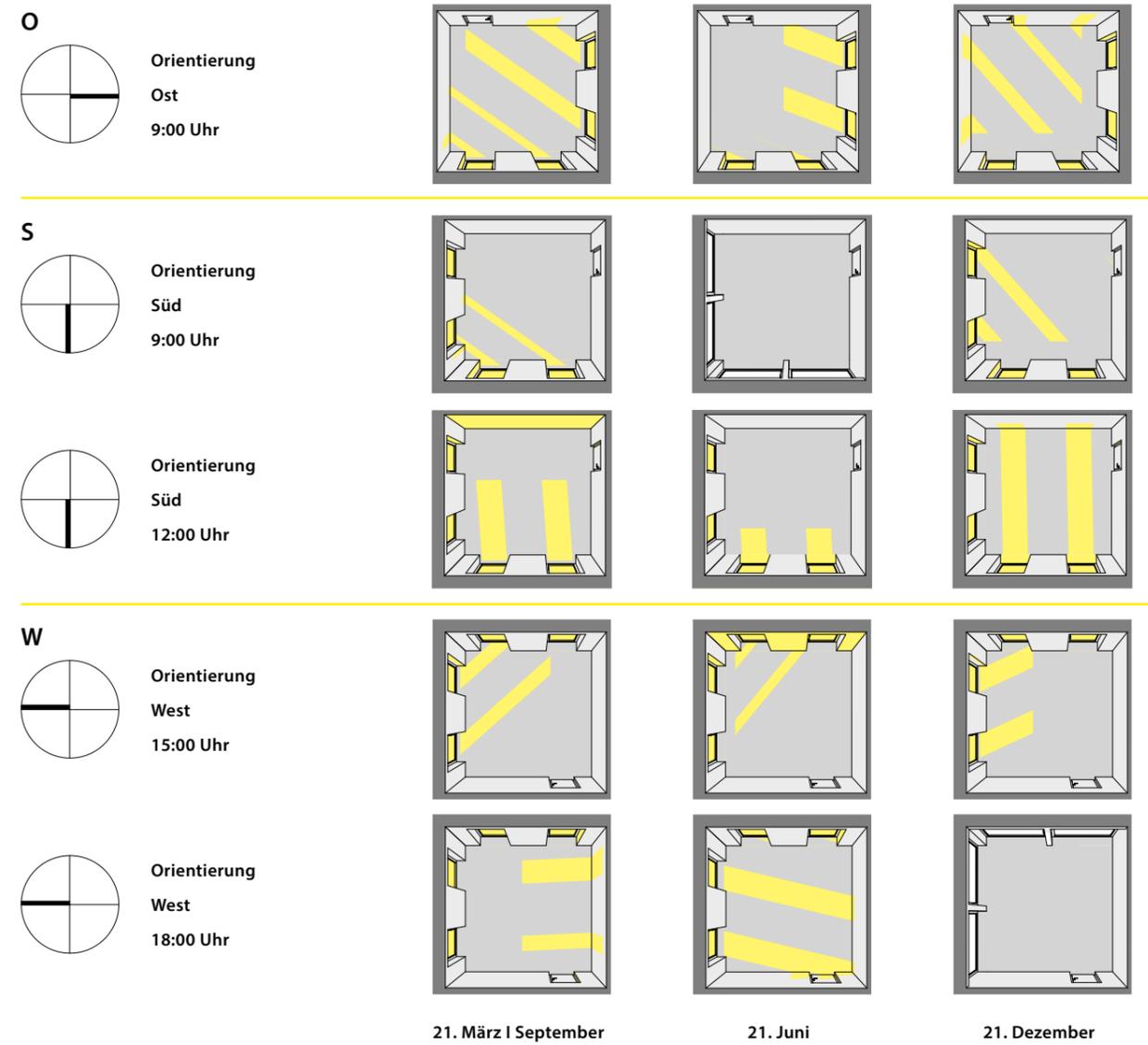


Eckbüro | Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 4 x 1,20 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,6 %
minimal	1,1 %
maximal	6,6 %

SONNENSTUNDEN

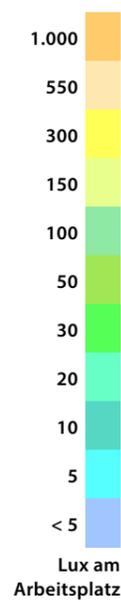
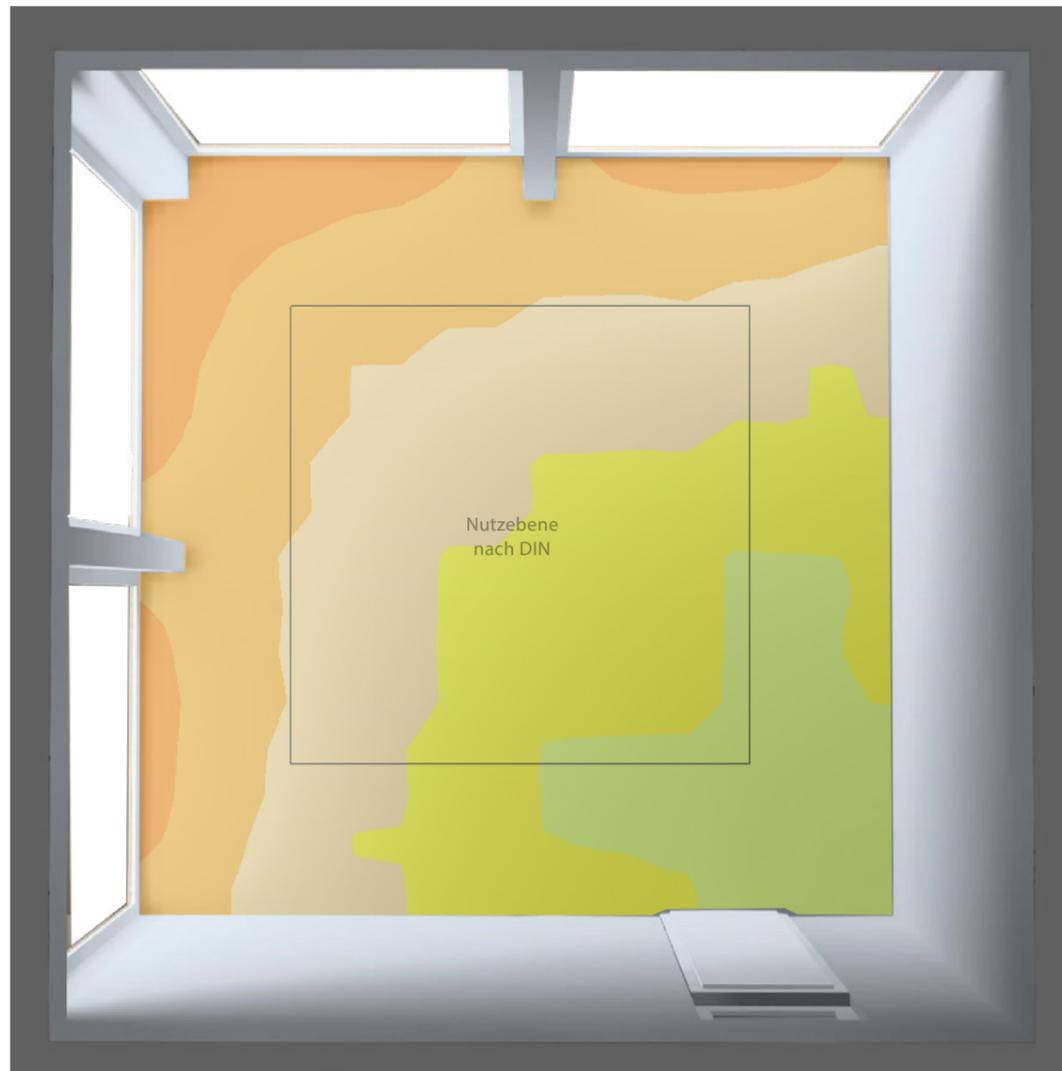
O	10:15 h/a Frühling/Herbst	11:30 h/a Sommer	7:00 h/a Winter
S	9:45 h/a Frühling/Herbst	11:00 h/a Sommer	6:45 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Sondersituation

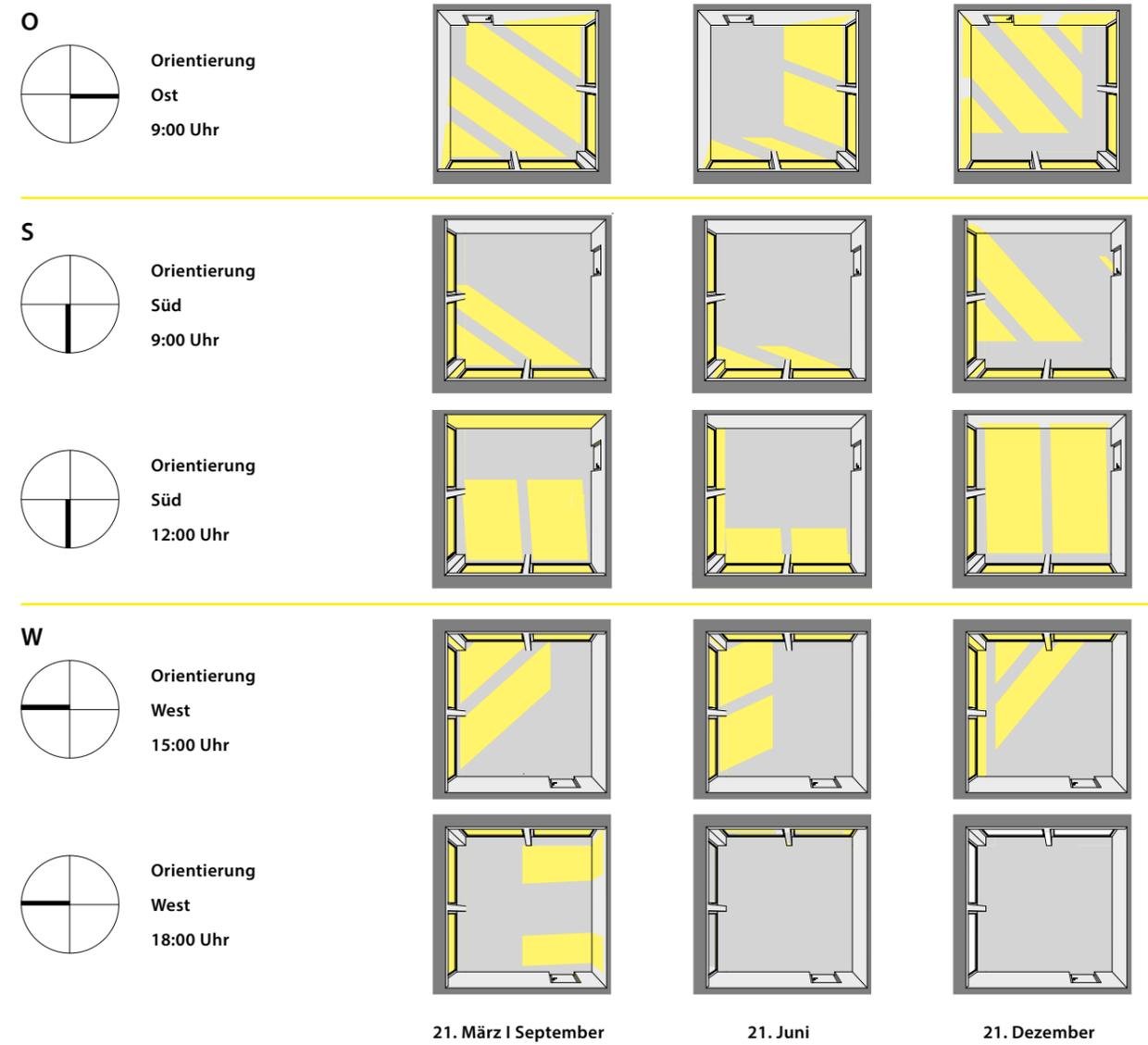


Eckbüro | Nutzfläche 25 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 5,00 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 4 x 2,40 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	6,0 %
minimal	2,4 %
maximal	12,9 %

SONNENSTUNDEN

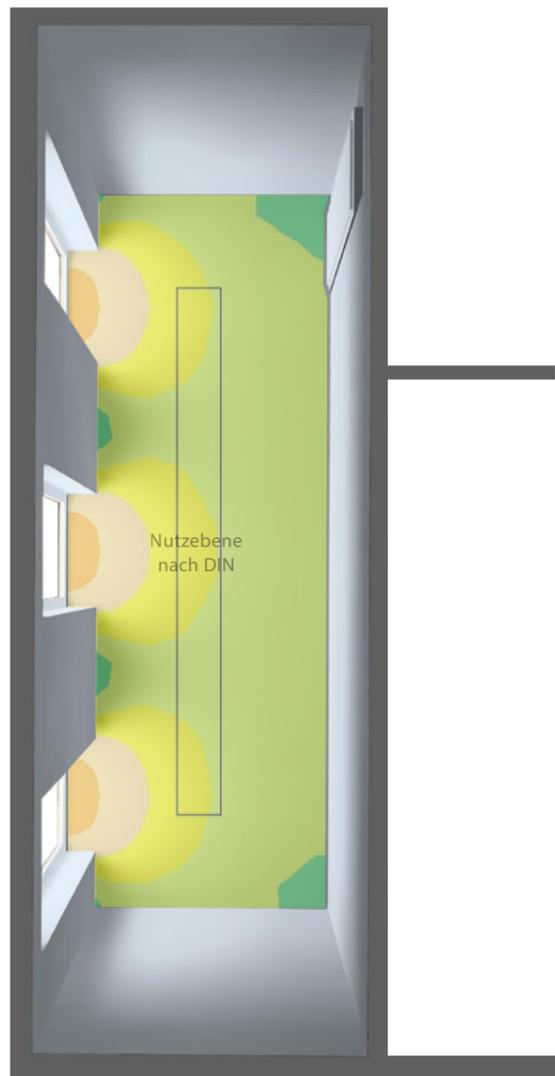
O	11:00 h/a Frühling/Herbst	12:15 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
S	10:15 h/a Frühling/Herbst	11:45 h/a Sommer	7:00 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Sondersituation

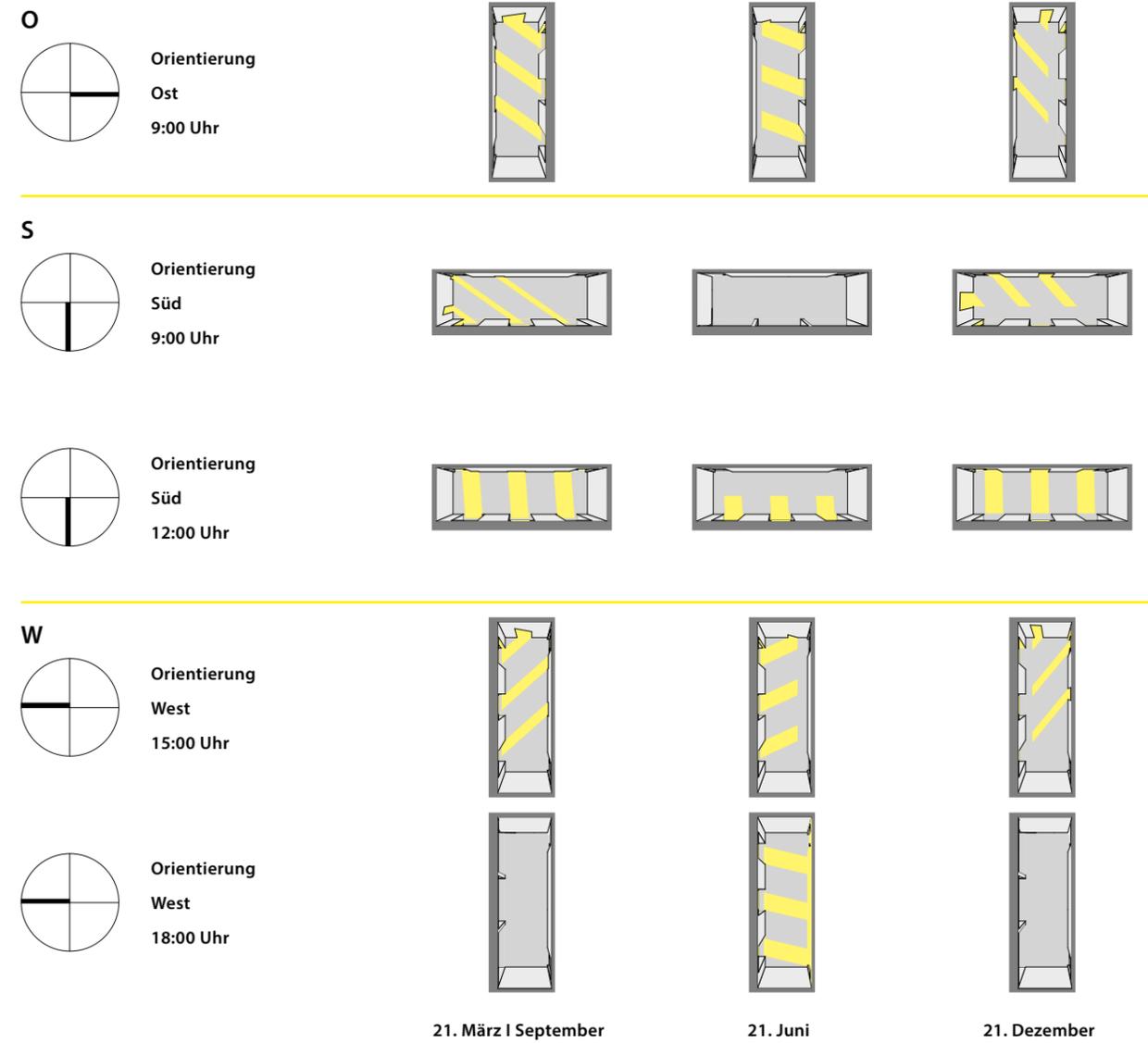


Büro an Gebäude-Außenecke | Nutzfläche 18 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 3 x 1,20 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,8 %
minimal	2,2 %
maximal	3,8 %

SONNENSTUNDEN

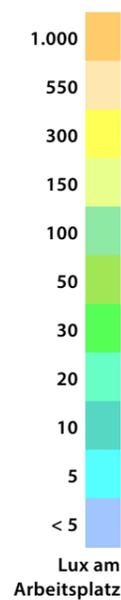
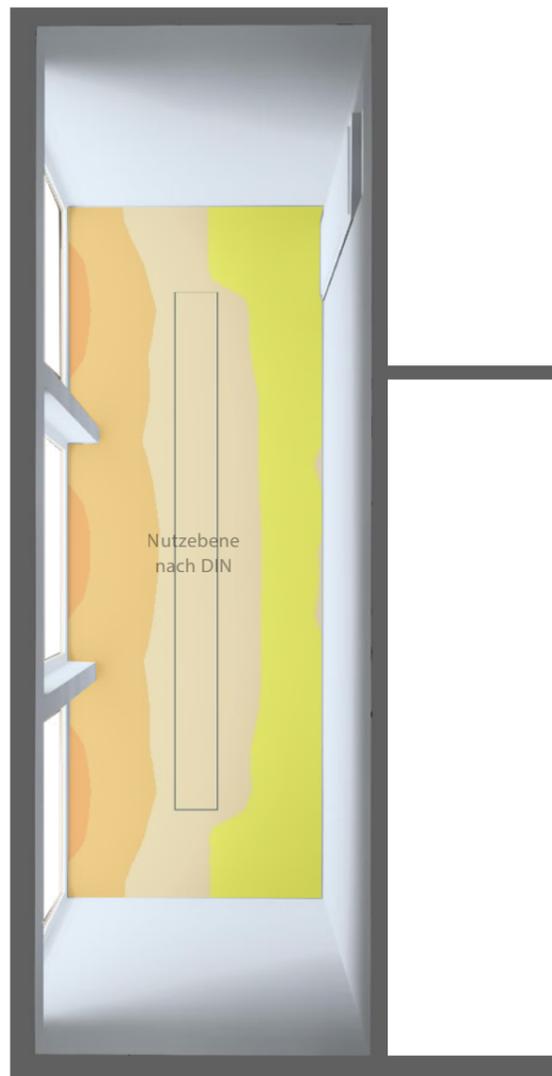
O	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:00 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Sondersituation

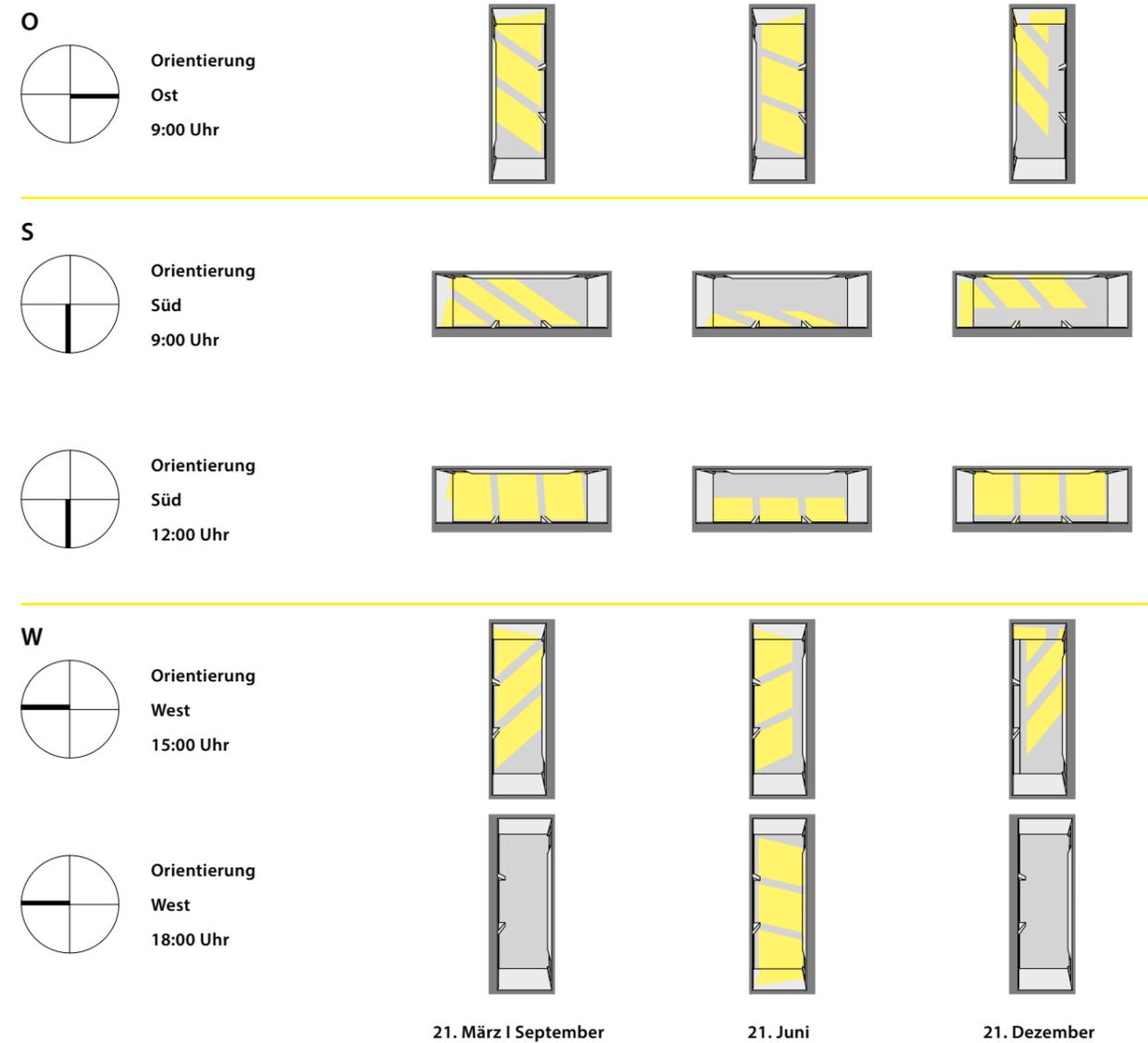


Büro an Gebäude-Außenecke | Nutzfläche 18 m² | Raumbreite 2,40 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 3 x 2,40 m | Fensterhöhe 2,70 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 2,70 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	6,6 %
minimal	5,3 %
maximal	7,7 %

SONNENSTUNDEN

O	5:30 h/a Frühling/Herbst	7:45 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	10:00 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	7:00 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

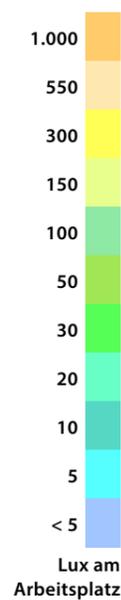
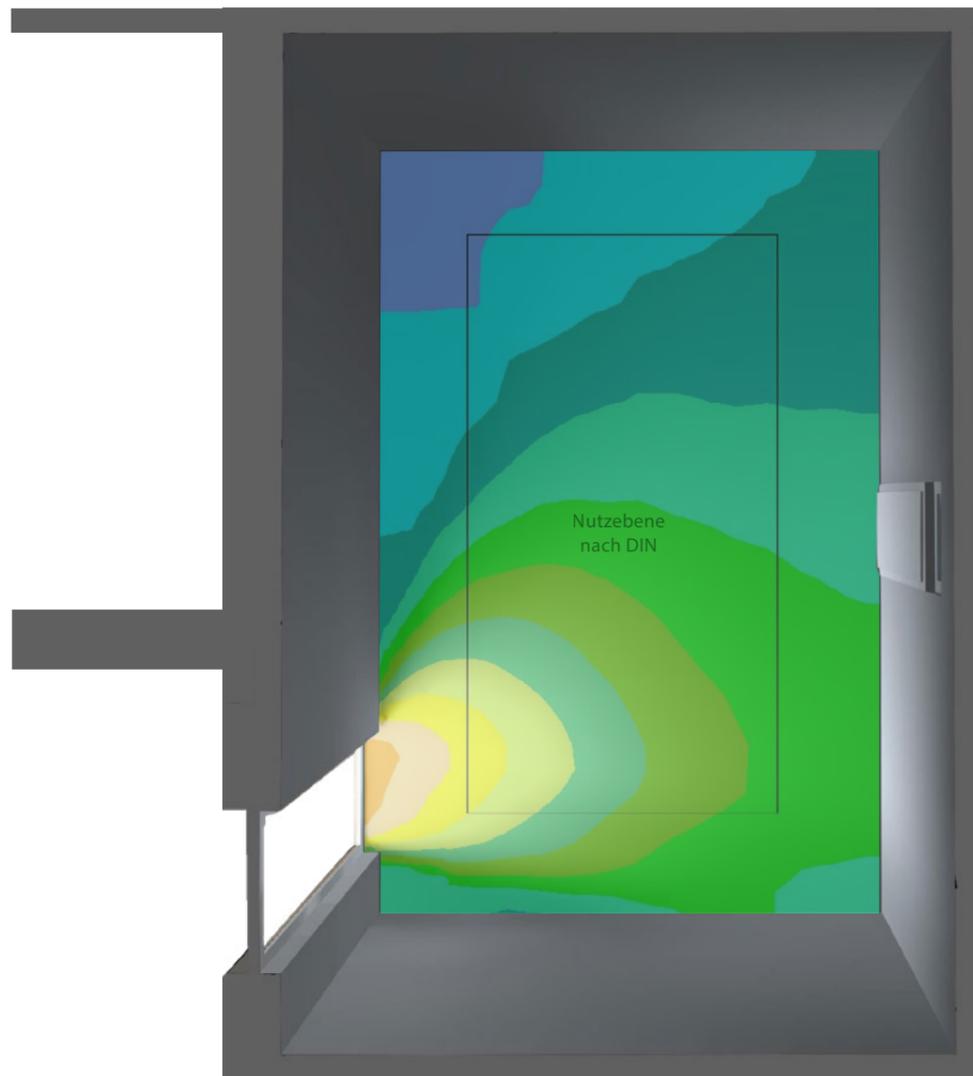
Sondersituation



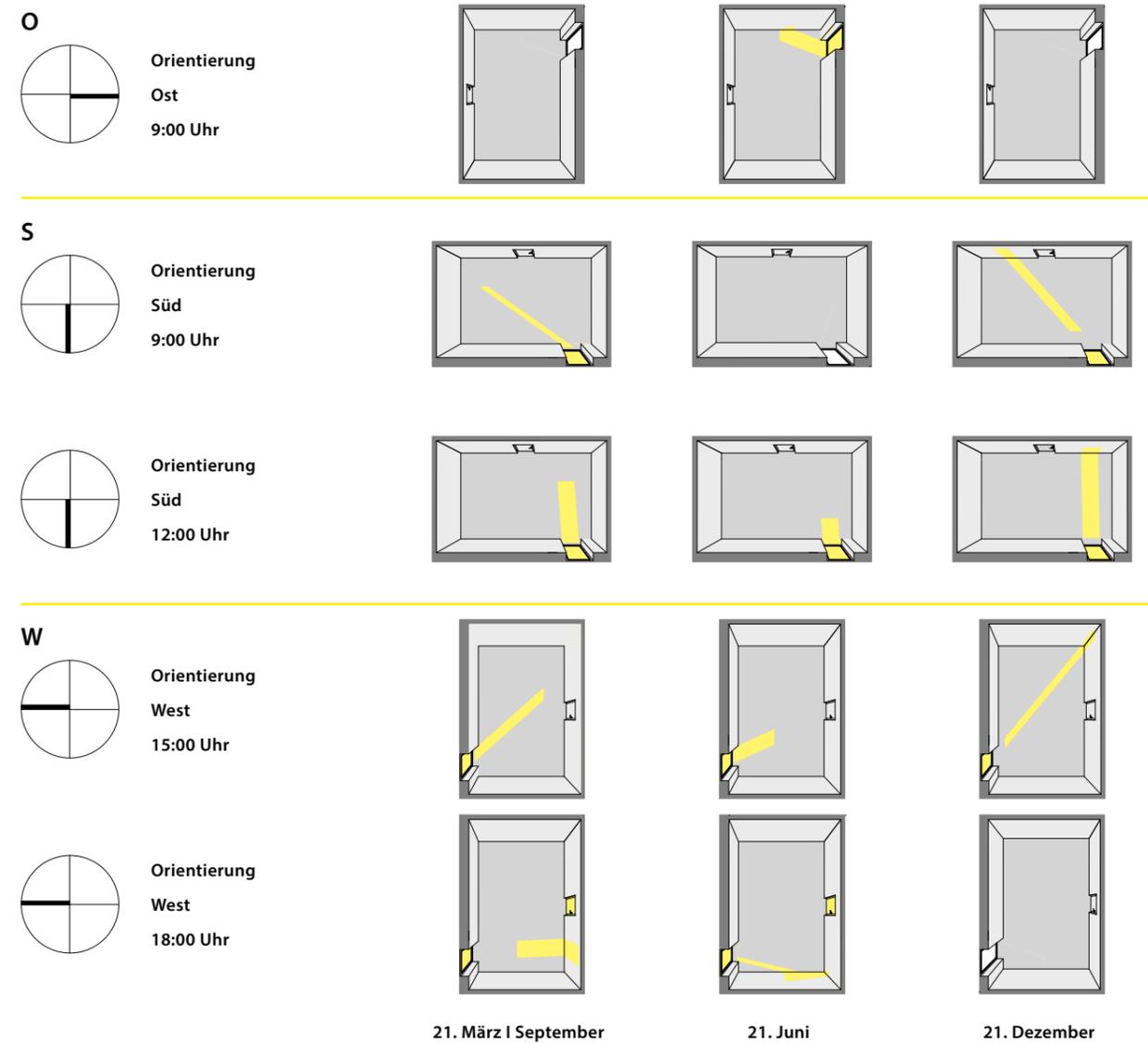
Büro Gebäude-Innenecke | Nutzfläche 38 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 1 x 1,20 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

BOGEN 3.05

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	0,5 %
minimal	0,0 %
maximal	3,4 %

SONNENSTUNDEN

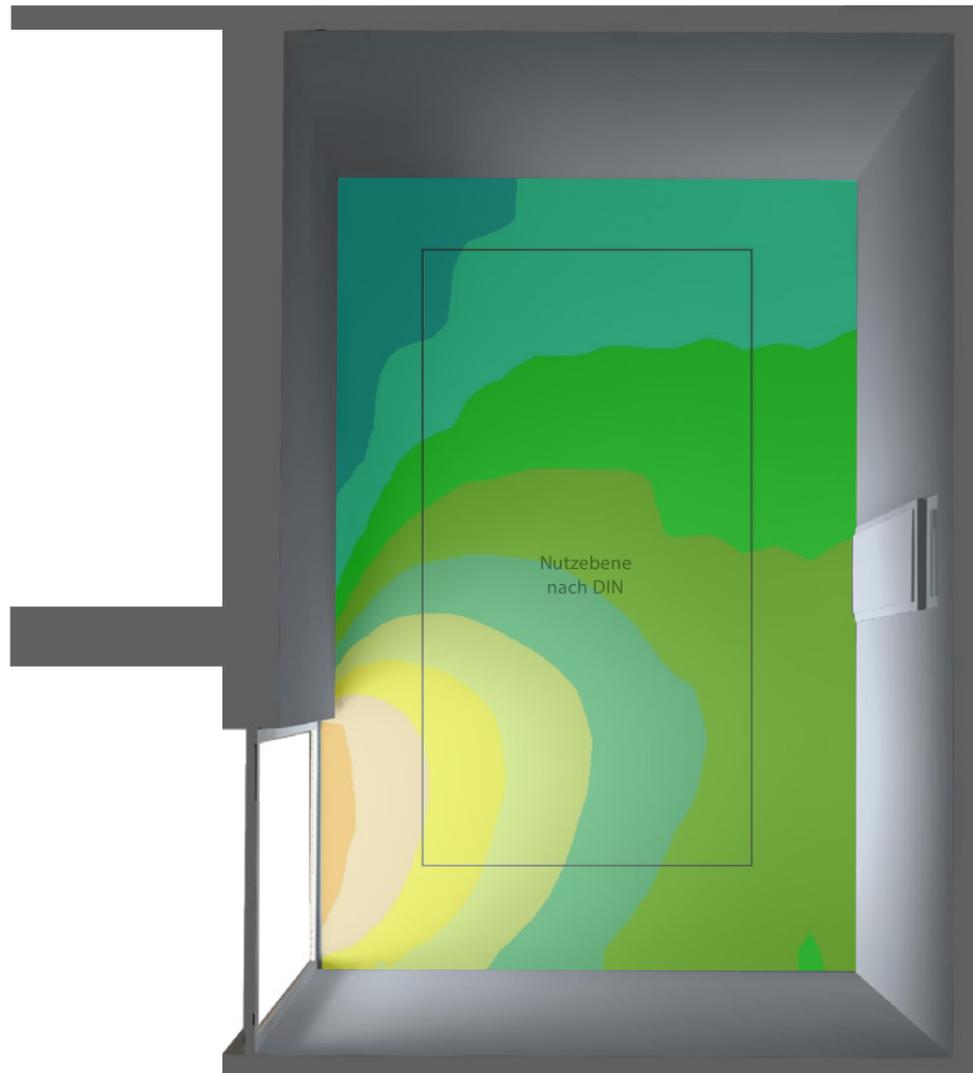
O	4:00 h/a Frühling/Herbst	7:00 h/a Sommer	0:15 h/a Winter
S	6:45 h/a Frühling/Herbst	5:30 h/a Sommer	5:00 h/a Winter
W	4:30 h/a Frühling/Herbst	5:45 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Sondersituation

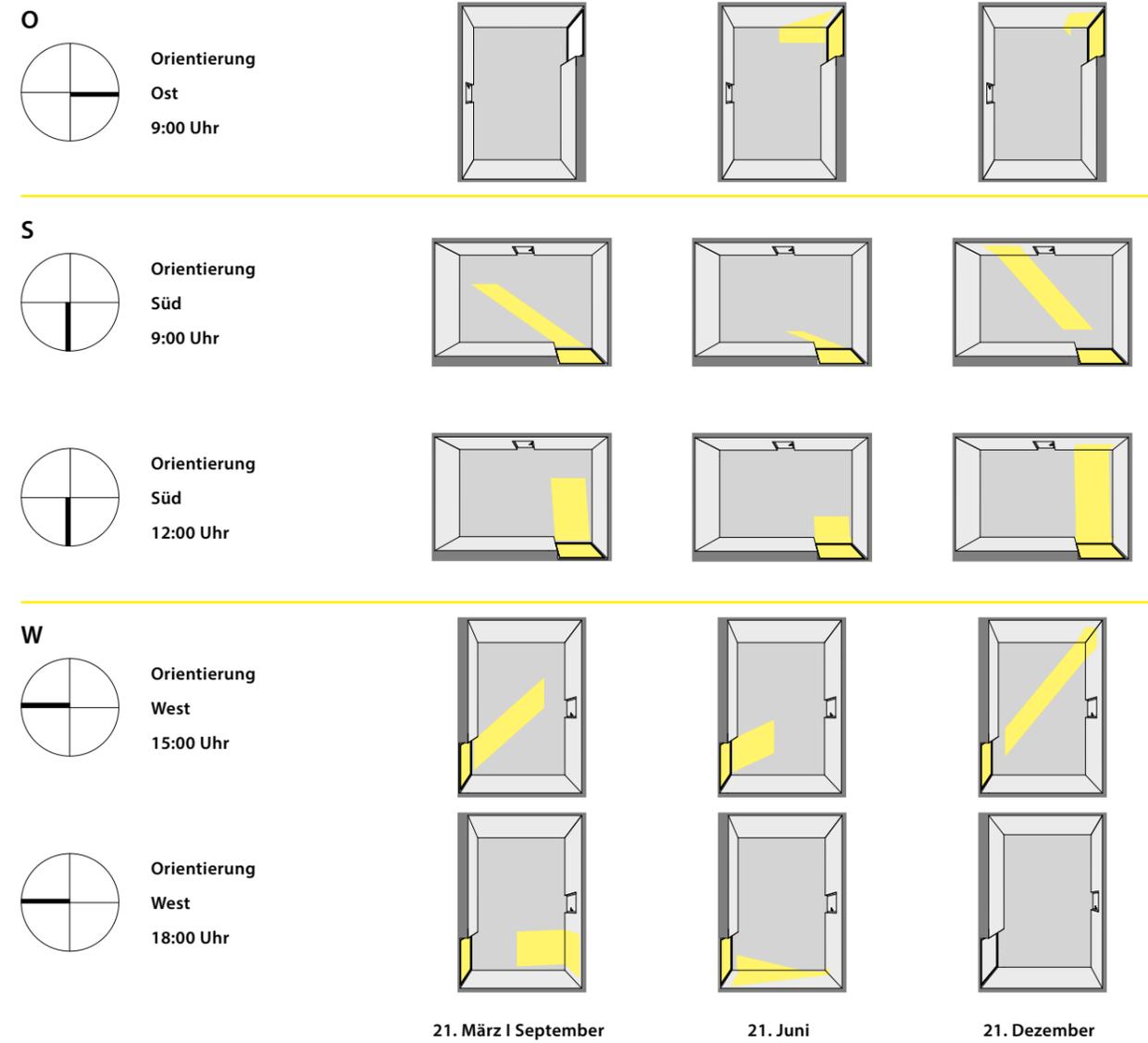


Büro Gebäude-Innenecke | Nutzfläche 38 m² | Raumbreite 5,00 m | Raumtiefe: 7,60 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 1 x 2,40 m | Fensterhöhe 3,00 m | Brüstungshöhe 0,00 m | Sturzhöhe 3,00 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,0 %
minimal	0,1 %
maximal	5,0 %

SONNENSTUNDEN

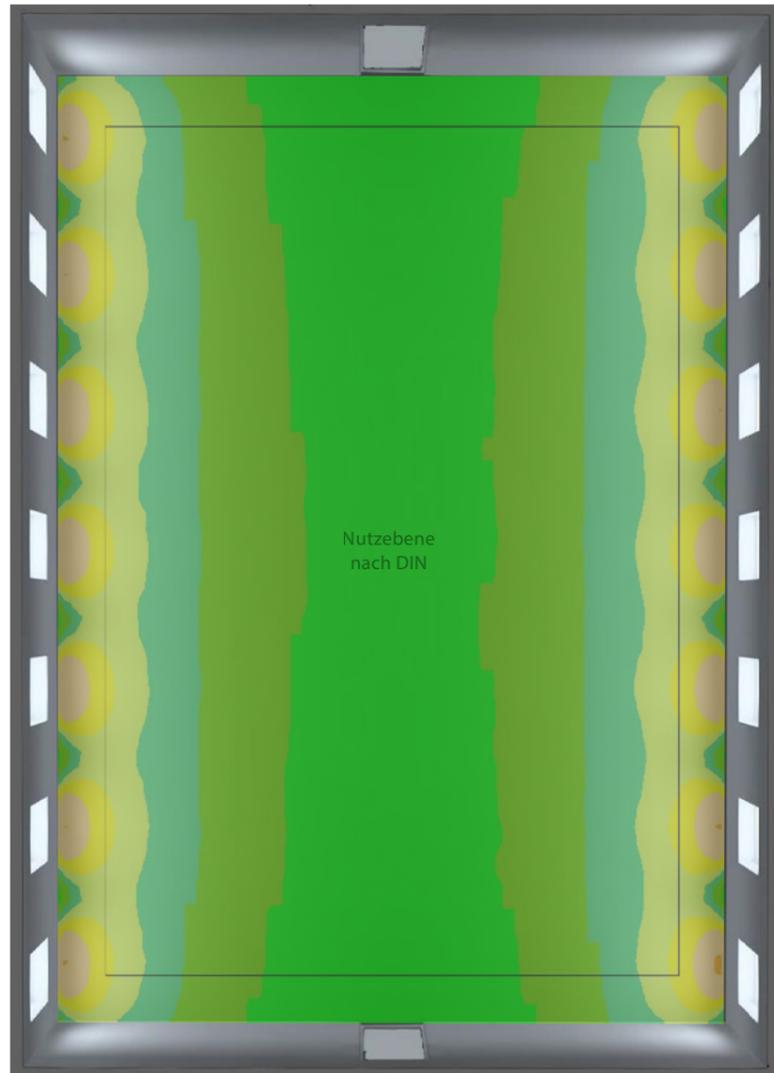
O	4:15 h/a Frühling/Herbst	7:30 h/a Sommer	0:30 h/a Winter
S	7:45 h/a Frühling/Herbst	6:30 h/a Sommer	5:15 h/a Winter
W	5:00 h/a Frühling/Herbst	5:45 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Sondersituation

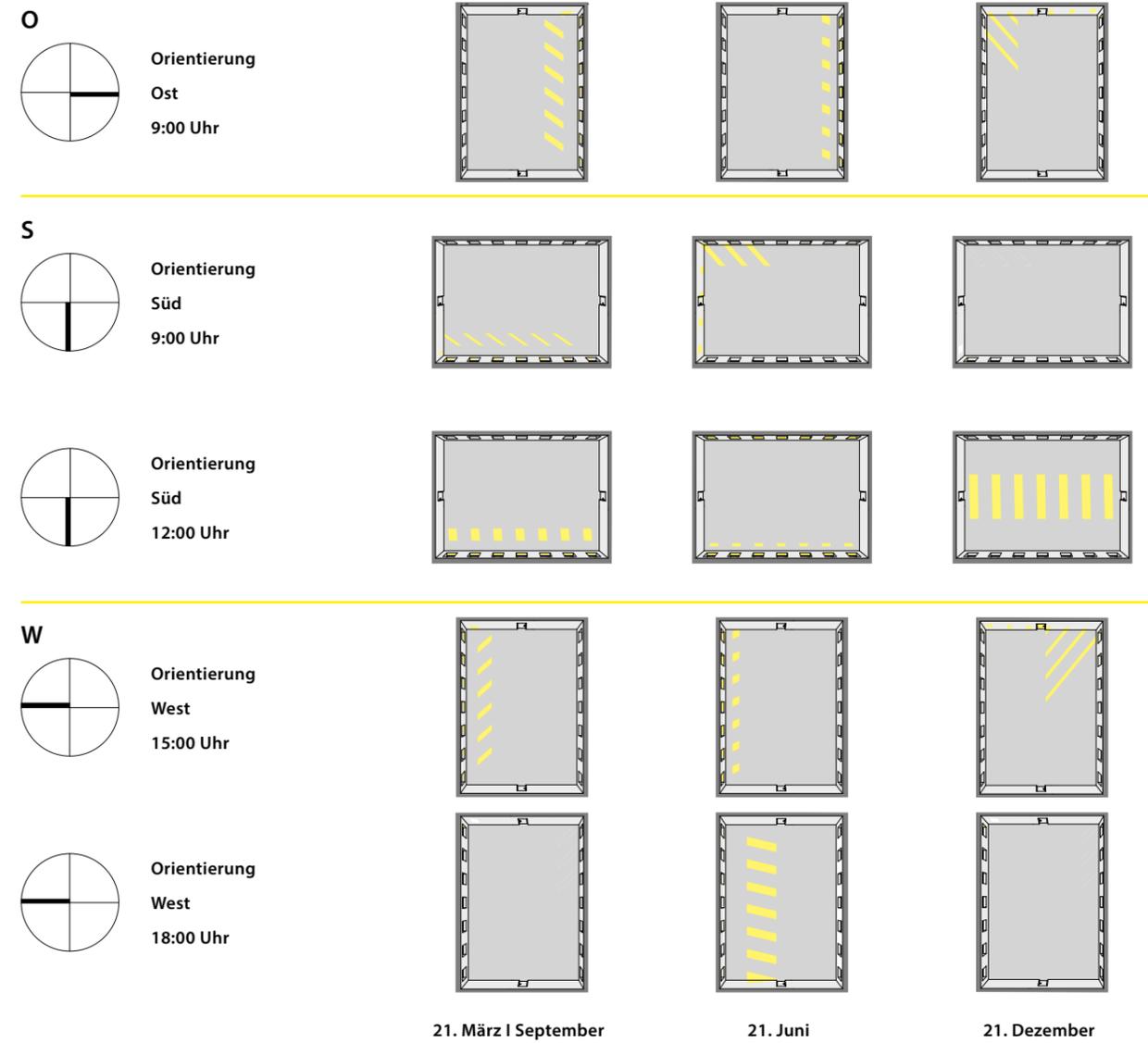


Großraumbüro | Nutzfläche 232 m² | Raumbreite 18,00 m | Raumtiefe: 12,90 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 14 x 1,20 m | Fensterhöhe 1,50 m | Brüstungshöhe 0,90 m | Sturzhöhe 2,40 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	1,0 %
minimal	0,3 %
maximal	2,8 %

SONNENSTUNDEN

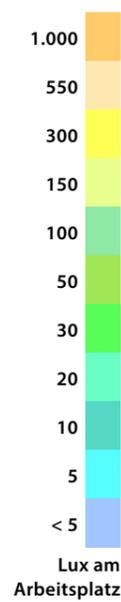
O	5:15 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	2:15 h/a Winter
S	8:15 h/a Frühling/Herbst	6:00 h/a Sommer	7:00 h/a Winter
W	4:15 h/a Frühling/Herbst	6:45 h/a Sommer	1:45 h/a Winter

Sondersituation

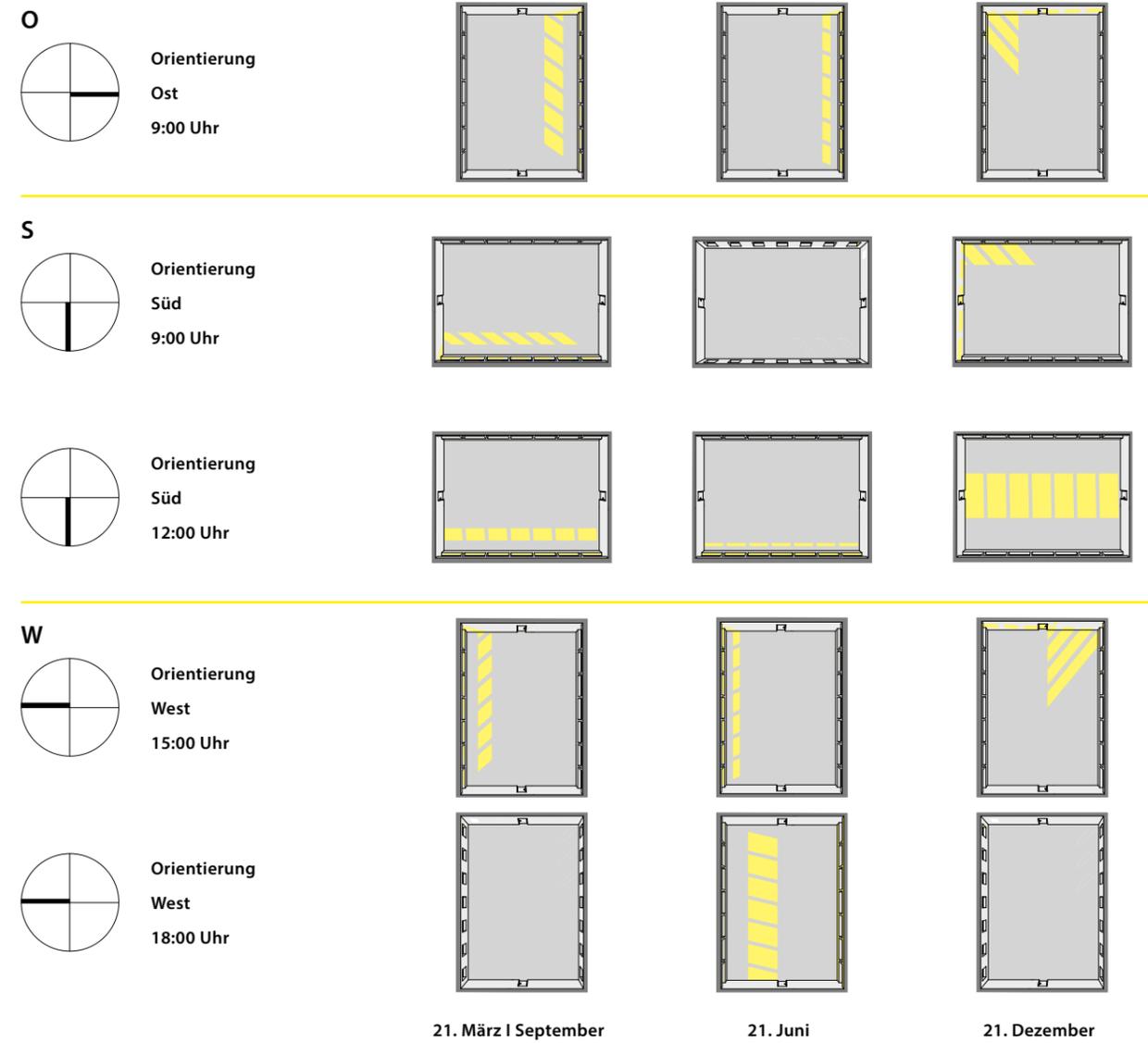


Großraumbüro | Nutzfläche 232 m² | Raumbreite 18,00 m | Raumtiefe: 12,90 m | Raumhöhe 3,00 m
 Fensterbreite 14 x 2,40 m | Fensterhöhe 1,50 m | Brüstungshöhe 0,90 m | Sturzhöhe 2,40 m | keine Verbauung | Sockelzone

TAGESLICHTSIMULATION



SONNENLICHTSTUDIEN



TAGESLICHTQUOTIENT

DF Ø	2,4 %
minimal	0,6 %
maximal	5,6 %

SONNENSTUNDEN

O	5:15 h/a Frühling/Herbst	7:15 h/a Sommer	3:00 h/a Winter
S	9:55 h/a Frühling/Herbst	5:00 h/a Sommer	7:15 h/a Winter
W	4:45 h/a Frühling/Herbst	6:45 h/a Sommer	2:30 h/a Winter

Glossar und Abkürzungen

Aequinoktien

Tagundnachtgleichen im März und September, an denen der Tag und die Nacht auf der Erde etwa gleich lang sind (jeweils am 21.-23. Tag des Monats)

Arbeitsstättenrichtlinie (ASR)

Von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2014 erlassene Technische Regeln für Arbeitsstätten.

Bauordnung (BauO)

Auf Grundlage der Musterbauordnung legen die einzelnen Landesbauordnungen in Deutschland fest, welche Regeln beim Bauen zu beachten sind.

Beleuchtungsstärke (E)

Maßeinheit des auf eine gleichmäßig beleuchtete Fläche auftreffenden Lichtstroms, angegeben in Lux.

Blendschutz

Im Regelfall innenliegende Vorrichtung am Fenster, die zu hohe Leuchtdichten mindert, um eine Blendung im Raum zu verhindern.

Blendung

Visuelle Störung im Blickfeld, die durch zu hohe Leuchtdichten ausgelöst wird und das Sehen beeinträchtigt.

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)

Ganzheitliches quantitatives Bewertungsverfahren des Bundesbauministeriums für Bundesgebäude in Thema Nachhaltigkeit (siehe www.bnb-nachhaltigesbauen.de).

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)

Internationale Beleuchtungskommission, die sich der Qualität und Zusammenarbeit in der Beleuchtung widmet.

Daylight Factor (DF) bzw. Tageslichtquotient (TQ)

Ein Maß, mit dem die Tageslichtmenge in einem Raum angezeigt wird, berechnet aus dem Verhältnis der Beleuchtungsstärke innen zur (idealisiert festgelegten) Beleuchtungsstärke außen.

Diffuses Himmelslicht

Elektromagnetische Strahlung, die in der Atmosphäre gestreut, reflektiert, gebeugt, gebrochen und absorbiert wird. Es erscheint richtungslos und gleichförmig.

DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen

Die DIN gibt Empfehlungen und Regeln für die Verwendung des Tageslichts in Innenräumen und gilt in Teilen weiterhin neben der DIN EN 17037.

DIN EN 12464-1 Beleuchtung an Arbeitsstätten in Innenräumen

Die DIN regelt unter anderem die Anforderungen an Tageslicht unter bestimmten Tätigkeiten in Innenräumen

DIN EN 17037 Tageslicht in Innenräumen

Die DIN gibt Empfehlungen und Regeln für die Verwendung des Tageslichts in Innenräumen und ersetzt teilweise die DIN 5034.

Direktes Himmelslicht

Elektromagnetische Strahlung, die erst beim Auftreffen auf der Erdoberfläche gestreut, reflektiert, gebeugt, gebrochen und absorbiert wird, im Volksmund auch Sonnenstrahlung genannt.

Isolinien

Linien, die in jedem Punkt den gleichen Wert aufweisen. In Bezug auf Tageslicht stellen sie die Ausbreitung des Lichts auf einer Fläche hinsichtlich Tageslichtquotienten und Beleuchtungsstärke in Lux [lx] dar.

Lux [lx]

Einheit der Beleuchtungsstärke (lat. Lux „Licht“).

No Sky Line

Vereinfachtes Verifizierungsverfahren zur Überprüfung der Sicht auf den Himmel (direktes Himmelslicht) als lineare Verbindung zwischen Augpunkt innen, Sturz und Himmel bzw. Verbauung.

Nutzfläche nach DIN 5034

Fläche auf 85 cm Höhe und in Abstand von 1 m der zwei Seitenwänden des Raumes als Bewertungsfläche des Tageslichtquotienten

Nutzebene nach DIN EN 17037

Fläche auf 85 cm Höhe und in Abstand von 0,5 m zu allen Raumabschließenden Wänden des Raumes als Bewertungsfläche des Tageslichtquotienten.

Oberlicht

Horizontal angeordnete Öffnung in der Decke.

Raumtiefenindex

Handberechnung, die anzeigt, ob die gewählte Raumtiefe im Zusammenhang mit der gewählten Raumbreite und Fensterhöhe ausreichend ist.

Reflexion

Richtungsänderung von Teilchen und Wellen beim Auftreffen auf ein Material, das diese in einem oder mehreren Winkeln zurückwirft. Die Reflexionszahl einer Oberfläche wird in % oder als Zahl < 1 angegeben

Seitenlicht

Eintreffen des Tageslichts durch vertikal bis geneigt angeordnete Wandöffnungen.

Simulation

Eine Nachahmung der Wirklichkeit durch rechnerische, modellhafte oder zeichnerische Vorgehensweisen, um komplexe Zusammenhänge verständlicher zu vermitteln, meist digital durchgeführt.

Sonnenschutz

Im Regelfall außenliegende Vorrichtung, um Fassade und Rauminneres vor Überhitzung, UV-Strahlung und unerwünschter Reflexionen von außen zu schützen.

Sonnenstand

Das durch die Erddrehung über Jahres- und Tageszeit sich im Winkel verändernde Auftreffen des Sonnenlichts auf Flächen.

Sonnenwende

Wintersonnenwende, vom ca. 21.-23. Dezember, wenn der Tag auf der Nordhalbkugel am kürzesten ist | Sommersonnenwende vom ca. 21.-23. Juni, wenn der Tag auf der Nordhalbkugel am längsten ist (Für die Südhalbkugel gilt der umgekehrte Fall).

Tageslicht

Der für das visuelle System des Menschen sichtbare Teil der globalen Strahlung, bestehend aus direkter Sonnenstrahlung und diffuser Himmelsstrahlung.

Tageslichtlenkung

Elemente, Vorrichtungen oder Flächen, die das Tageslicht durch Reflexion weitestmöglich tief in den Raum bzw. an bestimmte Stellen im Raum transportieren.

Transmissionsgrad (t)

Durchlassgrad eines Mediums; in diesem Fall der Durchlassgrad des Mediums Glas für Licht (angegeben in [%]).

Überhitzung

Aufheizung eines Raumes oberhalb des Maßes, das noch als angenehm empfunden wird (ab ca. 26°C) mit der Folge körperlicher Erschöpfung oder Schädigung von Material.

Verbauung

Umgebende Bebauung, die das Tageslicht maßgeblich einschränkt.

Visuelles System

Das visuelle System beschreibt den Teil des Nervensystems, das sich mit der Verarbeitung von visuellen Informationen beschäftigt.

Zielbeleuchtungsstärke [lx]

Beleuchtungsstärke, in Regelwerken angegeben, die für eine Tätigkeit oder Sehaufgabe auf einer definierten Ebene vorhanden sein soll.

Zirkadianer Rhythmus

Durch Licht ausgelöste chronobiologische Vorgänge im Körper, die maßgeblich den Organismus und Stoffwechsel vieler Lebewesen beeinflusst.



Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



ZUKUNFT BAU
FÖRDERN FORSCHEN ENTWICKELN

ISBN 978-3-87994-091-2
ISSN 2199-3521

Wie stellen wir eine gute Versorgung mit Tageslicht in Büro- und anderen ständigen Aufenthaltsräumen sicher, um konzentriertes Arbeiten sowie die Behaglichkeit am Arbeitsplatz zu fördern? Eine Antwort darauf gibt die vorliegende Zukunft Bau-Broschüre. Sie veranschaulicht die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Erstellung einer Arbeitshilfe Tageslichtverfügbarkeit“. Der Fokus des Projekts lag auf der Vermittlung von Planungsgrundlagen sowie der Entwicklung eines einfachen und schnellen Verfahrens für die Einschätzung potenzieller Tageslichtverhältnisse in Büroräumen. Gängige Büroraumzuschnitte wurden mit Fassaden- und Umgebungsparametern kombiniert und das Vorkommen und die Verteilung von Licht im Raum digital simuliert.

Planende und am Bau Beteiligte können die simulierten Referenzräume mit real entworfenen Raumverhältnissen vergleichen und so frühzeitig eine erste Einschätzung zur Qualität des Tageslichts am Arbeitsplatz treffen. Dadurch kann bereits in frühen Projektphasen die Tageslichtplanung in den Entwurfsprozess und die ganzheitliche Gebäudeplanung integriert werden.

Zukunft Bau setzt seit über fünfzehn Jahren wichtige Impulse für Architektur und Bauwesen, schlägt Brücken zwischen Bauforschung und Baupraxis. Im Mittelpunkt steht der baurelevante Erkenntnisgewinn zu aktuellen Forschungsthemen wie Klimaschutz, Material- und Ressourceneffizienz, Digitalisierung, kostengünstigem Bauen und demografischem Wandel. Hierfür bietet Zukunft Bau eine Plattform, um entsprechende innovative Ansätze zu erforschen, zu konzipieren, zu erproben und zu vermitteln. Dabei sollen neue Rahmenbedingungen des Bauwesens ausgelotet wie auch die Forschung als Methode beim Planen und Bauen in größerer Breite etabliert werden. Getragen wird das Innovationsprogramm Zukunft Bau vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) gemeinsam mit dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).