

BACHELORARBEIT

REVIT, RELUX, AUTOCAD

Eine Untersuchung der Vor- und Nachteile der Planungsprogramme für die professionelle Lichtplanung auf Basis von verschiedenen Scansystemen

Zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science
Vorgelegt am 23.01.2024
von Gerrit Clemens Jürgen von Waldow
Matrikelnummer: ██████████

Erstprüfer: Prof. Dr. Roland Greule
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Markus Felsch

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Department Medientechnik
Finkenau 35
20081 Hamburg

Zusammenfassung

Diese vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit modernen Technologien zum Einscannen von Räumlichkeiten mittels Lidar-Technologie und soll die positiven und negativen Aspekte der Programme AutoCAD und Revit der Firma Autodesk in Verbindung mit dem Lichtberechnungsprogramm ReluxDesktop der Firma Relux Informatik AG aus der Sicht eines Lichtplaners herausarbeiten.

Der Aufbau der Arbeit erfolgt in zwei Schritten.

Im ersten Schritt wird ein Vergleich zwischen Scans der Mobilgeräte Applikation Metaroom® der Handelsmarke Amrax® und einem professionellen Scan (Trimble) hergestellt, um die Praktikabilität der Applikation in der professionellen Lichtplanung zu beurteilen.

Anschließend wird im zweiten Schritt der direkte Vergleich zwischen den Programmen AutoCAD und Revit betrachtet und der Frage nachgegangen welche Vor- und Nachteile diese jeweils für den beruflichen Einsatz mit sich bringen. Das Programm ReluxDesktop soll dabei als Schnittstelle für Lichtberechnungen dienen.

Abstract

This thesis deals with modern technologies for scanning rooms using Lidar technology and is intended to highlight the positive and negative aspects of the AutoCAD and Revit programs from Autodesk in conjunction with the ReluxDesktop lighting calculation program from Relux Informatik AG from the perspective of a lighting designer.

The work is structured in two steps.

In the first step, a comparison is made between scans of the Metaroom® mobile device application from the Amrax® brand and a professional scan (Trimble) in order to assess the practicability of the application in professional lighting design.

In the second step, the direct comparison between the AutoCAD and Revit programs is then considered and the question of what advantages and disadvantages they each have for professional use is investigated. The ReluxDesktop program will serve as an interface for lighting calculations.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Formelverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Lidar	3
2.1 Lidar, die Technologie.....	3
2.2 Nutzung von Lidar durch Apple	6
2.3 Das Trimble X7-System	7
2.4 Reflexionsgrad.....	10
2.5 Der Testraum.....	11
3 Die Software	13
3.1 AutoCAD	13
3.1.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen	13
3.1.1.1 Systemanforderungen Windows	14
3.1.1.2 Systemanforderungen Mac	15
3.1.2 Installation und Anwendung	16
3.1.3 Add-Ons/ Schnittstellen	16
3.2 Metaroom®	17
3.2.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen	18
3.2.2 Installation und Anwendung	19
3.2.3 Add-Ons/ Schnittstellen	21
3.3 ReluxDesktop	22
3.3.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen	22
3.3.2 Installation und Anwendung	24
3.3.3 Add-Ons/ Schnittstellen	25
3.4 Revit	25
3.4.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen	26

3.4.2	Installation und Anwendung	27
3.4.3	Add-Ons/ Schnittstellen	28
4	Vergleich der Scans von Metaroom® und dem Trimble-System.....	29
4.1	Vergleich der Grundrisse	29
4.1.1	Scan des Raumes mit Metaroom®.....	29
4.1.2	Vorbereitung der Vergleichsgrundlage der Maße	31
4.1.3	Vorbereiten der Scans.....	33
4.2	Genauigkeit der Scans	34
4.2.1	Genauigkeit des Trimble X7-Scans	35
4.2.2	Genauigkeit des Metaroom®-Scans	37
4.3	Benötigte Zeit für die Scans	39
4.3.1	Benötigte Zeit (Trimble X7).....	39
4.3.2	Benötigte Zeit (Metaroom®).....	40
4.4	Zusammenfassung der Beobachtungen.....	41
4.5	Fazit des Scanvergleichs.....	43
5	Revit oder AutoCAD.....	45
5.1	Erstellen eines Modells in Revit	45
5.2	Lichtberechnung mit Revit	50
5.2.1	Relux oder Revit?.....	54
5.3	Erstellen eines Modells in AutoCAD	55
5.4	Lichtberechnung mit Relux	64
5.5	Optimierung der Beleuchtungssituation.....	65
6	Fazit.....	69
	Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis	71
	Eigenständigkeitserklärung	75

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-aided design
Lidar	Light detection and ranging
LVK	Lichtstärkeverteilungskurve
o.V.	Ohne Verfasser
Radar	Radio detection and ranging

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lidarscan des Upano-Tals in Ecuador	4
Abbildung 2: Abstandsmessung mit Pulslaufzeitmessung.....	5
Abbildung 3: Beispielbild einer Punktwolke einer Straßenbahn	6
Abbildung 4: Konzeptdarstellung der App Roomplan.....	7
Abbildung 5: Trimble X7-System mit T10-Tablet und Transportrucksack	8
Abbildung 6: Außenansicht (Süd-Ost) des Miami Ad-Gebäudes	11
Abbildung 7: Innenansicht des Eingangsbereiches (links: Nord-West, rechts: Süd-Ost).....	12
Abbildung 8: Innenansicht 2 des Eingangsbereiches (links: Süd-Ost, rechts: Nord-West).....	12
Abbildung 9: Screenshot der Startoberfläche von AutoCAD 2024	16
Abbildung 10: Screenshot der Metaroom®-Startseite	20
Abbildung 11: Screenshot der Metaroom®-Scanauswahl	20
Abbildung 12: Screenshot eines Metaroom®-Scans des Workshopbereichs im Forschungs- und Transferzentrum Digital Reality in Hamburg	21
Abbildung 13: Screenshot der ReluxDesktop-Startseite.....	24
Abbildung 14: Screenshot der Revit-Startseite.....	28
Abbildung 15: Screenshot eines Metaroom®-Scanstarts.....	30
Abbildung 16: Screenshot eines Metaroom®-Scans	30
Abbildung 17: Screenshot des exportieren Metaroom®-Scans des Miami Ad-Eingangsbereiches in Relux	31
Abbildung 18: Screenshot des nicht skalierten Gebäudegrundrisses	32
Abbildung 19: Screenshot der importierten PDF nach der Skalierung	33
Abbildung 20: Screenshot der Metaroom®-Cloud mit Übersicht der Scans	34
Abbildung 21: Screenshots der Metaroom® Export-Möglichkeiten	34
Abbildung 22: Screenshot des bemaßten Trimble-Scan-Exports des Miami Ad- Eingangsbereiches ..	35
Abbildung 23: Sigma-Chart	37
Abbildung 24: Screenshot des bemaßten Metaroom®-Scan-Export	38
Abbildung 25: Panoramabild des gescannten Raumes	40
Abbildung 26: Screenshot der Überlagerung des PDF-Grundrisses und dem Trimble-Scan	42
Abbildung 27: Screenshot der Überlagerung des PDF-Grundrisses und dem Metaroom®-Scan	43
Abbildung 28: Screenshot der importierten Punktwolke aus dem Trimble-Scan in Revit.....	46
Abbildung 29: Screenshot der im Projekt platzierten Ebenen	46
Abbildung 30: Screenshot eines neu eingezeichneten Wandstückes	47
Abbildung 31: Screenshot des Raumumrisses in Revit	47
Abbildung 32: Screenshot der angeschnittenen Punktwolke aus dem Trimble-Scan.....	48
Abbildung 33: Screenshot des Fensters "Autodesk Familie laden"	49

Abbildung 34: Screenshot des Revit-Modells mit eingefügten Objekten	49
Abbildung 35: Screenshot des ReluxCAD-Plug-Ins in Revit	50
Abbildung 36: Screenshot der Raumeigenschaften in Revit.....	50
Abbildung 37: Screenshot des Revit-Modells mit eigens eingefügten Leuchten.....	51
Abbildung 38: Screenshot der verwendeten Siteco-Leuchte	52
Abbildung 39: Screenshot der Revit-Berechnungen.....	53
Abbildung 40: Screenshot der Relux-Berechnungen.....	53
Abbildung 41: Screenshot des exportierten Revit-Modells	55
Abbildung 42: Screenshot der Projekterstellung in AutoCAD	56
Abbildung 43: Screenshot der Oberfläche "Raum auswählen".....	57
Abbildung 44: Screenshot des neu erstellten Modells in ReluxDesktop.....	57
Abbildung 45: Screenshot der Relux-Raumobjekte.....	58
Abbildung 46: Screenshot des Relux-Modells mit importiertem Grundriss	59
Abbildung 47: Screenshot des fertigen Modells ohne Leuchten.....	60
Abbildung 48: Screenshot der Gruppenplatzierung in Relux	61
Abbildung 49: Screenshot des Relux-Modells mit eingefügten Leuchten	62
Abbildung 50: Screenshot des Modells in der Ansicht der dynamischen Planung	62
Abbildung 51: Screenshot der importierten Reluxobjekte in AutoCAD.....	63
Abbildung 52: Screenshot der Relux-Berechnungsergebnisse von AutoCAD	64
Abbildung 53: Screenshot des überarbeiteten Relux-Modells des Miami Ad-Eingangsbereiches.....	65
Abbildung 54: QX II Wave LED-Leiterplatte	66
Abbildung 55: QX II Basic LED-Leiterplatte	66
Abbildung 56: 3-Phasen LED-Schienenstrahler Store Light One Tube.....	66
Abbildung 57: Screenshot des lichttechnisch optimierten Relux-Modells.....	67
Abbildung 58: Berechnungsergebnisse der optimierten Relux-Lichtplanung.....	67
Abbildung 59: Raytracing-Image des optimierten und berechneten Relux-Modells	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Scanzeiten des Trimble X7-Laserscanners	10
Tabelle 2: Kostenübersicht für AutoCAD 2024; Stand 01.01.2024.....	14
Tabelle 3: Systemanforderungen für AutoCAD 2022 (Windows).....	15
Tabelle 4: Systemanforderungen für AutoCAD 2022 (Mac).....	15
Tabelle 5: Kostenmodelle für Metaroom®; Stand 01.01.2024	19
Tabelle 6: Relux, Abonnement-Übersicht; Stand: 04.01.2024	23
Tabelle 7: Systemanforderungen für ReluxDesktop 2024.1 (Windows).....	23
Tabelle 8: Kostenübersicht Revit 2024; Stand: 04.01.2024.....	26
Tabelle 9: Systemanforderungen für Revit 2024 (Windows)	27
Tabelle 10: Übersichtstabelle: Vergleich von Metaroom® und Trimble	44
Tabelle 11: Lichtberechnungsergebnisse aus ReluxCAD for Revit mit Relux im Vergleich.....	52
Tabelle 12: Lichtberechnungsergebnisse aus ReluxDesktop für die Modelle aus AutoCAD und Revit	64

Formelverzeichnis

Formel 1: Distanzberechnung für Lidar-Systeme.....	5
Formel 2: Skalierungsfaktor für PDF-Anpassung	32
Formel 3: Ermitteln der relativen Abweichungen (Trimble X7).....	36
Formel 4: Ermitteln der relativen Abweichungen (Metaroom®).....	38

1 Einleitung

Obwohl Licht seit jeher ein essenzieller Bestandteil im menschlichen Alltag ist, wird sich erst seit kurzer Zeit damit in Form von Lichtberechnungen auseinandergesetzt. Lichtberechnungen sind dabei eins der maßgeblichen Werkzeuge von Lichtplanern, die in Zusammenarbeit mit Architekten und Ingenieuren DIN-konforme Beleuchtungssituationen zu erschaffen suchen.

Dabei helfen Programme wie Relux oder Dialux seit etwas mehr als 30 Jahren, je nachdem welches Unternehmen betrachtet wird, die Lichtplanung mit Software zu vereinfachen und Lichtberechnungen, anzustellen, die gute Annäherungen an erwartbare Ergebnisse liefern.

Die Möglichkeit PDF- oder DWG-Dateien in diese Programme zu importieren war dabei lange Zeit die genaueste Methode, um Modelle von Gebäuden oder einzelnen Räumen zu erstellen, welche anschließend lichttechnisch untersucht wurden. Die den Plänen zugrundeliegenden Daten mussten zumeist noch per Hand aufgenommen werden, wenn eine Planung für ein Bestandsgebäude angedacht war.

Dabei wurden bereits in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts erste Lidar-Systeme für die Luft- und Raumfahrt entwickelt. Eine Technologie, die eine sehr hohe Verwandtschaft zu Radar aufweist. Lidar wurde in ihren ersten Jahren für die Geländekartierung genutzt. Dabei war ursprünglich ein Mangel an GPS-Systemen der Grund dafür, dass diese, zuerst in Satelliten verbaute Technik, ausgebremst wurde.¹

Doch wie in so vielen technischen Bereichen haben die letzten Jahrzehnte dramatische Entwicklungen mit sich gebracht, die mittels exponentiell zunehmender Rechenleistung und Miniaturisierung, auch Lidar dazu verholfen Eintritt in den menschlichen Alltag zu finden. So kann man diese Technologie nicht nur in der Robotik wiederfinden, sondern beispielsweise auch in Mobilgeräten der Firma Apple, die seit 2020 in iPads (iPad Pro) und iPhones (ab iPhone 12 Pro) eine miniaturisierte Form eines Lidar-Scanners enthalten.²

Lidar ist somit im Consumer-Bereich angekommen, nachdem es zuvor nur professionell genutzt wurde.

Da sich seit jüngster Zeit die Firma Relux mit dem Programm ReluxDesktop zusammen mit der Firma Amrax® und der App Metaroom® um Schnittstellen zwischen den beiden Programmen bemühen, sollen in dieser Bachelorthesis die folgenden Fragen im Kontext der professionellen Lichtplanung gestellt werden:

Zum einen wie sich Metaroom®, welches das Lidar-System von iPads und iPhones nutzt, im Vergleich zu professionellen Scans beim Scannen von Räumlichkeiten bewährt. Ob die App eine gelungene Ergänzung zum Werkzeugsatz eines Lichtplaners darstellt, um schnell und ohne viel Aufwand ganze

¹ Vgl. Petit, Florian, Die Entwicklung von Lidar im Wandel der Zeit, in: Blickfeld Blog/ blickfeld.com, 30.04.2020, URL: <https://www.blickfeld.com/de/blog/entwicklung-von-lidar/> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

² Vgl. Müller, Peter, Lidar im iPhone: Was das ist und wozu es dient, in: macwelt.de, 10.05.2023, URL: <https://www.macwelt.de/article/979568/lidar-iphone-erklaert.html> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Räume digital zu erfassen oder ob sich am Ende doch lieber auf die Nutzung von herkömmlichen Lidar-Scannern verlassen werden sollte.

Im Anschluss daran soll der Frage nachgegangen werden, welche Software sich in der professionellen Lichtplanung besser bewährt? So gibt es allein aus dem Hause Autodesk zwei verschiedene Programme, AutoCAD und Revit, die bereits von vielen Planern in unterschiedlichsten Ausführungen genutzt werden und beide eine Schnittstelle zum bereits genannten Relux besitzen.

Wie unterscheiden sich also diese beiden Programme und mit welchem wird es letztendlich einfacher und somit effizienter sein, eine Lichtplanung zu erstellen?

2 Lidar

Wie eingangs bereits erwähnt wurde, spielt die Lidar Technologie für den ersten Part dieser Thesis eine entscheidende Rolle. Dank technologischer Weiterentwicklung, Miniaturisierung und Zusammenspiel mit anderen Sensoren, finden sich Anwendungsgebiete für Lidar in vielen Bereichen des Alltages. Angefangen bei topografischen Kartierungen vom Flugzeug aus, findet sich diese Technologie mittlerweile sogar in Mobiltelefonen wieder, wo sie für ein verbessertes Augmented Reality-Empfinden eingesetzt wird.³

Für diese Thesis relevant ist allerdings der ursprüngliche Anwendungsfall der Abstandsmessung, denn Lidar ist heutzutage essenzieller Bestandteil der gängigen geodätischen Messinstrumente und stellt auch für Applikationen wie Metaroom®, welche später eingehend erörtert wird, einen wichtigen Bestandteil dar.

2.1 Lidar, die Technologie

Lidar ist ein Akronym aus den Wörtern **L**ight **d**etection **a**nd **r**anging, welche bereits die Grundidee dieser Technik beschreiben. So wird mittels emittierter und wieder empfangener Laserimpulse der Abstand zu Objekten festgestellt.⁴

Ihre ersten Schritte machte diese Technologie in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts für die Landvermessung. Und erst kürzlich konnte mittels Lidar der Nachweis erbracht werden, dass es im Upano-Tal in Ecuador, rund 500 Jahre vor Christus eine Siedlung gab, die bis zu 30.000 Bewohnern Platz bot (Abbildung 1). Selbst die Oberflächenkartierung von Apollo 15 im Jahre 1971 wurde mithilfe dieser Technologie durchgeführt.⁵⁶

³ Vgl. wie Anmerkung 1.

⁴ Vgl. wie Anmerkung 2.

⁵ Vgl. Zdf.de (o.V.), Amazonas: Verschwundene Großstadt belegt, in: zdfheute/ zdf.de, 12.01.2024, URL: <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/amazonas-archaeologie-verschwundene-stadt-ecuador-100.html> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

⁶ Vgl. wie Anmerkung 1.

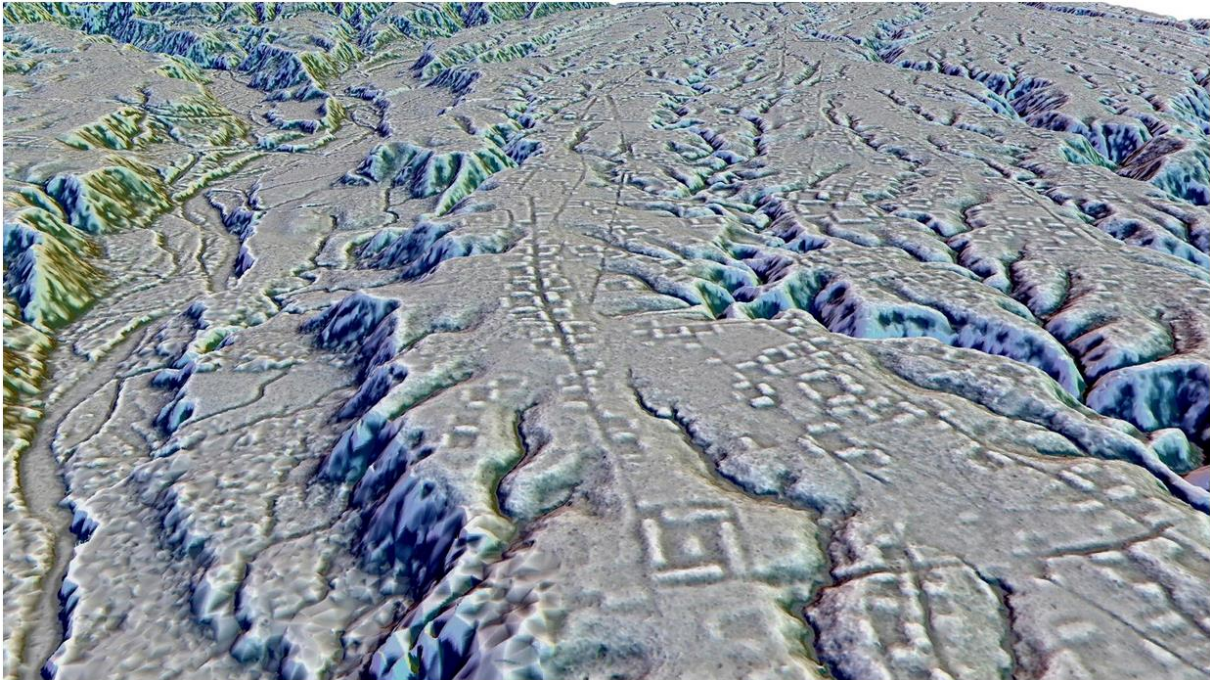


Abbildung 1: Lidarscan des Upano-Tals in Ecuador

Quelle: zdf.de/ Amazonas: Verschwundene Großstadt belegt, URL:

<https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/amazonas-archaeologie-verschwundene-stadt-ecuador-100.html>

(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Um eine Messung vorzunehmen, emittiert ein Lidar-System einen gebündelten und kohärenten Laserimpuls auf das Messobjekt. Dabei ist zu beachten, dass es sich hierbei um eine aktive Beleuchtung des Objektes handelt, die unabhängig von künstlichem oder Tageslicht eingesetzt werden kann.

Im darauffolgenden Schritt reflektiert das Messobjekt den ausgesendeten Laserimpuls, wobei die Lichtleistung, die vom Empfangsgerät wahrgenommen wird, in Abhängigkeit des Abstandes und der Beschaffenheit des Objektes variiert.⁷

⁷ Vgl. Weber, Harald, Sick AG Whitepaper – Funktionsweise und Varianten von Lidar-Sensoren, in: sick.com, 07. 2018, URL: https://cdn.sick.com/media/docs/5/25/425/Whitepaper_LiDAR_de_IM0079425.PDF (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

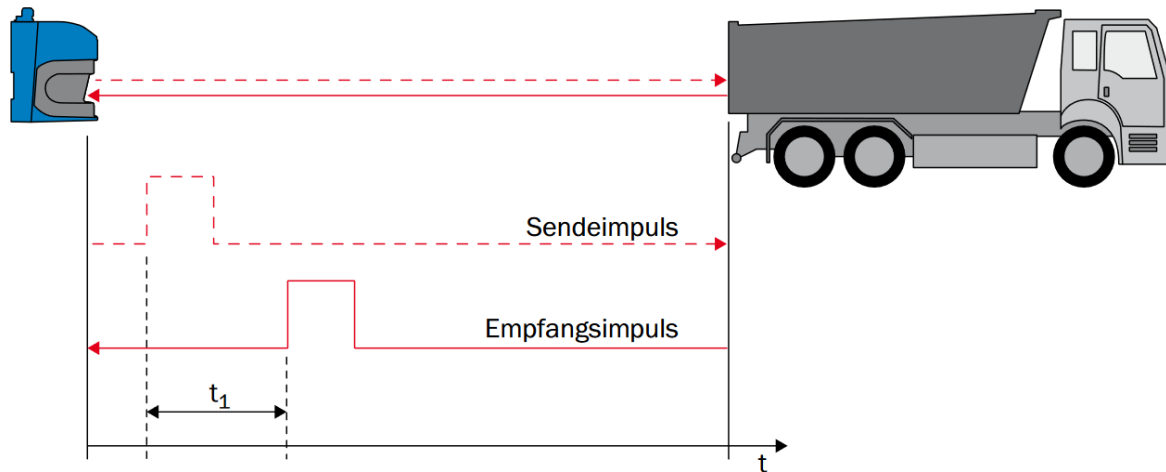


Abbildung 2: Abstandsmessung mit Pulslaufzeitmessung

Quelle: Weber, Harald, Sick AG Whitepaper – Funktionsweise und Varianten von Lidar-Sensoren,

URL: [https://cdn.sick.com/media/docs/5/25/425/Whitepaper LiDAR de IM0079425.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/5/25/425/Whitepaper_LiDAR_de_IM0079425.PDF)

(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Abbildung 2 zeigt hierbei den theoretischen Ansatz einer Messung. Mithilfe der Zeit t_1 , die zwischen dem Emittieren des Sendepulses und dem Empfangen dessen Reflexion vergeht, kann ermittelt werden, wie weit das Objekt von der Sendestation entfernt ist. Als Grundlage dazu dient das Wissen um die Lichtgeschwindigkeit und die Tatsache, dass der Impuls sowohl einen Hin- als auch einen Rückweg zurückgelegt hat, sodass mit folgender Formel der Abstand aus der Laufzeit t_1 ermittelt werden kann.

$$\text{Abstand } d_1 = \frac{t_1 \cdot c_{\text{Licht}}}{2}$$

Formel 1: Distanzberechnung für Lidar-Systeme⁸

Auf Grundlage dieser Technik können aber nicht nur Abstände von einzelnen Punkten oder die Bewegung eines Objektes, wie beim obigen Lastkraftwagen, ermittelt werden, sondern auch ganze Flächen, die sich in der Nachbearbeitung als Punktwolke eines ganzen Raumes oder Objektes herausstellen (Abbildung 3).

Dabei muss erwähnt werden, dass es sich bei einer Punktwolke aus einem reinen Lidar-System, auch wenn es mithilfe von Photogrammetrie mit Farbwerten unterfüttert wird, in erster Linie um eine nicht zusammenhängende Wolke aus Voxel handelt. Es besteht dementsprechend kein semantischer Zusammenhang zwischen den einzelnen Abtastwerten, die erst durch professionelle Nachbearbeitung in nutzbare Daten umgewandelt werden müssen. Zur Erläuterung: Voxel sind anders als Pixel, welche 2-dimensionale Flächenelemente darstellen, 3-dimensionale Kuben, aus denen 3-dimensionale, digitale Abbilder von Objekten erstellt werden können, zum Beispiel in Form einer Punktwolke.

⁸Anmerkung: Formel 1 wurde anhand Abbildung 2 vom Verfasser der Bachelorthesis selbst entwickelt.



Abbildung 3: Beispielbild einer Punktwolke einer Straßenbahn

Quelle: https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C4E0DAQGAIR1tg3_DNw/learning-public-crop_675_1200/0/1583415399947?e=2147483647&v=beta&t=1OP0L0cpFj_nAuiB4eocEUMOy2-A18eSwJwhwn7Li3k (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

2.2 Nutzung von Lidar durch Apple

Auch die Firma Apple setzt Lidar-Sensoren in ihren technischen Geräten ein. Die Anwendung weicht hier jedoch, trotz gleicher Funktionsweise, vom Einsatz als geodätischer Scanner ab.

Zudem nutzt Apple die Technologie in ihren Testfahrzeugen für autonomes Fahren. Seit 2020 wird Lidar auch in den Produkten iPad Pro und iPhone 12 Pro verbaut. Lidar wird dabei eingesetzt, die verwendeten Kameramodule zu unterstützen. Diese waren bereits aufgrund der verwendeten Algorithmen und der Dual- oder sogar Triple-Kamerasysteme im Stande Tiefenschärfe in Fotografien zu erzeugen, mithilfe von Lidar wird dieses System weiter komplettiert und kreiert dadurch eine deutlich bessere Trennung von Hintergrund zu Vordergrund.⁹

Auch in der Apple-Applikation Roomplan findet Lidar seine Verwendung. Roomplan erzeugt 3D-Modelle eines Raumes. Die Dual- oder Triple-Kameras, das Gyroskop und das Lidarsystem sind dabei eng aufeinander abgestimmt und können mithilfe von Machine Learning in kürzester Zeit Ergebnisse liefern.¹⁰

⁹ Vgl. wie Anmerkung 2.

¹⁰ Vgl. Apple.com (o.V.), RoomPlan, in: apple.com, URL: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

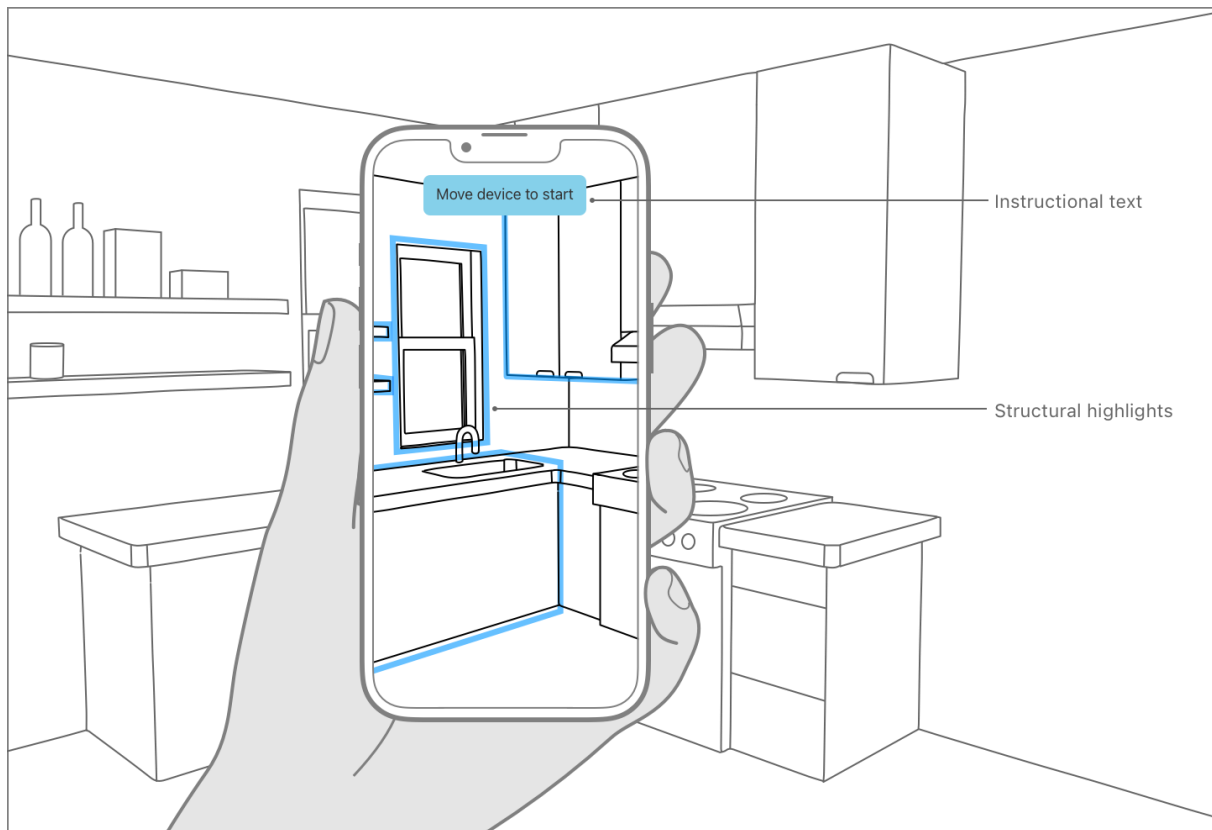


Abbildung 4: Konzeptdarstellung der App Roomplan

Quelle: developer.apple.com, URL: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan>
(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Abweichend vom typischen Vorgehen klassischer Lidar-Scanner ist hierbei die Tatsache, dass Räume durch Metaroom® mittels der Kameras erfasst und klassifiziert werden und diese Informationen mithilfe des Lidar-Sensors mit Maßen versehen werden. Dadurch wird in Echtzeit ein parametrisches Modell des Raumes erstellt, wohingegen reine Lidar-Scanner nur Punktwolken erzeugen, ohne dass ein semantischer Zusammenhang zwischen den einzelnen Punkten besteht.

Dies macht sich auch Metaroom® der Handelsmarke Amrax® zunutze und nutzt die vorhandenen APIs, um mit eigenen Schnittstellen und neuronalen Netzen eine App zu programmieren, die das Aufmaßen eines Raumes auch für den Consumer-Bereich erschließt.

2.3 Das Trimble X7-System

Für die Aufmaße des Miami Ad-Gebäudes wurden sowohl die App Metaroom® als auch ein 3D-Laserscanning-System, das Trimble X7 der Firma Trimble Inc. verwendet. Trimble Inc. stellt geodätische Messinstrumente, also Erdvermessungsinstrumente her. Das Unternehmen wurde 1978 gegründet, der Firmensitz befindet sich heute in Westminster, Colorado.¹¹

¹¹ Vgl. Trimble.com (o.V.), The history of trimble, in: trimble.com, URL: <https://www.trimble.com/en/about>
(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024) sowie: Global locations, in: trimble.com, URL:
<https://www.trimble.com/en/locations> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Beim Miami Ad-Gebäude handelt es sich um die ehemaligen Räumlichkeiten der Miami Ad School, einer Privatschule für Designer rund um das Themengebiet Werbung, welche für fast 20 Jahre ihren Sitz auf dem Campus der Hochschule für angewandte Wissenschaft in der Finkenau 35 hatte.¹²¹³ Im Abschnitt 2.5 wird auf das Gebäude noch genauer eingegangen.



Abbildung 5: Trimble X7-System mit T10-Tablet und Transportrucksack
Quelle: geomaticslandsurveying.com, URL: <https://geomaticslandsurveying.com/wp-content/uploads/2021/05/Trimble-X7.png>
(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Der Trimble X7 ist ein 3D-Laserscanner mit eingebautem Servoantrieb und Scanningspiegel. Laut Datenblatt des Herstellers soll der Scanner anwenderfreundlich sein und schnelle Ergebnisse liefern. Das Aufmaß eines Raumes wird von dem System eigenständig und automatisch vorgenommen und mittels der Trimble Perspective-Software gesteuert. Mithilfe des eingebauten Rotationsspiegelsystems ist es möglich, dass sich der Scanner vor jedem Scan automatisch kalibriert, sodass mit einer

¹² Vgl. Miamiadschool.de (o.V.) The Roots, in: miamiadschool.de, URL: <https://miamiadschool.de/who#Story>
(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

¹³ Anmerkung: Eine detailliertere Beschreibung zur Geschichte der Miami Ad School, welche auch die Schließung am Standort Hamburg thematisiert, ist auf der Wikipedia-Seite zu finden, weshalb diese Quelle hier zusätzlich angegeben wird, siehe hierzu: Wikipedia.de, Miami Ad School, URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Miami_Ad_School (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

höchstmöglichen Genauigkeit zu rechnen ist. Einzelne Scans können durch den Scanverknüpfungsassistenten ebenfalls automatisch zu einem gemeinsamen Scan zusammengefügt werden. Darüber hinaus werden Scans automatisch durch Bilder, die vor Ort direkt nach dem eigentlichen Scan aufgenommen werden, um Farbkanäle ergänzt, sodass ein sonst farbloser Scan in ein farbiges dreidimensionales Abbild in Form einer Punktwolke umgewandelt wird (Abbildung 3).

Der Trimble X7 nutzt Infrarot-Pulslaser mit einer Wellenlänge von 1550 nm und hat ein Gesichtsfeld von 360° x 282°. Das Gesichtsfeld wird in der Vertikalen durch das Gehäuse beschränkt, sodass in einem kleinen Umkreis um den Scanner keine Aufnahmen erfolgen können. Der Messbereich des X7 liegt zwischen 0,6 m bis 80 m und hat dabei ein Messrauschen, also Messfehler, von weniger als 2,5 mm auf 30 m sowie eine Entfernungsgenauigkeit von 2 mm. Dazu kommen eine Entfernungsgenauigkeit von 2 mm, eine Winkelgenauigkeit von 21 Zoll und eine 3D-Punktgenauigkeit von 2,4 mm auf 10 m bis 6,0 mm auf 40 m.¹⁴

Dank einer Scangeschwindigkeit von bis zu 500 kHz können Scans, abhängig von der gewählten Genauigkeit, bereits innerhalb von zwei Minuten abgeschlossen werden.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die zu erwartenden Scanzeiten und Dateigrößen pro Scan. Dabei sind in der Regel mehrere Scans pro Raum nötig, um ein vollständiges Bild der Umgebung zu erhalten.¹⁵

Beim Trimble X7 handelt es sich um ein portables System, das mitsamt Akku 5,8 kg wiegt. Das kompakte Produktmaß gestattet die Unterbringung in einem Transportrucksack, dies ermöglicht einen nicht ortsgebundenen Einsatz der Technik. Ebenso sollen eine Akkulaufzeit von bis zu vier Stunden sowie ein ausreichender Staub- und Wasserschutz vorliegen (IP55), sodass auch Scans im Außenraum und bei ungünstigen Wetterverhältnissen angefertigt werden können.¹⁶

Das System wird in der Regel mit dem dazugehörigen T10-Tablet von Trimble oder vergleichbarem Tablet mit Windows 10-Betriebssystem funktgesteuert, oder mithilfe eines Laptops mittels W-LAN / USB-Kabel.¹⁷

Die vom System aufgenommenen Scans können nach abschließender Überarbeitung in die Dateiformate TDX, TZF, E57, PTX, RCP, LAS oder POD exportiert und an Drittprogramme weitergeleitet werden.¹⁸

Ein Trimble X7-System kann je nach Händler zu teils unterschiedlichen Preisen erworben werden, wobei die meisten erst nach einer Angebotsanfrage offengelegt werden. Im Internetshop von

¹⁴ Vgl. Datenblatt Trimble X7 3D-Laserscanning-System (o.V.) in: dev-geospatial.trimble.com, URL: https://dev-geospatial.trimble.com/sites/geospatial.trimble.com/files/2020-10/Datasheet%20-Trimble%20X7%20System%20-%20German%20-%20Screen_0.pdf (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

¹⁵ Ebd.

¹⁶ Ebd.

¹⁷ Ebd.

¹⁸ Ebd.

geomaticslandsurveying.com wurde ein solches System allerdings öffentlich einsehbar im Komplettsset mit Rucksack und T10-Tablet für 35.000 \$, oder umgerechnet 31.969 € angeboten.¹⁹

Scanzeiten						
Messzeit (min.)	Scan-Mode	Rastermass (mm) auf 10 m	Rastermass (mm) auf 35 m	Rastermass (mm) auf 50 m	Punktzahl (Mio.)	Max. Dateigröße (MB)
2	Standard	11	40	57	12	160
4	Standard	5	18	26	58	420
	Hochempfindlich	9	33	47	17	190
7	Standard	4	12	18	125	760
	Hochempfindlich	6	31	30	42	330
15	Hochempfindlich	4	13	19	109	710

Tabelle 1: Scanzeiten des Trimble X7-Laserscanners²⁰

2.4 Reflexionsgrad

Für Lichtberechnungsprogramme wie ReluxCAD, welches im folgenden Abschnitt näher betrachtet wird, ist mitunter der Reflexionsgrad ein wichtiger Bestandteil.

Der Reflexionsgrad definiert dabei das Verhältnis aus einfallender Lichtmenge zu reflektierter und bewegt sich in Größenordnungen von annähernd 0 bis maximal 1. Dabei würde ein Reflexionsgrad von 1 eine vollständige Reflexion bedeuten und ca. 0 das entsprechende Gegenteil.²¹

Bei matten Oberflächen lässt sich darüber hinaus sagen, dass ein hoher Reflexionsgrad auf eine sehr helle (weiße) Oberfläche schließen lässt und ein niedriger auf sehr dunkle oder schwarze Oberflächen.

Dies zeigt, dass die Ausgestaltung eines Raumes maßgeblich daran beteiligt ist, wie viel Licht für die Beleuchtung der Nutzenebene erforderlich ist, um adäquates Licht für Sehaufgaben zur Verfügung zu stellen.

Daher ist es wichtig bei der Modellierung eines Raumes ebenfalls die Beschaffenheit der Oberflächen zu kennen, um eine normgerechte Ausleuchtung zu gewährleisten.

¹⁹ Vgl. (zum Preis): geomaticlandsurveying.com (o.V.), Trimble X7 Scanner 3D Scanning System, in Geomaticlandsurveying.com, URL: <https://geomaticlandsurveying.com/product/trimble-x7/>; (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Kurswert, URL: <https://www.ecosia.org/search?tt=mzl&q=dollar%20in%20euro> (zuletzt aufgerufen: 10.01.2024).

²⁰ Vgl. wie Anmerkung 14.

²¹ Vgl. Greule, Roland, Licht und Beleuchtung im Medienbereich, München 2015, S. 44.

2.5 Der Testraum

Der Raum des Miami Ad-Gebäudes, der bereits im ersten Teil dieser Thesis für Scans genutzt wird und in deren Rahmen auch als Eingangsbereich bezeichnet wird, soll auch bei der Fragestellung helfen, mit welchem Programm, Revit oder AutoCAD, Lichtplanungen erstellt werden sollen.

Das Gebäude der Miami Ad School wurde 2003 im Rahmen eines Konzeptes der Freien und Hansestadt Hamburg vom damaligen Landesbetrieb Krankenhäuser erworben, um Ausbildungsangebote im Medienbereich an einem Ort zusammenzufassen. Bis Ende Dezember 2021 wurden die Räumlichkeiten als Niederlassung für die Miami Ad School genutzt, bis diese ihren Sitz nach Berlin verlegte, sodass die Räumlichkeiten zum jetzigen Zeitpunkt leer stehen.²²

Die ursprüngliche Nutzung des Gebäudes, das als Klinik wie auch Lehranstalt für Schwestern und Hebammenschülerinnen bis ins Jahr 2000 diente, ist weiterhin in der Innenarchitektur erkennbar.²³



Abbildung 6: Außenansicht (Süd-Ost) des Miami Ad-Gebäudes
Quelle: Eigene Darstellung

²² Vgl. wie Anmerkung. 12.

²³ Vgl. wikipedia.org, Finkenau (Hamburg), URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Finkenau_\(Hamburg\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Finkenau_(Hamburg)) (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).



Abbildung 7: Innenansicht des Eingangsbereiches (links: Nord-West, rechts: Süd-Ost)
Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 8: Innenansicht 2 des Eingangsbereiches (links: Süd-Ost, rechts: Nord-West)
Quelle: Eigene Darstellung

3 Die Software

Für diese Bachelorthesis werden verschiedene Programme auf unterschiedlichen Systemen verwendet, die hier, um einen Überblick zu schaffen aufgelistet werden:

- AutoCAD und Revit aus dem Hause Autodesk
- Metaroom® der Handelsmarke Amrax®
- Relux der Relux Informatik AG

3.1 AutoCAD

AutoCAD ist eine Software des Unternehmens Autodesk Inc.. Autodesk wurde vor mehr als 40 Jahren, im Jahr 1982, gegründet, das Headquarter des Unternehmens sitzt heute in San Francisco, USA.²⁴

Das CAD in AutoCAD steht hier als Akronym für **Computer-Aided Design** und dient dem Zeichnen und Entwerfen von 2D-Zeichnungen und dem Modellieren von 3D-Objekten.²⁵

Des Weiteren gibt es derzeit sieben Toolsets mit denen spezifischere Planungen unterstützt werden, wie zum Beispiel der Bereich der Architektur, mithilfe von AutoCAD Architecture, und Schnittstellen zu anderen Programmen. Darunter die Software ReluxDesktop, die im Rahmen dieser Thesis ebenfalls verwendet wird.²⁶

In der Praxis der Lichtplanung wird AutoCAD dabei in der Regel für zweidimensionale Darstellungen verwendet.

3.1.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen

Autodesk bietet AutoCAD in zwei verschiedenen Bezahlmodellen an:

Zum einen als Abo-Modell, das über die Zeiträume von einem Monat, einem Jahr und drei Jahren abgeschlossen werden kann.

Zum anderen ist es möglich ein Flex-Modell zu wählen. Dabei werden Tokens erworben, die dazu dienen den Zugang zum Programm für 24 Stunden (7 Tokens/24h) freizuschalten, wobei diese nach etwas mehr als einem Jahr wieder verfallen. Als kleinstes Paket können hierbei 100 Tokens erworben werden.²⁷

²⁴ Vgl. Autodesk (o.V.), Corporate Info/ Company Facts, in: autodesk.com,

URL: <https://www.autodesk.com/company/newsroom/corporate-info> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

²⁵ Vgl. Autodesk (o.V.), Autodesk AutoCAD – millionenfach bewährt für noch mehr Kreativität, FAQ – Wofür wird AutoCAD eingesetzt?, in: autodesk.de, URL:

<https://www.autodesk.de/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST>

(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

²⁶ Ebd.

²⁷ Vgl. wie Anmerkung 25.

Kostenübersicht: AutoCAD 2024			
Abonnement			
Laufzeit	3 Jahre/Nutzer	1 Jahr/ Nutzer	1 Monat/ Nutzer
Kosten	6.908,00 €	2.303,00 €	286,00 €
Flex			
Anzahl der Tokens	100	500	Individuell (mindestens 100/Jahr)
Preis	328,00 €	1637,00 €	Mindestens 327,00 €

Tabelle 2: Kostenübersicht für AutoCAD 2024; Stand 01.01.2024

AutoCAD kann sowohl auf Windows- als auch MAC-Systemen verwendet werden.

3.1.1.1 Systemanforderungen Windows

Systemanforderungen für AutoCAD 2022 including specialized toolsets (Windows)	
Betriebssystem	64-Bit-Version von Microsoft® Windows® 11 und Windows 10.
Prozessor	Mindestens: Prozessor mit 2,5-2,9 GHz Empfohlen: Prozessor mit 3 GHz oder mehr
Arbeitsspeicher	Mindestvoraussetzung: 8 GB Empfohlen: 16 GB oder mehr
Bildschirmauflösung	Herkömmliche Bildschirme: 1920 x 1080 mit True Color Bildschirme mit hoher Auflösung und 4 K: Auflösungen von bis zu 3840 x 2160 werden unter Windows 10 (mit geeigneter Grafikkarte) unterstützt
Grafikkarte	Mindestvoraussetzungen: GB GPU mit 29 GB/s Bandbreite und DirectX 11-Kompatibilität Empfohlen: 4 GB GPU mit 106 GB/s Bandbreite und DirectX 12-Kompatibilität
Festplattenspeicher	10,0 GB
Netzwerk	Die folgenden Betriebssysteme werden für Autodesk Network License Manager unterstützt: Windows 10, Windows Server 2016, Windows Server 2019 und Windows Server 2022
Zeigegerät	Kompatibel mit MS-Mouse

.NET Framework	.NET Framework Version 4.8 oder höher
-----------------------	---------------------------------------

Tabelle 3: Systemanforderungen für AutoCAD 2022 (Windows)²⁸

3.1.1.2 Systemanforderungen Mac

Systemanforderungen für AutoCAD 2022 for Mac	
Betriebssystem	Apple® macOS® Monterey c12 (erfordert Update 2022.2) Apple macOS Big Sur v11 Apple macOS Catalina v10.15 Apple® macOS® Mojave v10.14
Modell	Basis: Apple Mac Pro® 4.1; MacBook Pro® 5.1; iMac® 8.1; Mac mini® 3.1; MacBook Air®; MacBook® 5.1 Empfohlen: Apple Mac®-Modelle, die die Grafik Engine Metal unterstützen; Apple Mac-Modelle mit Chip der M-Serie werden im Rosetta 2-Modus unterstützt
CPU-Typ	64-Bit-Intel-CPU Empfohlen: Intel Core i7 oder höher
Arbeitsspeicher	Basis: 4 GB Empfohlen: 8 GB oder mehr
Bildschirmauflösung	Basis: Anzeige mit 1280 x 800 Hohe Auflösung: 2880 x 1880 mit Retina Display
Festplattenspeicher	4 GB freier Festplattenspeicher für Download und Installation
Zeigegerät	Apple-kompatible Maus, Apple-kompatibles Trackpad, Microsoft-kompatible Maus
Grafikkarte	Empfohlen: Mac-eigene installierte Grafikkarte
Festplatten-Format	APFS, APFS (verschlüsselt), Mac OS Extended (Journaled), Mac OS Extended (Journaled, verschlüsselt)

Tabelle 4: Systemanforderungen für AutoCAD 2022 (Mac)²⁹

²⁸ Vgl. Autodesk.de (o.V.), Systemanforderungen für AutoCAD 2022 including Sepcialized Toolsets, in Autodesk.de, 8.10.2023, URL: <https://www.autodesk.de/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/DEU/System-requirements-for-AutoCAD-2022-including-Specialized-Toolsets.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

²⁹ Ebd.

3.1.2 Installation und Anwendung

Um AutoCAD zu installieren, empfiehlt es sich das Programm direkt von der Herstellerseite www.Autodesk.de herunterzuladen. Dafür ist ein Login mit einem eigenen Konto von Nöten, das auf der Seite erstellt werden kann. Über der Unterrubrik „Produkte und Services“ des eigenen Kontos ist dann der Download von AutoCAD in verschiedenen Versionen möglich. Für die Nutzung von ReluxCAD for AutoCAD ist keine zusätzliche Installation notwendig. Diese Schnittstelle wird über die Software Relux hergestellt, die im folgenden Abschnitt eingehend beschrieben wird.

ReluxCAD for AutoCAD ist hierbei eine Schnittstelle für AutoCAD, die einen Datenaustausch zwischen den Programmen AutoCAD und ReluxDesktop ermöglicht und über die Relux Informatik AG erworben werden kann.

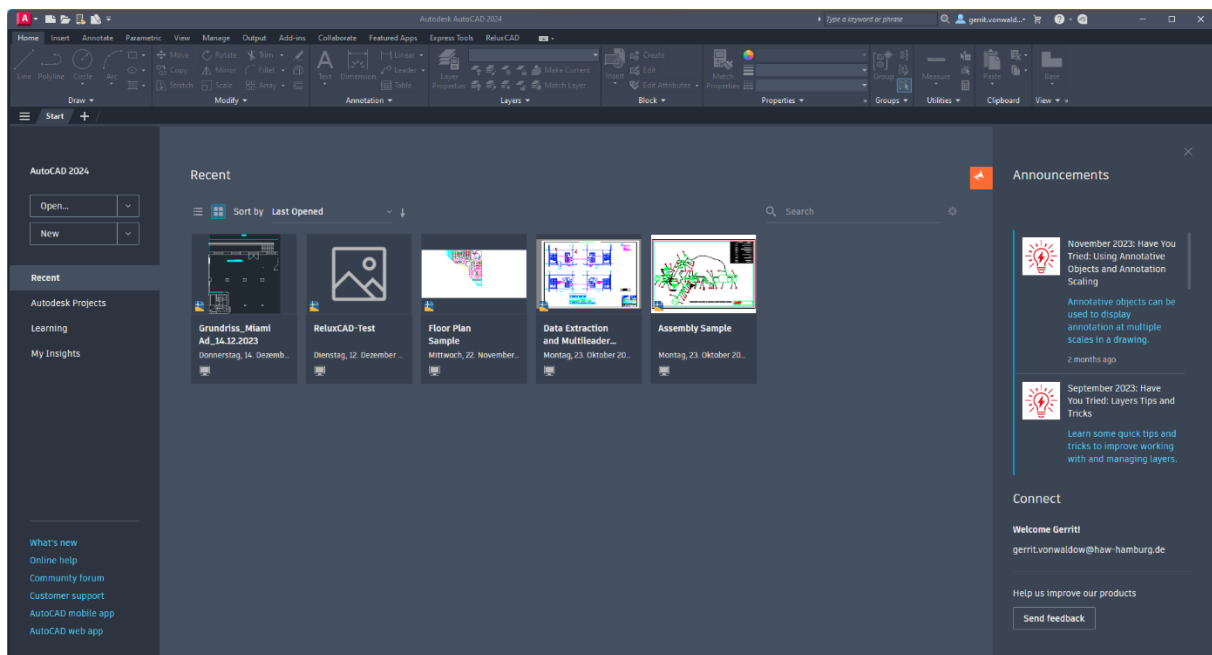


Abbildung 9: Screenshot der Startoberfläche von AutoCAD 2024
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Nachdem AutoCAD gestartet wurde, hat man die Möglichkeit, wie in Abbildung 9 zu sehen ist, ein neues Projekt zu öffnen oder ein bereits bestehendes zu verwenden. Diese Projekte werden im weiteren Verlauf im DWG-Format gespeichert.

Für die Arbeit mit anderen Dateiformaten existiert auch eine Import-Funktion mit der unter anderem auch PDFs eingelesen werden können. Eine Funktion, die später noch genauer erklärt werden soll.

3.1.3 Add-Ons/ Schnittstellen

Autodesk bietet AutoCAD mit sieben verschiedene Toolsets an die folgend aufgezählt werden:

- Architecture
- Mechanical

- Map 3D
- MEP
- Electrical
- Plant 3D
- Raster Design³⁰

Des Weiteren gibt es dank APIs eine Vielzahl an weiteren Applikationen, die direkt in AutoCAD integriert werden können, so zum Beispiel ReluxCAD for AutoCAD, welches im Rahmen dieser Thesis Verwendung findet.

3.2 Metaroom®

Metaroom® der Handelsmarke Amrax® liefert, so der Hersteller:

„[...] maßstabsgetreue 3D-Modelle von Räumen mit detaillierten Informationen zu Möbel, Farben und Texturen* [...]“*³¹

Dabei ist Amrax® selbst eine noch junge Software-Unternehmung, die 2020 mit Sitz in Salzburg gegründet wurde. Das Hauptprodukt Metaroom® ist seit der Gründung in ständiger Entwicklung. So besteht seit etwas mehr als einem Jahr eine sehr enge Kooperation mit der Relux Informatik AG und seit Oktober 2023 eine Kooperation mit Autodesk.

Metaroom®s Hauptaufgabe besteht allerdings nicht nur im Scannen von Räumlichkeiten, sondern im direkten Auswerten der Scan-Daten. Das bedeutet, dass in Echtzeit sämtliche Informationen der Sensoren in ein parametrisches Modell umgerechnet werden, das heißt, dass direkt ein 3D-Modell des gescannten Raumes erzeugt wird. Dabei stellt die Apple-Technik und Software die Grundlage dar, die eine enge Verbindung aus Gyroskop, 2D-Kameras und dem eingebauten Lidar-Sensor bereitstellt, sodass es möglich ist mithilfe des Lidar-Scanners eine Tiefenkarte des gescannten Objektes zu erhalten. Äußerst interessant dabei ist, dass die eigentlichen Objekterkennung, die Metaroom® von üblichen, Scansystemen unterscheidet, die nur mit Lidar- und/oder Photogrammetrie arbeiten, mithilfe der 2D-

³⁰ Vgl. wie Anmerkung 28.

³¹ Relux.com (o.V), Metaroom® 3D-Raumscanner für Relux, hier: Was kann Metaroom®?, in: Relux.com, URL: <https://relux.com/de/metaroom.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).
Anmerkung: Die Sternchen im Originalzitat sind auf Relux.com wie folgt definiert: **iPhone Pro ab Serie 12 mit LiDAR-Scanner (Systemanforderungen)*.

Kameras stattfindet, die mittels künstlicher Intelligenz ausgewertet werden. Die gesammelten Informationen des Lidar-Systems dienen daraufhin der genauen räumlichen Verortung.³²

Das aus diesen Daten gewonnene parametrische Modell wird dabei nicht nur mit Informationen zur Raumgeometrie und den darin vorkommenden Objektklassen erstellt, sondern enthält darüber hinaus Informationen zur Einfärbung der wahrgenommenen Oberflächen. Mithilfe der Farbe eines Objektes, also den Informationen aus den RGB-Kanälen, wird daraufhin der für Lichtberechnungen sehr wichtige Reflexionsgrad bestimmt.

Abschließend sei noch zu erwähnen, dass die maximale Reichweite eines Scans, laut Apple, 5 m beträgt aufgrund des verbauten Sensors im System. Dabei gilt, dass ein größerer Abstand eine größere 3D-Punktabweichung verursacht, aufgrund der steigenden Streuung. So zeigt eine Untersuchung der Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, dass bei einem Abstand von 2,5 m mit einer Abweichung von $\pm 0,8$ cm bis $\pm 2,1$ cm zu rechnen ist und bei einem Abstand von 5,0 m sogar von $16,7$ cm $\pm 8,5$ cm. Ein Umstand der Metaroom® also eher für Scans in Räumen kleinerer bis mittlerer Größe prädestiniert.³³

3.2.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen

Metaroom® steht kostenlos als Download über den App Store von Apple zur Verfügung. Für die weitere Nutzung des Programms stehen derzeit drei verschiedene Kostenmodelle für den Privaten Nutzen zur Verfügung.

Kostenmodelle für Metaroom®			
Modelle	Free	Trial 20	Trial 50
Preis	0,00 €	99,00 €	199,00 €
Nutzer	1	1	1

³² Vgl. Huber, Martin, Our Mission. A letter from the CEO, in amrax.ai, URL: <https://amrax.ai/who-we-are/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

³³ Vgl. Plaß, Bastian, Klauer, Thomas, Digital Flash LiDAR Punktwolken – Consumer-Produkte oder geodätische Zukunftstechnologie?, in: DVW.e.V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Arbeitskreis 4 „Ingenieurgeodäsie“ und Arbeitskreis 3 „Messmethoden und Systeme“, Terrestrisches Laserscanning 2022 (TLS 2022), Beiträge zum 214. DVW-Seminar am 8./9.12.2022 in Fulda S. 158, in geodaesie.info, URL: https://geodaesie.info/images/schriftenreihe/downloads/DVW_104_2022_TLS_2022_FINAL_221122.pdf (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Anzahl der Scans	Unbegrenzt	Unbegrenzt	Unbegrenzt
Export-Credits	10	20	50
Scanfläche	Bis zu 1000 m ²	Bis zu 2000 m ²	Bis zu 5000 m ²
Exportformate	13 verschiedene	13 verschiedene	13 verschiedene
Support	Standard-Support	Standard-Support	Standard-Support

Tabelle 5: Kostenmodelle für Metaroom®; Stand 01.01.2024³⁴

Die drei Bezahlmodelle unterscheiden sich hierbei neben dem maximalen Raumflächen vor allem in der Anzahl an Exporten, die durchgeführt werden können. Dabei kostet das Erstellen einer Exportdatei einen Credit und die Datei kann im Nachhinein unbegrenzt häufig heruntergeladen werden.

Darüber hinaus existiert auch ein Enterprise Paket mit individuellen Abo-Modellen, die sowohl mehrere Nutzer als auch einen Premium-Support und einen Onboarding-Workshop beinhalten.³⁵

Zuzüglich zu diesen Preismodellen Metaroom®s wird, falls nicht vorhanden, ein iPhone oder iPad benötigt. Ein iPhone 15 Pro kann dabei für 1.199 €³⁶ und ein 11 Zoll iPad Pro für 1.179 €³⁷ direkt über Apple erstanden werden.

Metaroom® ist, wie bereits erwähnt, nur für Apple-Geräte verfügbar, genauer gesagt für Pro-Modelle, da nur diese über einen eingebauten Lidar-Sensor verfügen. Zu diesen Geräten zählt das iPhone Pro ab Version 12 und das iPhone Pro Max, ebenfalls ab Version 12, das iPad Pro 11 Zoll der zweiten Generation und das iPad Pro 12,9 Zoll der vierten Generation. Alle Geräte müssen dabei auf iOS 17 upgedatet werden und die neueste Version von Metaroom® installiert haben.³⁸

3.2.2 Installation und Anwendung

Metaroom® wird schnell und einfach wie andere Programme für das iPad/iPhone über den App Store installiert.

Für die Verwendung des Programms ist die Erstellung eines eigenen Nutzerkontos von Nöten, da aufgenommene Scans nur temporär auf dem System lokal gespeichert werden und für eine Weiterbearbeitung in eine Cloud des Herstellers hochgeladen werden müssen.

³⁴ Vgl. Metaroom® by Amrax (o.V.), Pricing, in: Amrax.ai, URL: <https://amrax.ai/pricing/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

³⁵ Ebd.

³⁶ Vgl. Apple.com (o.V.), iPhone 15 Pro kaufen, in: Apple.com, URL: <https://www.apple.com/de/shop/buy-iphone/iphone-15-pro>; (zuletzt aufgerufen: 10.01.2024).

³⁷ Vgl. Apple.com (o.V.), iPad Pro kaufen, in: Apple.com, URL: <https://www.apple.com/de/shop/buy-ipad/ipad-pro/11%22-display-256gb-space-grau-wifi>; (zuletzt aufgerufen: 10.01.2024).

³⁸ Vgl. wie Anmerkung 31.

Ist dies getan, kann man auf der Startseite von Metaroom® auswählen, ob bereits erstellte Exporte oder Scans eingesehen werden sollen, oder ob ein gänzlich neuer Scan erstellt werden soll, wie Abbildung 10 zeigt.

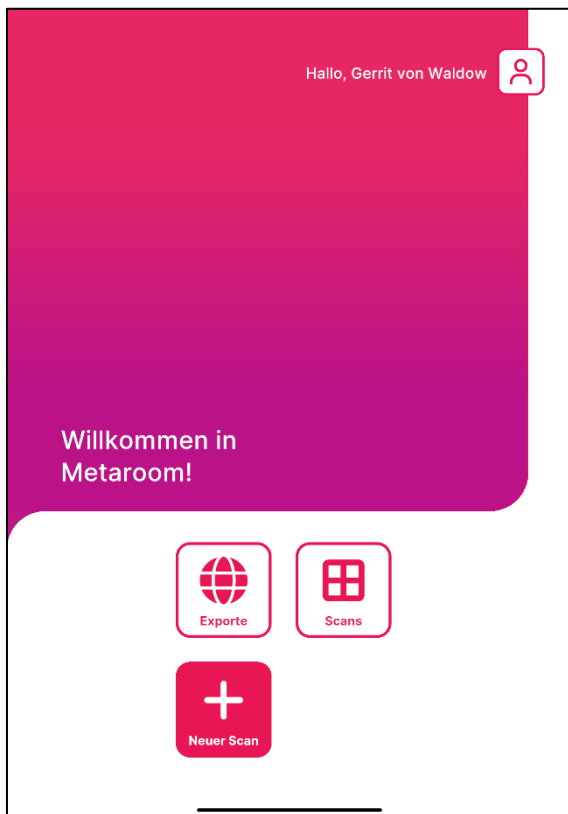


Abbildung 10: Screenshot der Metaroom®-Startseite

Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Metaroom®)

Über die Schaltfläche, die in Abbildung 10 gezeigt wird, kann auch ein neuer Scan begonnen werden. Dieser wird nach einer kurzen Kalibrierung des Systems begonnen. Auf diese Weise ist es möglich einen Raum einzuscannen, wobei beachtet werden sollte, dass sämtliche Türen und Fenster geschlossen werden. Sobald ein Scan auf diese Weise aufgenommen wurde, was daran zu erkennen ist, dass im unteren Bereich des Bildschirms ein vollständiges Modell des Raumes vorliegt

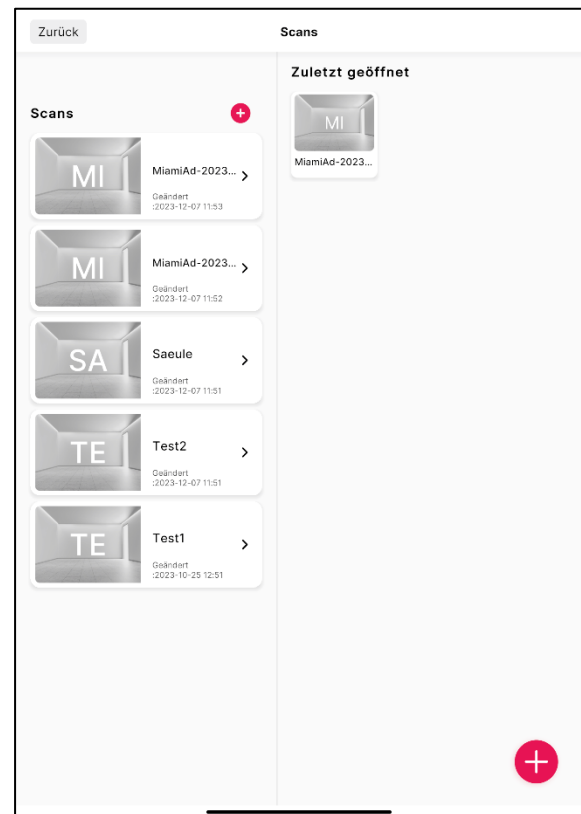


Abbildung 11: Screenshot der Metaroom®-Scanauswahl

Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Metaroom®)

(Abbildung 12), kann der Scanvorgang beendet werden und das Modell in die Cloud hochgeladen werden.

Dort ist dann über den Webaufruf des Metaroom® Studios von Amrax®: <https://studio.amrax.ai/>, eine Weiterbearbeitung und ein Export des Scans in die verschiedenen Dateiformate möglich

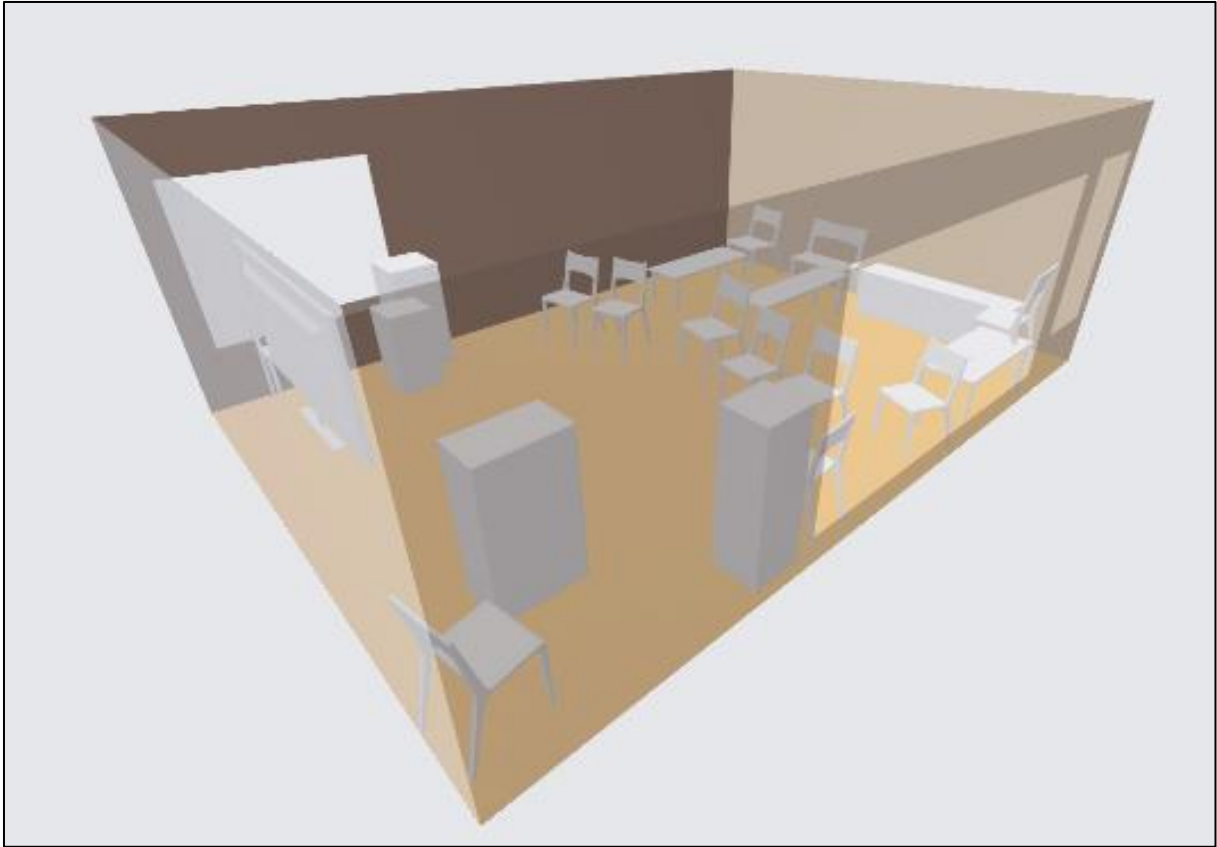


Abbildung 12: Screenshot eines Metaroom®-Scans des Workshopbereichs im Forschungs- und Transferzentrum Digital Reality in Hamburg

Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Web-Anwendung von Metaroom-Studio)

3.2.3 Add-Ons/ Schnittstellen

Direkte Add-Ons oder Schnittstellen stehen Metaroom® zwar nicht zur Verfügung, dafür ist es aber möglich das eingescannte Modell in die dreizehn folgenden Dateiformate zu exportieren:

- Alembic (ABC)
- Autodesk Drawing Interchange File (DXF)
- Autodesk Filmbox (FBX)
- COLLADA (DAE)
- GL Transmission Format Binary (GLB)
- GL Transmission Format (GLTF)
- Industry Foundation Classes v4 (IFC)
- Radio Planning (ZIP)
- Relux Desktop (RDF)
- SketchUp Go/Pro (DAE)
- Stereo Lithography (STL)
- Universal Scene Description (USD)
- Wavefront (OBJ)

3.3 ReluxDesktop

ReluxDesktop ist ein Lichtberechnungsprogramm der fast gleichnamigen Relux Informatik AG mit Sitz in Basel in der Schweiz, die mittlerweile seit über 25 Jahren spezialisiert ist auf die Entwicklung von Lichtplanungs- und Produktpräsentationssoftware und seit 2010 eine unabhängige Familienunternehmung ist.^{39,40}

Mit dem Programm ReluxDesktop und dem dazugehörigen ReluxNet ist es möglich, auf technische Informationen von einer Vielzahl an Leuchtenproduzenten zuzugreifen. Dabei werden von Seiten der Hersteller hunderte bis tausende Produkte je Firma als mögliche Planungsinhalte für die Planung mit Relux zur Verfügung gestellt. ReluxDesktop nutzt das Punkt-zu-Punkt-Verfahren, um mittels lichttechnischer Informationen in Form von LVKs, die aus Messungen der jeweiligen Leuchten stammen, die Lichtplanung von Gebäuden oder Außenbereichen zu ermöglichen.⁴¹

Dabei liefert Relux, in Hinblick auf die Lichtberechnung, sowohl Absolut- als auch Vergleichswerte für internationale Standards wie zum Beispiel DIN-Normen, welche Normen für die Beleuchtung von Nutzungs- oder Verkehrsflächen festlegen.

Des Weiteren kann mithilfe verschiedener Add-Ons und Plug-Ins eine spezifische Beleuchtungssituationen nachgebaut werden, wie zum Beispiel Beleuchtungssituationen in einem Tunnel, und die Ergebnisse einer Simulation in verschiedenen Dateiformaten exportiert werden, wobei auch direkte Schnittstellen zu anderen Programmen wie zum Beispiel AutoCAD oder Revit der Firma Autodesk existieren.

3.3.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen

ReluxDesktop ist in der Standard-Version sowohl für den privaten als auch den professionellen Gebrauch kostenlos. Allerdings ist es möglich gegen Entgelte Lizenzen über Abonnements zu erwerben, mit denen man, wie bereits erwähnt, Schnittstellen zu anderen Programmen herstellen oder spezifischere Beleuchtungssituationen berechnen kann.

Relux, Abonnement-Übersicht		
Produkt	Preis (CHF)/Einzellizenz	Preis (Euro)/Einzellizenz
ReluxDesktop 2024.1	0,00	0,00
ReluxThirdParty	67.00	71,96
ReluxTunnel	2.900,00	3.114,52

³⁹ Vgl. Greule 2015, S. 277.

⁴⁰ Vgl. Relux.com (o.V.), Relux, der Standard in der Lichtplanung, in: relux.com, URL: <https://relux.com/de/about-us.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

⁴¹ Vgl. wie Anmerkung 39.

Relux KCalc	899,00	965,50
ReluxEnergy CH	325,00	349,06
ReluxCAD for TinLine Plan	469,00	503,72
ReluxCAD for AutoCAD	469,00	503,72
ReluxCAD for Revit	479,00	514,46

Tabelle 6: Relux, Abonnement-Übersicht; Stand: 04.01.2024⁴²

Die Hardware- und Systemanforderungen werden folgend für die aktuelle Version ReluxDesktop 2024.1 angegeben, wobei hierbei nur Windows 10 und 11 unterstützt werden.

Systemanforderungen für ReluxDesktop 2024.1 unter Windows 10/11	
Prozessor (CPU)	Mindestens: Intel- oder AMD-Prozessor mit 4 oder mehr Kernen und einer Taktrate von 2 GHz. Empfohlen: Intel- oder AMD-Prozessoren mit 8 oder mehr Kernen, die nicht älter als 8 Jahre sind.
Speicher (RAM)	Mindestens: 8 GB RAM Empfohlen: 16 GB RAM oder mehr
OpenGL	Unterstützung für OpenGL-Kompatibilitätsspezifikation Version 4.5
Festplattenspeicher (HDD)	1,3 GB freier Festplattenspeicher
Grafikkarte (GPU) Videospeicher (VRAM)	Mindestens: 1 GB Empfohlen: 4 GB oder mehr
Realtime Rendering	Mindestens: 4 GB VRAM, Unterstützung von Vulkan 1.1 Empfohlen: 6 GB VRAM, NVIDIA GeForce RTX oder AMD Radeon RX

Tabelle 7: Systemanforderungen für ReluxDesktop 2024.1 (Windows)⁴³

⁴² Siehe zu den Preisen: Relux.com, URL: <https://relux.com/de/shop.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024). Anmerkung: Preise auf Relux.com in CHF angegeben. Zur Umrechnung wurde der Währungsrechner von Ecosia.org verwendet, URL: <https://www.ecosia.org/search?tt=mzl&q=schweizer%20franken%20in%20euro> (zuletzt aufgerufen: 04.01.2024).

⁴³ Vgl. Bieri, Kurt, Relux®, Hardware- und Systemanforderungen, in: relux.com, 13.09.2019, URL: https://relux.com/de/page/odoo_fwd/?fwd_url=de_CH/forum/installation-und-update-44/question/hardware-und-systemanforderungen-1433 (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

3.3.2 Installation und Anwendung

ReluxDesktop kann direkt vom Internetauftritt der Relux Informatik AG (<https://relux.com/de/downloads.html>) heruntergeladen und installiert werden. Sämtliche Add-Ons, die zum Teil auch im Rahmen dieser Thesis verwendet werden, sind in Relux bereits von Anfang an integriert, bedürfen allerdings einer Freischaltung mithilfe von Lizenzen. Diese sind an einen spezifischen Nutzer gekoppelt, weswegen auch für ReluxDesktop ein Nutzerkonto erstellt werden muss. Lizenzen werden über die Startseite von Relux unter der Rubrik Lizenzen aktiviert, die auf der rechten Seite zu finden ist wie Abbildung 13 zeigt.

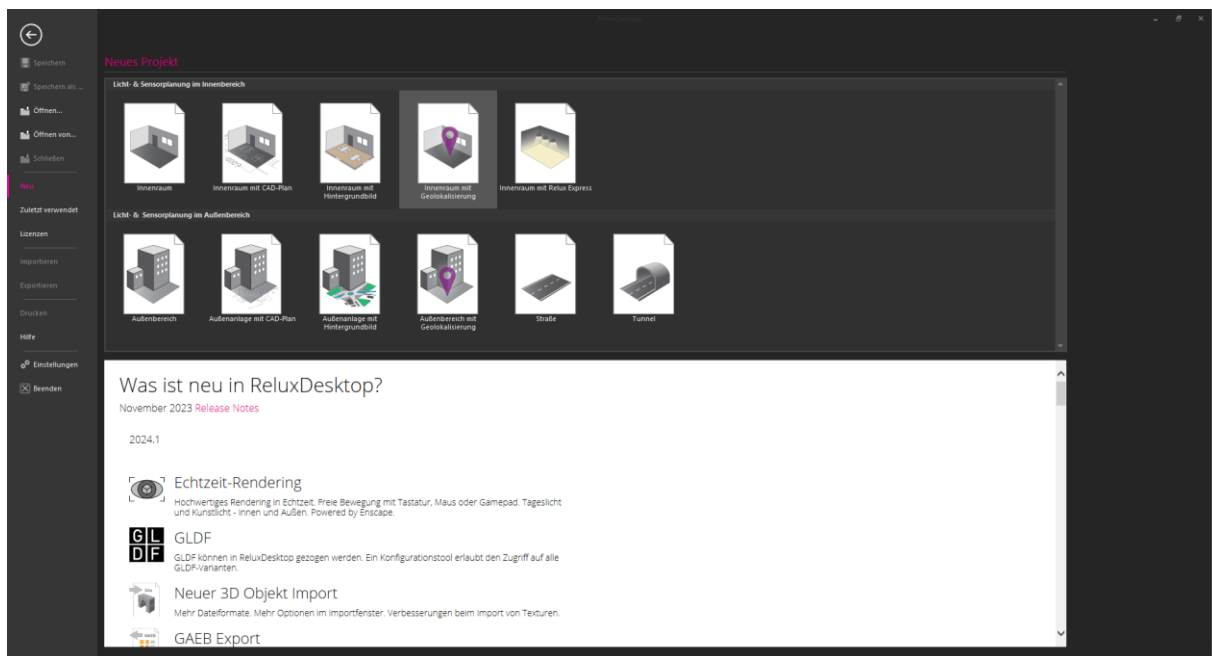


Abbildung 13: Screenshot der ReluxDesktop-Startseite
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Über die Startseite von Relux kann ebenfalls ausgewählt werden, ob ein Innen- oder Außenraum modelliert werden soll und ob für das Projekt eine PDF oder ein CAD-Plan als Grundlage genutzt werden.

Auf der Startseite ist auswählbar, ob ein bereits bestehendes Projekt, das im RDF-Format gespeichert wurde, geöffnet werden soll.

An dieser Stelle ist es wichtig zu erwähnen, dass es empfehlenswert ist, ein Projekt erst in AutoCAD oder Revit zu erstellen, bevor es in Relux integriert wird, wobei Revit noch einmal besonders hervorzuheben ist, da mittels des Relux Plugins ReluxCAD for AutoCAD bereits eine Berechnungsmethode für Licht in Revit integriert werden kann, weshalb ein Arbeiten in Relux nicht zwingend erforderlich ist.

3.3.3 Add-Ons/ Schnittstellen

Relux bietet gegen Entgelt verschiedene Add-Ons an, die unter anderem auch Schnittstellen zu anderen Programmen darstellen. Die aktuelle Liste beinhaltet:

- ReluxThirdParty
- ReluxTunnel
- Relux KCalc
- ReluxEnergy CH
- ReluxCAD for TinLine Plan
- ReluxCAD for AutoCAD
- ReluxCAD for Revit

Diese Add-Ons fungieren je nach Produkt, als Plugin in ReluxDesktop, als Schnittstelle zu bzw. als Plugin in anderen Programmen, wobei die Lizenzüberprüfung über ReluxDesktop stattfindet.

3.4 Revit

Als Gegenstück zu AutoCAD kann man Revit verstehen, das ebenfalls wie AutoCAD von der Firma Autodesk herausgegeben wird. Revit ist aufgrund der objektorientierten Arbeitsweise anders als AutoCAD nicht nur CAD- sondern auch BIM-fähig, wodurch ein Interdisziplinärer Austausch zwischen Architekten, Ingenieuren und Bauexperten möglich ist und gleichzeitig die „ [...] *Planung, Dokumentation, Visualisierung und Bereitstellung* [...]“ von Projekten mit einem Programm erledigt werden kann.⁴⁴ Darüber hinaus ist es möglich mithilfe von Revit Punktwolken im RCP- oder RCS-Format einzulesen, die man als Ergebnis eines Lidar-Scans erhalten kann.⁴⁵ Für Revit stehen ähnlich wie bei AutoCAD auch zahlreiche Plugins⁴⁶ zur Verfügung wie zum Beispiel Enscape der Enscape GmbH, mit Sitz in Karlsruhe, das ein Echtzeitrendering der eigene Revit-Projekte ermöglicht, sodass auf schnellsten Wege, dank zahlreicher Assets, virtuelle Touren durch möblierte und lebendig erscheinende Projekte möglich werden.

⁴⁴ Vgl. Autodesk.de (o.V.), Autodesk Revit: BIM-Software für grenzenlose Gestaltungsfreiheit, in: autodesk.com, URL: <https://www.autodesk.de/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

⁴⁵ Vgl. Autodesk.com (o.V.), Autodesk Revit 2023, Einfügen einer Punktwolkendatei, in: autodesk.com, URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/DEU/?guid=GUID-B89AD692-C705-458F-A638-EE7DD83D694C> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

⁴⁶ Vgl. Autodesk.com, Autodesk App Store, URL: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Home/Index> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

3.4.1 Kosten, Hardware- und Systemanforderungen

Kostenübersicht: Revit 2024			
Abonnement			
Laufzeit	3 Jahre/Nutzer	1 Jahr/ Nutzer	1 Monat/ Nutzer
Kosten	9.907,00 €	3.303 €	411,00 €
Flex			
Anzahl der Tokens	100	500	Individuell (mindestens 120/Jahr)
Preis	328,00 €	1637,00 €	Mindestens 393,00 €

Tabelle 8: Kostenübersicht Revit 2024; Stand: 04.01.2024⁴⁷

Wie Tabelle 8 aufzeigt ist Revit sowohl über ein Abo-Modell als auch über ein flexibles Modell erhältlich. Zu den Flex-Preisen sei noch zu erwähnen, dass diese den Preisen für AutoCAD gleichen, allerdings werden für die Freischaltung von Revit für 24 Stunden 10 Tokens benötigt und nicht, wie bei AutoCAD, 7.

Anders als AutoCAD ist Revit auf direktem Wege nur für Windows 10/11 aus dem Hause Microsoft verfügbar. Dennoch ist auch eine Nutzung von Revit auf Apple-Geräten möglich, indem man Parallels Desktop® der Firma Alludo mit Sitz in Ottawa, Ontario für macOS 10.13 („High Sierra“, oder neuer) nutzt.

In der folgenden Tabelle werden die Systemanforderungen für Windows-Systeme aufgelistet, wobei zu beachten ist, dass sich die Anforderungen am Umfang und der Komplexität der Modelle orientieren. Der Übersicht halber wird hier die Anforderungen für ausgewogene Modelle aufgelistet.

Systemanforderungen für Revit 2024 unter Windows 10/11	
Betriebssystem	64-Bit-Version von Microsoft® Windows® 10 oder Windows 11.
CPU-Typ	Intel® i-Series, Xeon®, AMD® Ryzen, Ryzen Threadripper PRO. 2,5 GHz oder höher.
Arbeitsspeicher	32 GB RAM
Video-Bildschirmauflösungen	Minimum: 1680 x 1050 mit True Color Maximum: Monitor mit Ultra-High-Definition (4K)

⁴⁷ Vgl. wie Anmerkung 44.

Grafikkarte	DirectX 11-fähige Grafikkarte mit Shader Model 5 und mindestens 4 GB Grafikspeicher.
Festplattenspeicher	30 GB freier Festplattenspeicherplatz
Zeigegerät	MS-Mouse- oder 3Dconnexion-kompatibles Gerät
.NET Framework	.NET Framework Version 4.8 oder höher.
Browser	Chrome, Edge oder Firefox
Verbindung	Internetverbindung für Lizenzregistrierung und Download erforderlicher Komponenten

Tabelle 9: Systemanforderungen für Revit 2024 (Windows)⁴⁸

3.4.2 Installation und Anwendung

So wie AutoCAD, kann die Installationsdatei für die aktuelle Version von Revit über die Herstellerseite (www.Atuodesk.de) in Verbindung mit einem Nutzerkonto heruntergeladen werden. Hierbei sollte allerdings erwähnt werden, dass für die Nutzung von ReluxCAD for Revit auch das dazugehörige Plugin heruntergeladen werden muss. Dieses wird nach der Installation des Grundprogramms als MSI-Datei aus dem Autodesk App Store (<https://apps.autodesk.com/de>) heruntergeladen und separat installiert.

Wie an Abbildung 14 zu erkennen ist, ähneln sich die Startseiten von AutoCAD und Revit und auch hier besteht die Möglichkeit ein bestehendes oder ein neues Projekt zu öffnen. Allerdings bietet Revit auch die Möglichkeit Punktwolken, also das Ergebnis eines Lidar-Scans, im RCP- oder RCS-Format zu importieren, sodass ein Modell auf direktem Wege nachgebaut werden kann.

Als zusätzlichen Auswahlpunkt gibt es bei Revit noch die Möglichkeit eine Familie zu öffnen oder neu zu erstellen. Unter Familien versteht Revit Objektklassen, die als Bauplan für Objektinstanzen stehen, die in einem Projekt eingesetzt werden können. Dabei sind diese Familien nicht unveränderbar. Auch während der Bearbeitung eines Modells ist es möglich eine Familie nach Belieben anzupassen. Auch gibt es eine Datenbank mit einer Vielzahl an Familien, die man direkt aus der Autodesk-Cloud herunterladen kann, sodass ein Modell nicht von Grund auf neu erstellt werden muss.

⁴⁸ Vgl. Autodesk.de (o.V.), Systemanforderungen für Revit 2024-Produkte, 08.10.2023, in autodesk.de, URL: <https://www.autodesk.de/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/DEU/System-requirements-for-Revit-2024-products.html#parallels> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

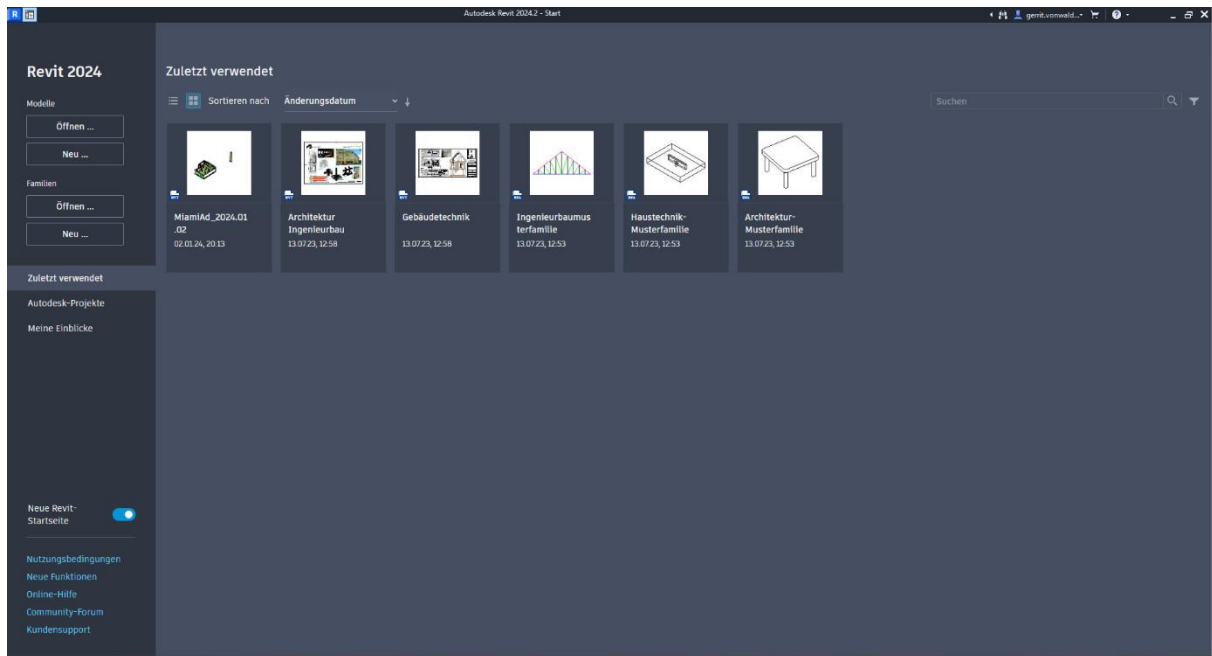


Abbildung 14: Screenshot der Revit-Startseite
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

3.4.3 Add-Ons/ Schnittstellen

Ähnlich wie bei AutoCAD der Firma Autodesk gibt es für Revit tausende Plug-Ins, die dank APIs von zahlreichen Herstellern im Autodesk App Store angeboten werden. Darunter fallen im Rahmen der beliebtesten Plugins des Autodesk App Stores Enscape der gleichnamigen Firma, ProSheets der Firma DiRoots oder Microdesk Accelerator der Firma Symetri US (Microdesk), um nur eine übersichtliche Auswahl zu nennen.⁴⁹

Als Schnittstelle sollte in diesem Rahmen aber nicht ReluxCAD for Revit vergessen werden, welches derzeit das einzige Lichtplanungsprogramm-Plug-In darstellt, das einen Austausch mit Revit ermöglicht. Dieser direkte Austausch zwischen Relux und Revit sorgt dafür, dass in nur wenigen Schritten Modelle mit einer akkuraten Lichtberechnung versehen werden können.

⁴⁹ Vgl. wie Anmerkung 46.

4 Vergleich der Scans von Metaroom® und dem Trimble-System

Der erste, der zwei Untersuchungspunkte dieser Thesis, ist der Vergleich von Scans der App Metaroom® der Handelsmarke Amrax® und dem Scansystem Trimble X7 der Firma Trimble. Dabei muss eingangs festgelegt werden welche Eigenschaften der Scans miteinander verglichen werden, um einen objektiven Vergleich zwischen den beiden Systemen zu ermöglichen.

Im Rahmen dieser Thesis werden daher zwei Kennzahlen miteinander verglichen:

- Prozentuale Übereinstimmung der erfassten Maße für Grundfläche und einzelner Wände
- Zeit, die vergeht bis vergleichbare DWGs vorliegen

4.1 Vergleich der Grundrisse

Die Grundrisse, die miteinander verglichen werden sollen, liegen zwar in unterschiedlichen Datenformaten vor, müssen für einen direkten Überprüfung der Genauigkeiten allerdings vorher vergleichbar gemacht werden.

Der Vergleich der räumlichen Übereinstimmung soll mittels AutoCAD stattfinden, wobei ein aktueller Grundriss des Miami Ad-Gebäudes, der dankenswerterweise von der Hochschule für Angewandte Wissenschaft für diese Thesis zur Verfügung gestellt wurde, als Grundlage dient. Mit diesem Grundriss werden dann die DWG-Dateien verglichen, die zum einem aus dem Trimble-Datensatz und zum anderen aus dem Scan der App Metaroom® gewonnen wurden.

4.1.1 Scan des Raumes mit Metaroom®

Bevor der Grundriss des Raumes aus dem Metaroom® Modell gewonnen werden kann, muss zuvor der Raum gescannt werden.

Dafür wurde ein iPad Pro 11 Zoll der zweiten Generation mit iPadOS-Version 17.1.2 verwendet.

Um einen Scan zu erstellen, wird die App Metaroom® gestartet und ein neuer Scan angelegt. Daraufhin wird man aufgefordert das Gerät auf und abzubewegen, damit der Gyroskop-Sensor kalibriert werden kann (Abbildung 15). Sobald dies geschehen ist, kann direkt mit dem Scan der Räumlichkeiten begonnen werden. Die folgende Abbildung 16 zeigt exemplarisch den Scan einer Raumecke. Darin ist deutlich zu sehen, wie weiße Linien in Echtzeit und in Form von Augmented Reality in das Kamerabild eingezeichnet werden und wie mittels der aufgenommenen Daten bereits ein parametrisches Modell erzeugt wird.

Nachdem auf diese Weise der komplette Raum aufgenommen wurde, muss zum Abschluss des Scans dieser in die Metaroom®-Cloud hochgeladen werden. Bevor dies nicht geschehen ist, wird der Scan zwar lokal auf dem verwendeten Gerät gespeichert, ist dort allerdings nicht einseh- oder bearbeitbar.

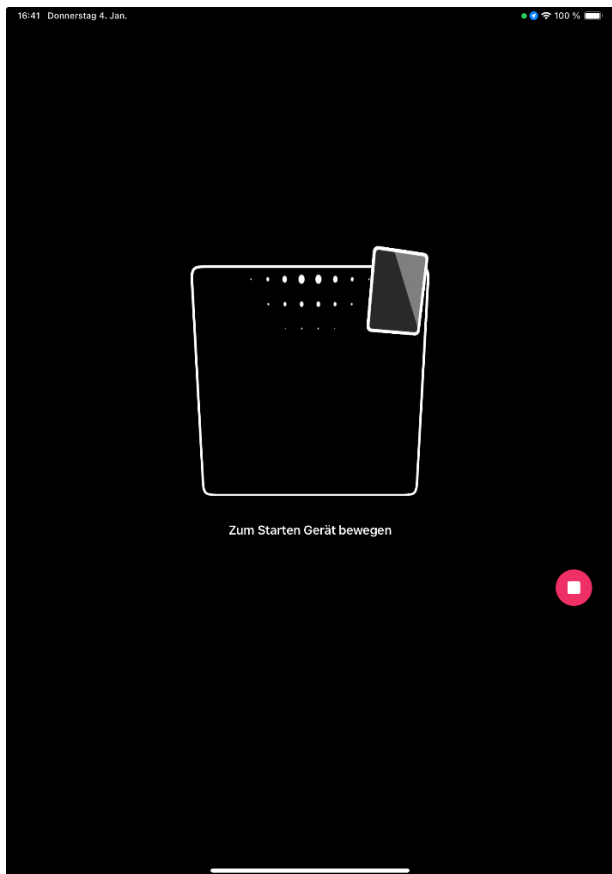


Abbildung 15: Screenshot eines Metaroom®-Scanstarts
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot Metaroom®-Anwendung)

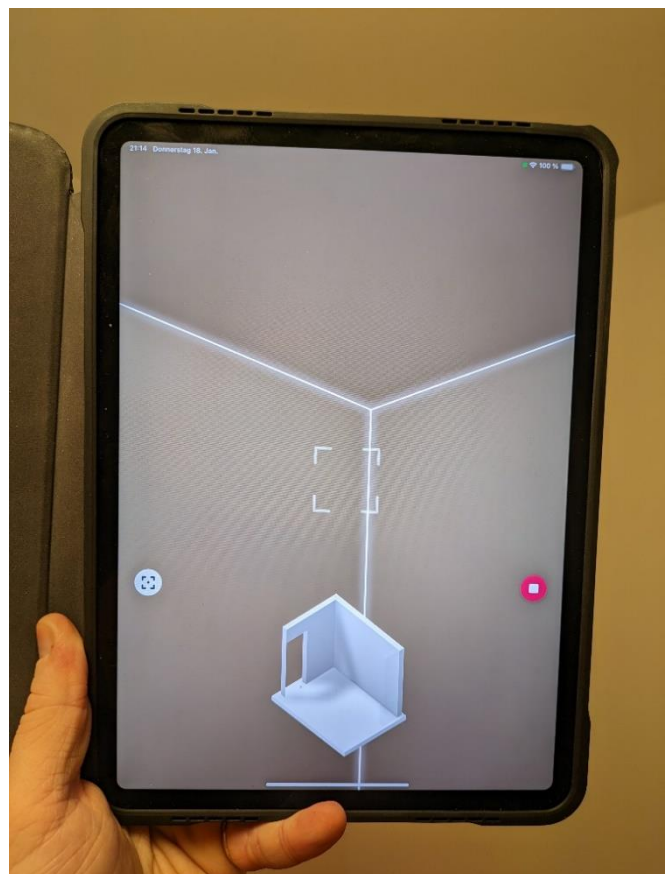


Abbildung 16: Screenshot eines Metaroom®-Scans
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Metaroom)

Nach dem Upload in die Cloud kann der Scan betrachtet oder geteilt werden. Der Export in die verschiedenen Dateiformate ist dabei allerdings nur über den Zugang der Webanwendung möglich.

Für diese Thesis wird das so erstellte Modell in das DXF-Format übertragen, welches als Planungsgrundlage für den Metaroom®-Scan in AutoCAD eingelesen werden kann, dazu später mehr.

Für eine erste Überprüfung kann das Modell allerdings auch direkt in das RDF-Format exportiert werden, um eine direkte Betrachtung in Relux zu ermöglichen. In Abbildung 17 kann der fertige Export des Modells in Relux gesehen werden. Dabei fällt direkt auf, dass von den ursprünglichen 5 Stützen nur 3 erkannt wurden und dabei nur teilweise. Auch entsprechen die Fenster nicht den Originalen, die nach oben hin in einem Bogen zusammenliefen. Dennoch wirkt die grundlegende Struktur des Raumes erfasst. Inwieweit die aufgenommenen Maße allerdings dem Original entsprechen, wird in den folgenden Abschnitten geklärt.

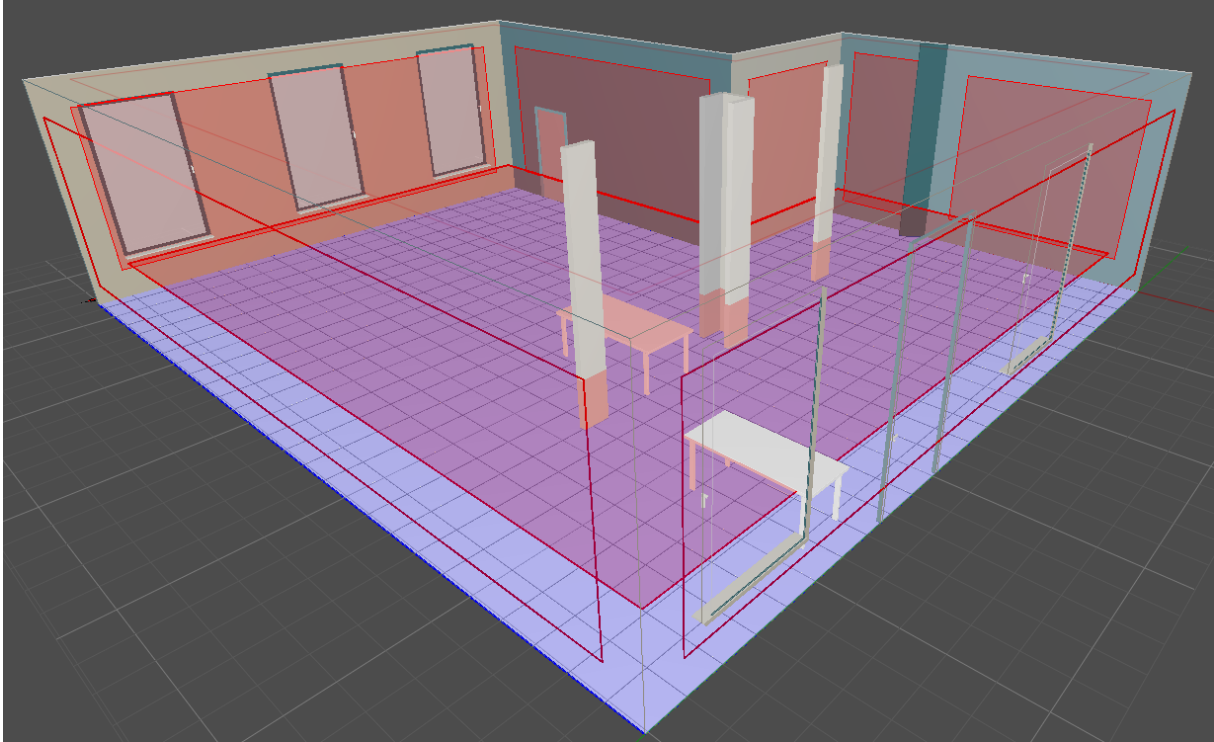


Abbildung 17: Screenshot des exportierten Metaroom®-Scans des Miami Ad-Eingangsbereiches in Relux
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

4.1.2 Vorbereitung der Vergleichsgrundlage der Maße

Wie bereits erwähnt soll für den Vergleich der Scans unter anderem die Genauigkeit der Scans als Vergleichsgrundlage genutzt werden. Dafür wird ein Grundriss des Gebäudes, der als PDF vorliegt, herangezogen, der in einem ersten Schritt in das DWG-Format überführt werden soll, damit nicht nur die Raumflächen, sondern auch einzelne Wände genau ausgemessen werden können. Dabei wurde festgestellt, dass dieser Grundriss, der sämtliche Stockwerke des Miami Ad Gebäudes enthält, skaliert wurde wie Abbildung 18 zeigt, um vermutlich alle Ebenen auf kleinem Raum darstellen zu können.

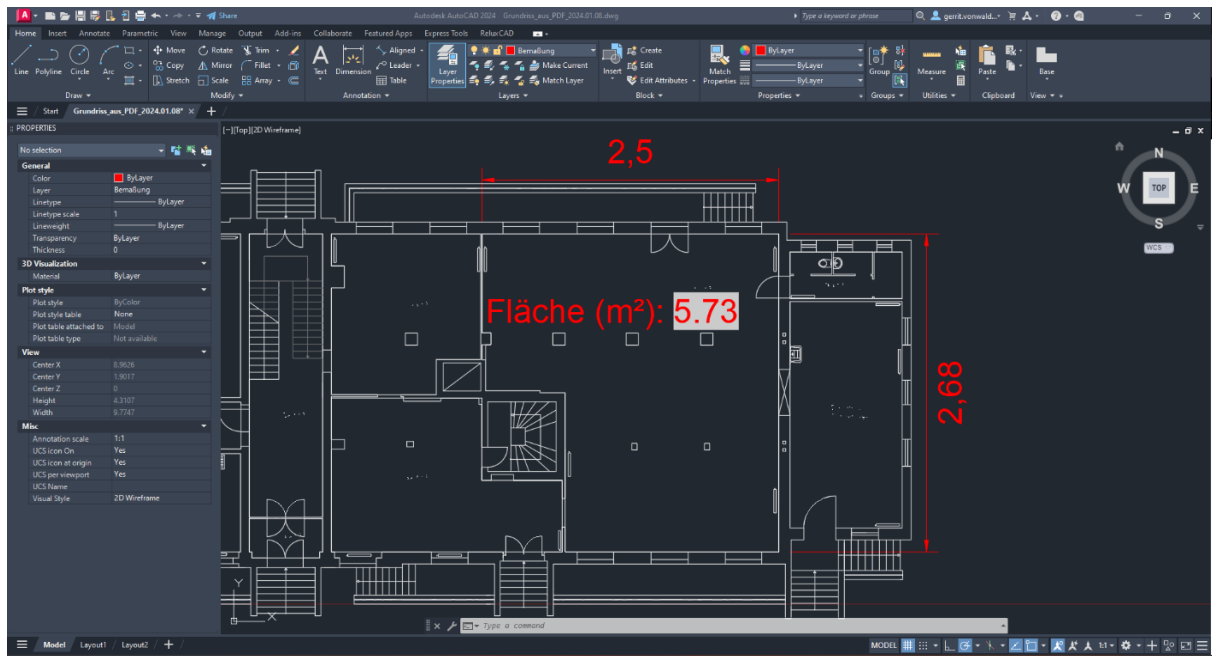


Abbildung 18: Screenshot des nicht skalierten Gebäudegrundrisses
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Aus der zur Verfügung gestellten PDF geht hervor, dass die Grundfläche des Raumes einen Flächeninhalt von 147,4 m² haben sollte, der nicht dem ermittelten Wert in der in Abbildung 18 gezeigten Fläche entspricht. Daher wurde zuallererst anhand der PDF und den darin angegebenen Raumflächen und dem Flächeninhalt des importierten Grundrisses eine Skalierung mithilfe von AutoCAD vorgenommen. Dabei wurde die folgende Formel genutzt, um den benötigten Skalierungsfaktor zu ermitteln:

$$\text{Skalierungsfaktor} = \sqrt{A_{\text{soll}}/A_{\text{ist}}}$$
⁵⁰

Formel 2: Skalierungsfaktor für PDF-Anpassung

Dabei stellt A_{soll} die Fläche dar, die der untersuchte Raum nach dem Skalieren aufweisen soll und A_{ist} den Istzustand, der importierten PDF. Aus den gegebenen und ermittelten Werten wurde dann ein Skalierungsfaktor von aufgerundet 5,074 ermittelt, mit dem die importierte Datei nun skaliert werden konnte.

⁵⁰ Anmerkung: Der Skalierungsfaktor wurde vom Autor dieser Thesis für den oben beschriebenen Vergleich entwickelt/ festgelegt.

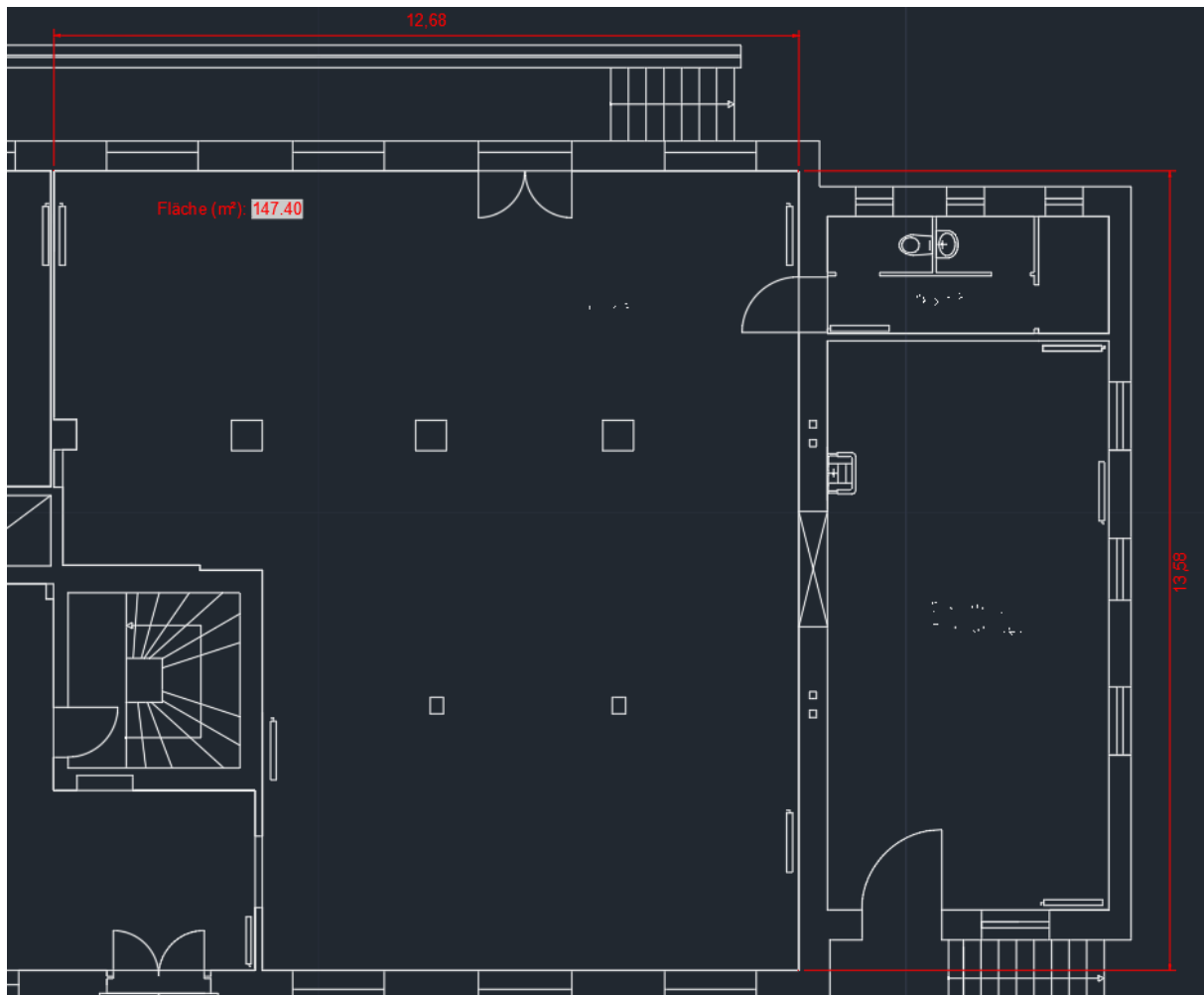


Abbildung 19: Screenshot der importierten PDF nach der Skalierung
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Nach der Skalierung stimmt die Grundfläche des Raumes mit exakt $147,40 \text{ m}^2$ mit den Angaben aus der ursprünglichen PDF überein, sodass davon ausgegangen werden kann, dass auch die raumbegrenzenden Wände nun ebenfalls über die Maße verfügen, die gemäß der PDF für diese vorgesehen, dort aber leider nicht verzeichnet waren.

Da sich die Grundfläche des Raumes aus der Summe mehrerer Teilbereiche des Raumes zusammensetzt, ist davon auszugehen, dass die Grundfläche mit $147,40 \text{ m}^2$ eine gemittelte prozentuale Abweichung enthalten wird. Daher sollen die Wand oben mit $12,68 \text{ m}$ und die Wand zur Rechten mit $13,58 \text{ m}$ in Abbildung 19 als gesonderte Vergleichsgrundlagen dienen.

4.1.3 Vorbereiten der Scans

Die Scan-Daten aus dem Trimble X7-System liegen in mehreren Formaten vor, unter anderem im DWG-Format. Daher ist ein weiteres Bearbeiten des Trimble-Grundrisses nicht von Nöten. Als einzige Anpassung wurde eine Rotation des Raumes durchgeführt, um diesen später ohne Umschweife als XRef einbinden zu können.

Anders ist dies beim Scan der App Metaroom® aus. Diese liegt in ihrer Rohfassung als parametrisches Modell in der herstellereigenen Cloud und nicht in einem exportierfähigen Format vor.

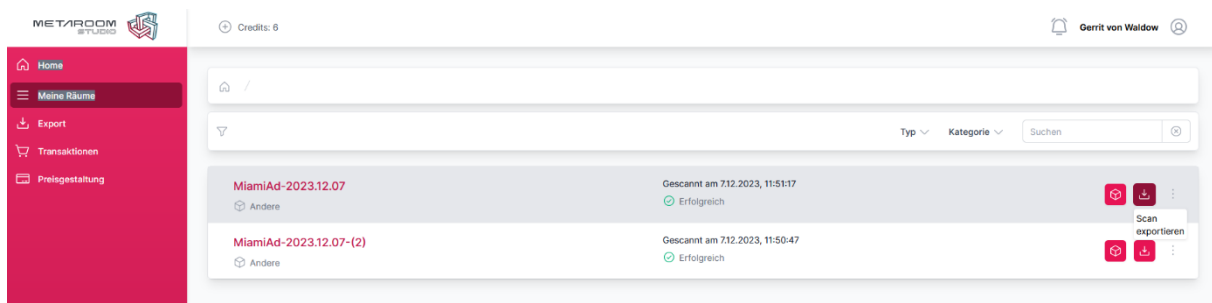


Abbildung 20: Screenshot der Metaroom®-Cloud mit Übersicht der Scans
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Web-Anwendung von Metaroom Studio)

Um den Scan im DWG-Format zu erhalten, muss dieser zunächst aus der Cloud heraus exportiert werden. Abbildung 20 zeigt hierbei die Raumübersicht an, über die dies möglich ist. Dort kann der gewählte Raum dann als DXF-Datei (Autodesk Drawing Interchange File) exportiert werden. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass ein erstmaliges Erstellen einer Exportdatei einen Credit kostet. Weitere Downloads einer bereits erstellten Datei sind dagegen kostenlos.

Dieses DXF-Format kann nach dem Download über die Importfunktion in ein neues oder bestehendes Projekt von AutoCAD importiert werden und wird mit diesem Projekt zusammen als DWG abgespeichert.

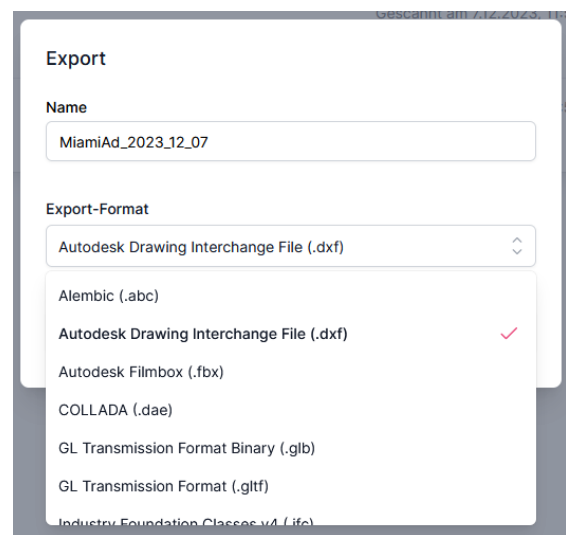


Abbildung 21: Screenshots der Metaroom® Export-Möglichkeiten
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Web-Anwendung von Metaroom Studio)

4.2 Genauigkeit der Scans

Auf Grundlage des PDF-Grundrisses des Gebäudes geht hervor, dass der Raum eine Grundfläche von 147,4 m² haben sollte.

Darüber hinaus sollen, wie bereits erwähnt, die Wand zur Seiten der Eingangstür mit einer Länge von 12,68 m und die Wand zur Rechten mit einer Länge von 13,58 m als weitere Vergleichsgrundlagen erhalten.

Für die weitere Betrachtung werden die untersuchten Maße des Grundrisses der PDF für den Überblick mit kürzeren Bezeichnungen versehen. Die Grundfläche soll dabei als A_{Basis} tituliert werden, die Wand zur Eingangstür als $L_{1, \text{Basis}}$ und die Wand zur Rechten als $L_{2, \text{Basis}}$.

4.2.1 Genauigkeit des Trimble X7-Scans

Dank der Hilfe der Firma Dataport und deren Niederlassung in der Freien und Hansestadt Hamburg, war es möglich auf bestens aufbereitete Daten aus dem Trimble-System zurück greifen zu können. Auf Basis der daraus gewonnenen DWG konnte die untenstehende Abbildung 22 gewonnen werden.

Aus den Daten des Scans geht hervor, dass der Raum eine Grundfläche von 146,69 m² hätte. Des Weiteren betragen die Maße der beiden Referenzwände 12,69 m (Wand, oben) und 13,46 m (Wand, rechts).

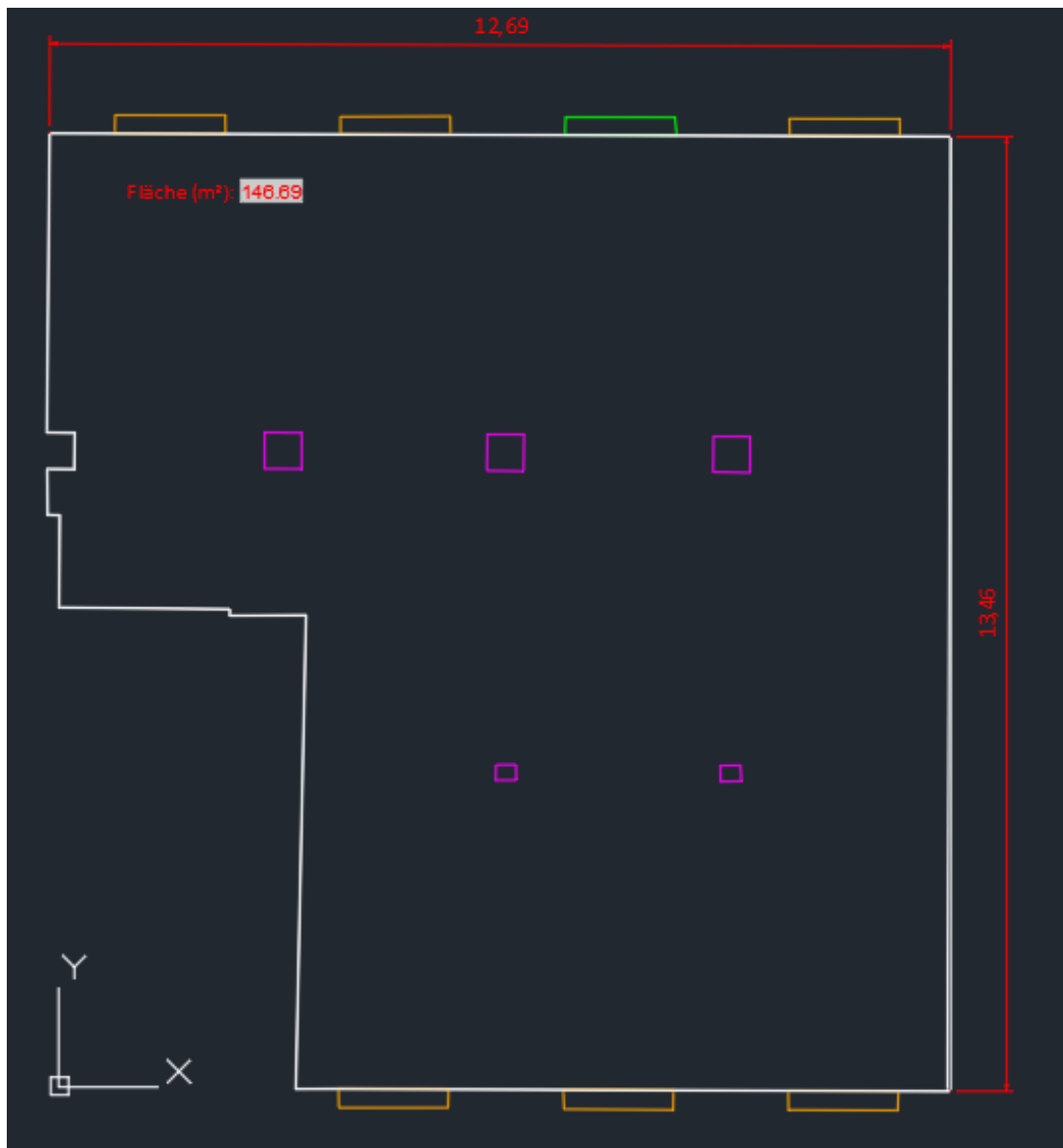


Abbildung 22: Screenshot des bemaßten Trimble-Scan-Exports des Miami Ad- Eingangsbereiches
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Aus dem direkten Vergleich dieser Maße mit denen aus der Vorbereitung (A_{Basis} , $L_{1, Basis}$ und $L_{2, Basis}$) gehen folgende Werte hervor:

$$R_{A, Trimble} = \frac{146,69 \text{ m}^2 \cdot 100\%}{A_{Basis}} = 99,52\%$$

$$R_{L1, Trimble} = \frac{12,69 \text{ m} \cdot 100\%}{L_{1, Basis}} = 100,08\%$$

$$R_{L2, Trimble} = \frac{13,46 \text{ m} \cdot 100\%}{L_{2, Basis}} = 99,12\%$$

Formel 3: Ermitteln der relativen Abweichungen (Trimble X7)

Aus den Berechnungen von Formel 3 geht ein Produkt aller Abweichungen ($R_{A, Trimble}$) von insgesamt 99,52% hervor. Auch die Stichproben der beiden Referenzwände zeigen auf, dass das Trimble-System in der Lage war, den gesamten Raum mit einer mittleren Abweichung von unter einem halben Prozent aufzunehmen. Dabei beträgt die höchste Abweichung von 0,88% ($R_{L2, Trimble}$) auf die Gesamtlänge der Wand bezogen fast 12 cm oder umgerechnet eine Abweichung von 8,8 mm/m.

Ein direkter Abgleich mit diesen Stichproben zur Genauigkeit des Systems, die von Herstellerseiten aus vorliegen, ist mit diesen Werten allerdings nicht möglich, da dazu wesentlich mehr Messungen durchgeführt werden müssten. Dazu kommt, dass sich die Genauigkeit eines Scanner-Systems aus vielen Werten zusammensetzt, wie zum Beispiel die Entfernungs-Genauigkeit, die Winkel-Genauigkeit und die 3D-Punktgenauigkeit, wobei diese gemäß Datenblatt nur in 1-Sigma-Größen vorliegen. Das bedeutet, dass nur 68,26% aller Messwerte die angegebenen Genauigkeiten erreichen, wie Abbildung 23 zeigt.

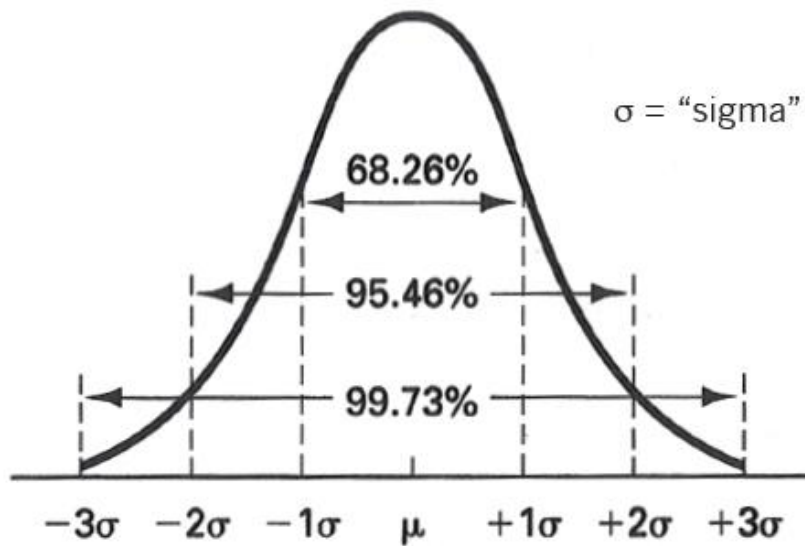


Abbildung 23: Sigma-Chart

Quelle: canadianmetalworking.com,

URL: <https://cdn.canadianmetalworking.com/import/2013/12/Sigma-chart.png?size=1000x>

(zuletzt aufgerufen: 20.01.2024)

Dennoch ist zu vermuten, dass das Ergebnis aus $R_{L2, Trimble}$ als Ausreißer zu betrachten ist und $R_{L1, Trimble}$ eher zu den angegebenen Toleranzen passt.

Dabei sei allerdings noch einzuwenden, dass die Vergleichsgrundlage, die aus der PDF gewonnen wurde, ebenfalls Ungenauigkeiten enthalten könnte, in Form von Rundungsfehlern durch die Skalierung oder beim Aufmaß, oder aber unter Umständen ein Auszug der Planungsunterlagen darstellt, die in ihrer Umsetzung ebenfalls gewissen Toleranzen unterliegen.

Nichtsdestotrotz vermitteln diese Werte ein gewisses Gefühl über die Genauigkeit des Laserscanning-Systems.

4.2.2 Genauigkeit des Metaroom®-Scans

Mithilfe des DXF-Exports aus der Metaroom®-Cloud, war es möglich einen Import des Metaroom®-Scans in AutoCAD durchzuführen und diesen mit der PDF-Grundlage zu vergleichen.

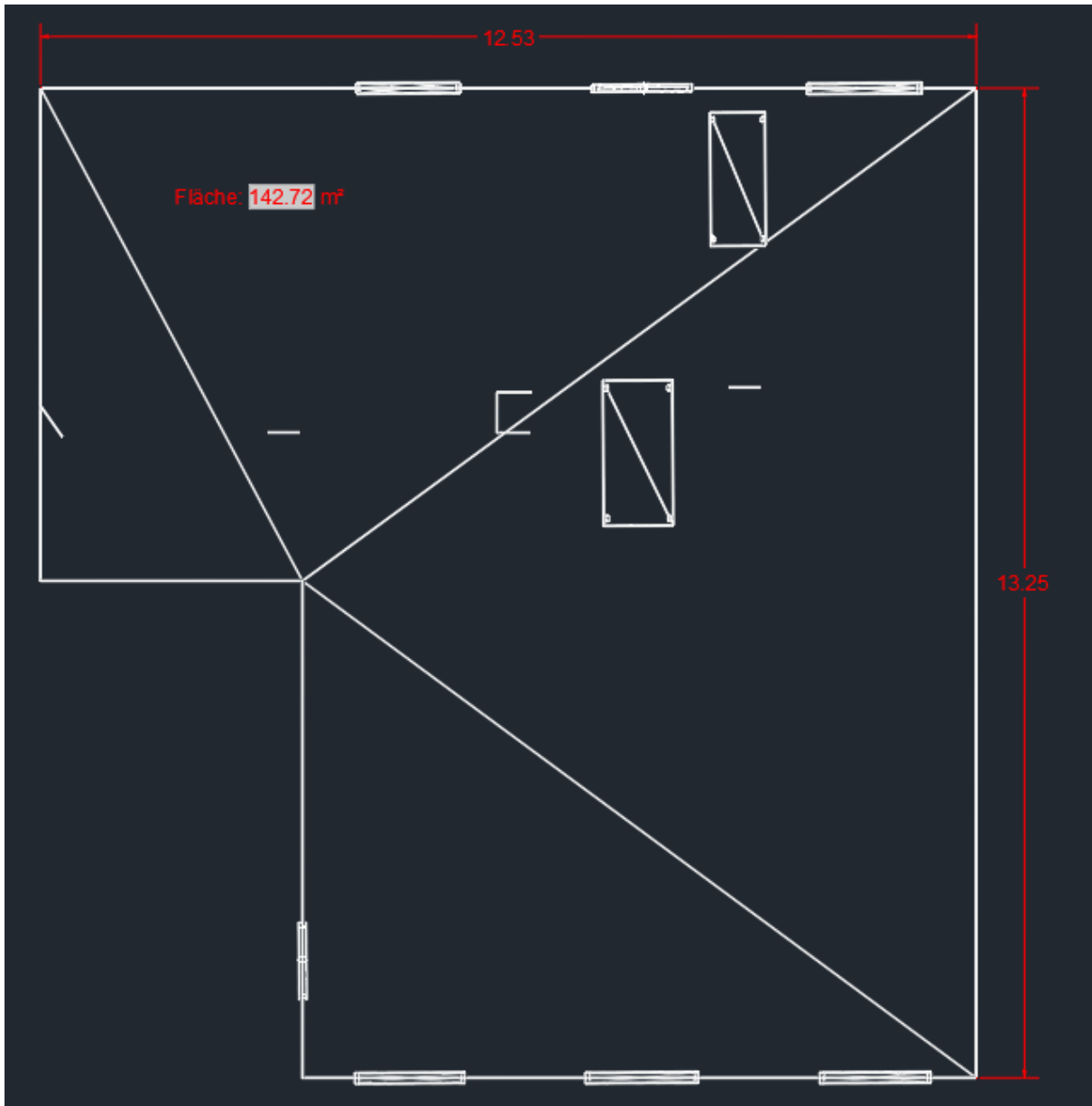


Abbildung 24: Screenshot des bemaßten Metaroom®-Scan-Export
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Wie in Abbildung 24 zu erkennen ist, liegen im Metaroom®-Scan eine Fläche von 142,72 m² vor, sowie für die beiden Wände 12,53 m (oben) und 13,25 m (rechts). Gemäß der Umrechnung, die bereits für den Trimble-Scan durchgeführt wurde, werden folgende Genauigkeiten daraus gewonnen:

$$R_{A, \text{Metaroom}} = \frac{142,72 \text{ m}^2 \cdot 100\%}{A_{\text{Basis}}} = 96,82\%$$

$$R_{L1, \text{Metaroom}} = \frac{12,53 \text{ m} \cdot 100\%}{L_{1, \text{Basis}}} = 98,82\%$$

$$R_{L2, \text{Metaroom}} = \frac{13,25 \text{ m} \cdot 100\%}{L_{2, \text{Basis}}} = 97,57\%$$

Formel 4: Ermitteln der relativen Abweichungen (Metaroom®)

Deutlich ist durch Formel 4 zu erkennen, dass die Messungen des Metaroom®-Scans eine Abweichung von im Schnitt 3,18% beinhalten, wobei die beiden referenzierten Wände mit einer maximalen Abweichung von 2,43% ($R_{L2, \text{Metaroom}^\circ}$) höhere Genauigkeiten aufweisen. Es ist zu vermuten, dass ein anderer Teil des Scans, eventuell eine nicht erfasste Geometrie die stärkere Abweichung von $R_{A, \text{Metaroom}^\circ}$ verursacht, darauf wird im Fazit noch einmal eingegangen.

Ander als beim Trimble-System, lassen sich diese Ergebnisse gut mit den Untersuchungen vergleichen, die im Vorfeld bereits genannt wurden. Dort wurde berichtet, dass die Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement bei einem Abstand von 2,5 m eine Abweichung von $\pm 0,8$ cm bis $\pm 2,1$ cm ermittelt hatte und bei einem Abstand von 5,0 m eine Abweichung von $16,7$ cm $\pm 8,5$ cm.⁵¹

Umgerechnet in eine Abweichung pro Meter würde das Ergebnis von $R_{L2, \text{Metaroom}^\circ}$ eine Abweichung von 2,43 cm/m ergeben und $R_{L1, \text{Metaroom}^\circ}$ sogar 1,18 cm/m. Damit wäre der kleinere Wert innerhalb der ermittelten Abweichungen für einen Abstand von 2,5 m und die höhere Abweichung mit einem Wert von 2,43 cm/m knapp außerhalb. Dabei muss angemerkt werden, dass die Messdistanz bei der Datenaufnahme zwischen 2,5 m und 3 m lag, sodass auch dieser Wert nicht überrascht.

4.3 Benötigte Zeit für die Scans

Ein weiterer Betrachtungspunkt für einen Vergleich der beiden Scan-Systemen ist die Zeit, die vergeht, bis die fertigen Daten vorliegen. Dabei ist es interessant zu wissen, wie lange das Scannen an sich dauert und wie lange die aufgenommenen Daten aufbereitet werden müssen, um damit in AutoCAD, oder Revit weiterarbeiten zu können.

4.3.1 Benötigte Zeit (Trimble X7)

Wie schon bei der Beschreibung des Trimble-Systems erklärt wurde, gibt es verschiedene Modi, in denen das System operieren kann, um einen Scan durchzuführen. Dabei unterscheiden diese sich im Grad der Genauigkeit und dementsprechend auch in der Zeit, die für einen einzelnen Scan benötigt wird.

Für den Scan des Miami Ad-Gebäudes am 07.12.2023 wurde eine hochauflösende Scanstufe mit HDR-Bildern gewählt, um ein sehr gutes Scanergebnis mit einer hohen Genauigkeit zu erzielen. Für die Durchführung eines einzelnen Scans wurden so 4:30 min in Anspruch genommen, wobei das System einen Teil dieser Zeit für die Aufnahme der Umgebungsbilder verwendet hatte.

Aus den vier Scanposition ergibt sich somit eine Gesamtzeit von 18 Minuten, wobei grob zehn Minuten länger von Nöten waren, um die Scanstation umzustellen und für die automatisierte Zusammenführung der einzelnen Scans, sodass grob von einer halben Stunde Gesamtzeit ausgegangen werden kann. Bei einer wesentlich geringeren Auflösung des Scans, wären theoretisch auch Zeiten von 15 min bis 20 min möglich, um sämtliche Daten zu erheben.

⁵¹ Vgl. wie Anmerkung 33.

Dabei darf allerdings nicht vergessen werden, dass für die Weiterverarbeitung der Daten weitere Zeit benötigt wird. Je nach Auslastung des Scananbieters, falls diese Tätigkeit extern beauftragt wurde, können durchaus, ein bis zwei Werktage oder länger vergehen.

Sollte das Aufbereiten der erfassten Daten intern erfolgen, wären sehr wahrscheinlich 5 bis 10 Minuten für die Aufarbeitung pro Standpunkt von Nöten, sowie geschätzte 10 Minuten, um ein fertiges und bereinigtes Datenpaket für den Versand fertig zu machen. Dadurch würden insgesamt für einen Scan von vier Standpunkte ca. 30 - 50 Minuten zwecks Nachbearbeitung eingeplant werden müssen.

4.3.2 Benötigte Zeit (Metaroom®)

Anders als beim Trimble-System gibt es für Metaroom® keine unterschiedlichen Genauigkeitsstufen, mit denen ein Scan durchgeführt werden kann. Die Limitierung des Programms beruht vor allem auf der abnehmenden Genauigkeit bei steigender Distanz. Für einen Raum, wie dem aus dem Miami Ad-Gebäude, bedeutet dies, dass ein Operator der Metaroom® App sich zu sämtlichen Objekten, Fenstern, Türen und Wände, die aufgenommen werden sollen, bewegen muss, um diese zu erfassen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass Metaroom® mithilfe der bildgestützten Objekterkennung direkt ein parametrisches Modell des Raumes erstellt. Dies setzt wiederum voraus, dass im Vorfeld sämtliche Fenster und Türen geschlossen werden sollten und Objekte wie Tische und Stühle voneinander entfernt werden, damit diese einzeln klassifiziert werden können. Diese Vorkehrungen können weitere Zeit in Anspruch nehmen.

Für den Scan des Raumes mit einer Grundfläche von rund 147m² und kaum Mobiliar, wie Abbildung 25 zeigt, wurden in zwei unterschiedlichen Scans ca. 10 bis 15 Minuten gebraucht, um alles zu erfassen.



Abbildung 25: Panoramabild des gescannten Raumes
Quelle: Eigene Darstellung

Dabei ist zu beachten, dass ein Scan im Nachgang in die Metaroom®-Cloud hochgeladen werden muss, um diesen weiterverarbeiten zu können. Je nachdem wieviel Bandbreite zur Verfügung steht, können diese Uploads ebenfalls ein bis zwei Minuten dauern.

Die so hochgeladene Datei, kann dann über den Webzugriff weiterbearbeitet werden, wobei ein Export und Download einer DXF-, oder RDF-Datei im Schnitt zwei Minuten dauert.

Insgesamt ist es also möglich einen Raum in weit weniger als einer halben Stunde, oftmals sogar in weniger als 20 Minuten als fertigen Scan weiterverarbeiten zu können.

4.4 Zusammenfassung der Beobachtungen

Aufgrund der vorliegenden Datenlage ist es nicht möglich zu überprüfen, inwieweit die Messergebnisse genau mit den örtlichen Begebenheiten übereinstimmen, da sämtliche Maße aus Plänen stammen, die nur in Zentimeter-Genauigkeit erfasst wurden. Die Genaue Überprüfung der Messgenauigkeiten wäre mit Sicherheit ein weiteres interessantes Themenfeld, auf das noch näher eingegangen werden könnte, den Umfang dieser Thesis allerdings überschreiten würde.

Dennoch bieten die Daten die Möglichkeit ein Gefühl für die beiden Scan-Systeme zu erhalten, sodass ein objektiver Vergleich möglich ist.

Es ist deutlich zu erkennen, dass das Trimble-System eine wesentlich höhere Genauigkeit aufweist als der Scan mithilfe der App Metaroom®. So sind mitunter Genauigkeiten von 100,08% erreicht worden, also eine Abweichung von weniger als ein Promille. Darüber hinaus wurden durch das Trimble-System sämtliche Bestandteile des Raumes erfasst und in der Punktwolke festgehalten. So enthält die Punktwolke Informationen zu den Maßen in allen drei Raumdimensionen. Dies gilt vor allem für die Türen, die Säulen und Heizkörper, die teilweise oder gar nicht, durch Metaroom® identifiziert und somit nicht in das Metaroom®-Modell eingefügt wurden. In der Punktwolke sind diese alle enthalten.

Die von Apple angegebenen Genauigkeiten und durch Untersuchungen verifizierten Aussagen zu den Genauigkeiten, ließen sich in Stichpunkten auch in diesem Vergleich reproduzieren und sind im Rahmen einer Lichtplanung, die als Beobachtungsstandpunkt dieser Thesis dient, durchaus ausreichend. Denn auch Lichtberechnungsprogramme müssen mit einer gewissen Toleranz gegenüber den Genauigkeiten der eigenen Ergebnisse rechnen. So sind mitunter Toleranzen von 10% und mehr möglich, sodass eine Messtoleranz von weniger als 4% bei Metaroom® vertretbar ist.⁵² Dennoch wurden, wie bereits erwähnt einige Objekte durch die Bilderkennung nicht erfasst, sodass diese vollständig fehlten (Heizkörper). Diese sind zwar für die Lichtberechnung nicht notwendig, machen ein Modell allerdings realistischer und greifbarer, wenn sie mit bedacht und eingefügt werden.

Im Kontext der Zeit, die für eine Aufnahme der Daten benötigt wird, ist Metaroom® der klare Favorit, wenn nicht über einen eigenen Scanner verfügt wird. Wenn ein solcher zur Verfügung steht, ist damit zu rechnen, dass Dank der direkten Überführung der Daten in ein parametrisches Modell durch Metaroom® zwar viel Zeit bei der Nachbearbeitung gespart werden kann, allerdings wird diese Zeitersparnis durch eventuelle Eingriffe in der direkten Überarbeitung des Modells im Nachhinein wieder aufgebraucht. Die Scans im Miami Ad-Gebäude haben gezeigt, dass keine, der in Abbildung 25 gezeigten Säulen, durch Metaroom® akkurat erkannt wurde und diese somit in der Modellierung nachträglich eingefügt werden müssten.

⁵² Vgl. Trilux.com (o.V.), Lichttechnische Planungs-Software Dialux und Relux, in: trilux.com, URL: <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/innenraumbeleuchtung/weitere-kriterien-der-beleuchtung/beleuchtungsplanung/lichttechnische-planungs-software-dialux-und-relux/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

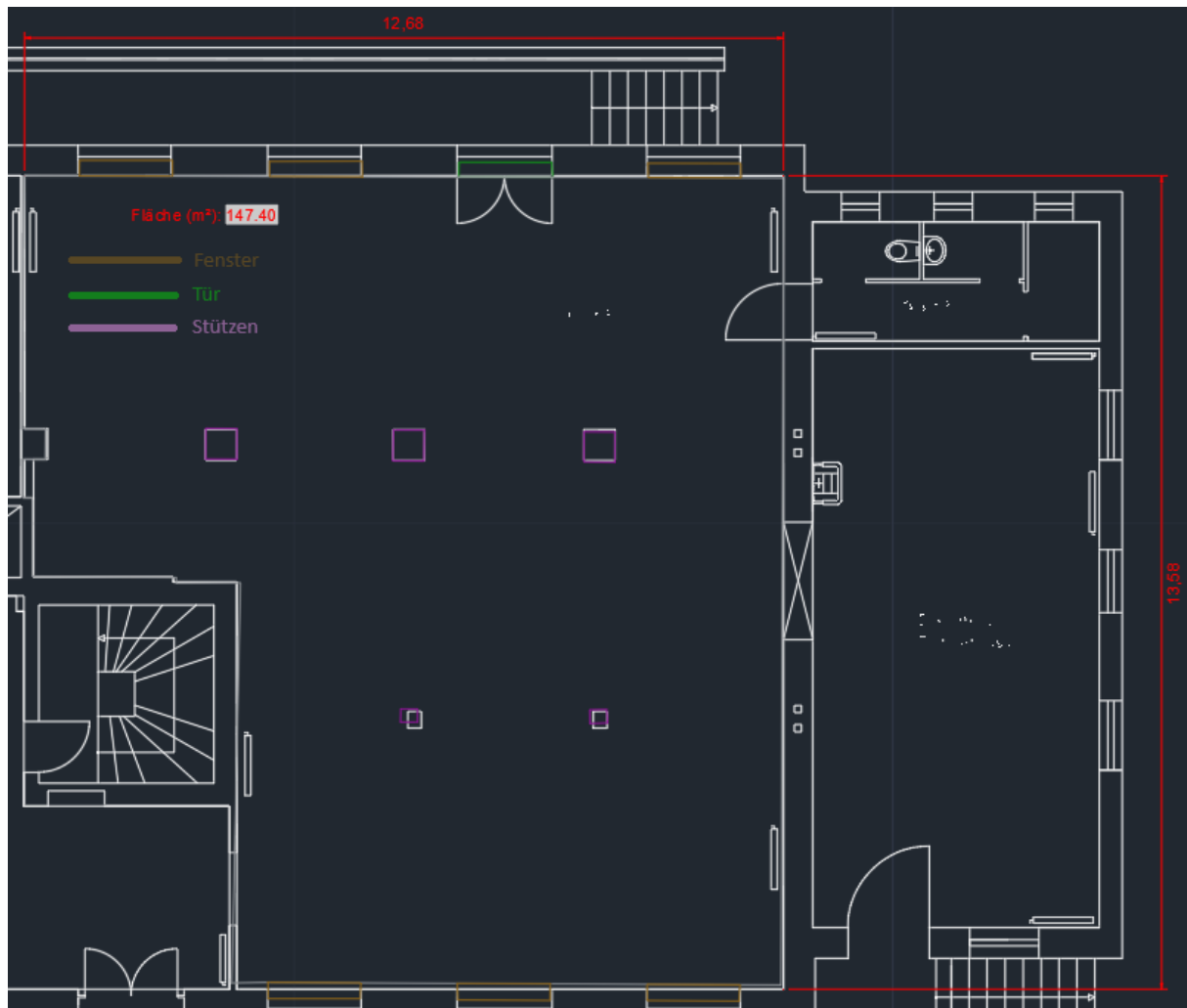


Abbildung 26: Screenshot der Überlagerung des PDF-Grundrisses und dem Trimble-Scan
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Die Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen, zwecks optischer Überprüfung, eine Überlagerung des PDF-Grundrisses mit den Scan-Ergebnissen der beiden Scansysteme. Dabei wird nochmal deutlich, dass eine äußerst hohe Übereinstimmung mithilfe des Trimble-Systems erzeugt werden konnte (Abbildung 26). Die gelb eingefärbten Fenster und die grüne Tür, liegen mit hoher Genauigkeit in den Bereichen, die der PDF-Plan für diese vorsieht. Auch die violett gefärbten Stützen sind sehr akkurat platziert, wobei die kleineren gewisse Abweichungen erkennen lassen. Der etwas kürzer geratene Raum, dem wie vorher beschrieben 12 Zentimeter fehlen, macht sich durch den leichten Versatz der unteren Fenster nach oben hin in Abbildung 26 bemerkbar.

Der grün gefärbte Metaroom®-Scan in Abbildung 27 zeigt deutliche Abweichungen zur vorliegenden Planungslage. Zwar enthält dieser Tische, die neben der Tür und zwischen den Stützen standen, allerdings sind die zuletzt genannten Stützen (gelb hervorgehoben) nicht vollständig oder gar nicht (rot umrahmt) erfasst worden. Die automatische Objekterkennung ist somit Vor- und Nachteil für die App Metaroom®. Zwar wird in Echtzeit ein parametrisches Modell erstellt, allerdings werden bis auf

rudimentäres Mobiliar, sowie Fenster und Türen viele Objekte im Raum nicht erkannt und somit von der App ignoriert und dementsprechend nicht in das Modell aufgenommen.

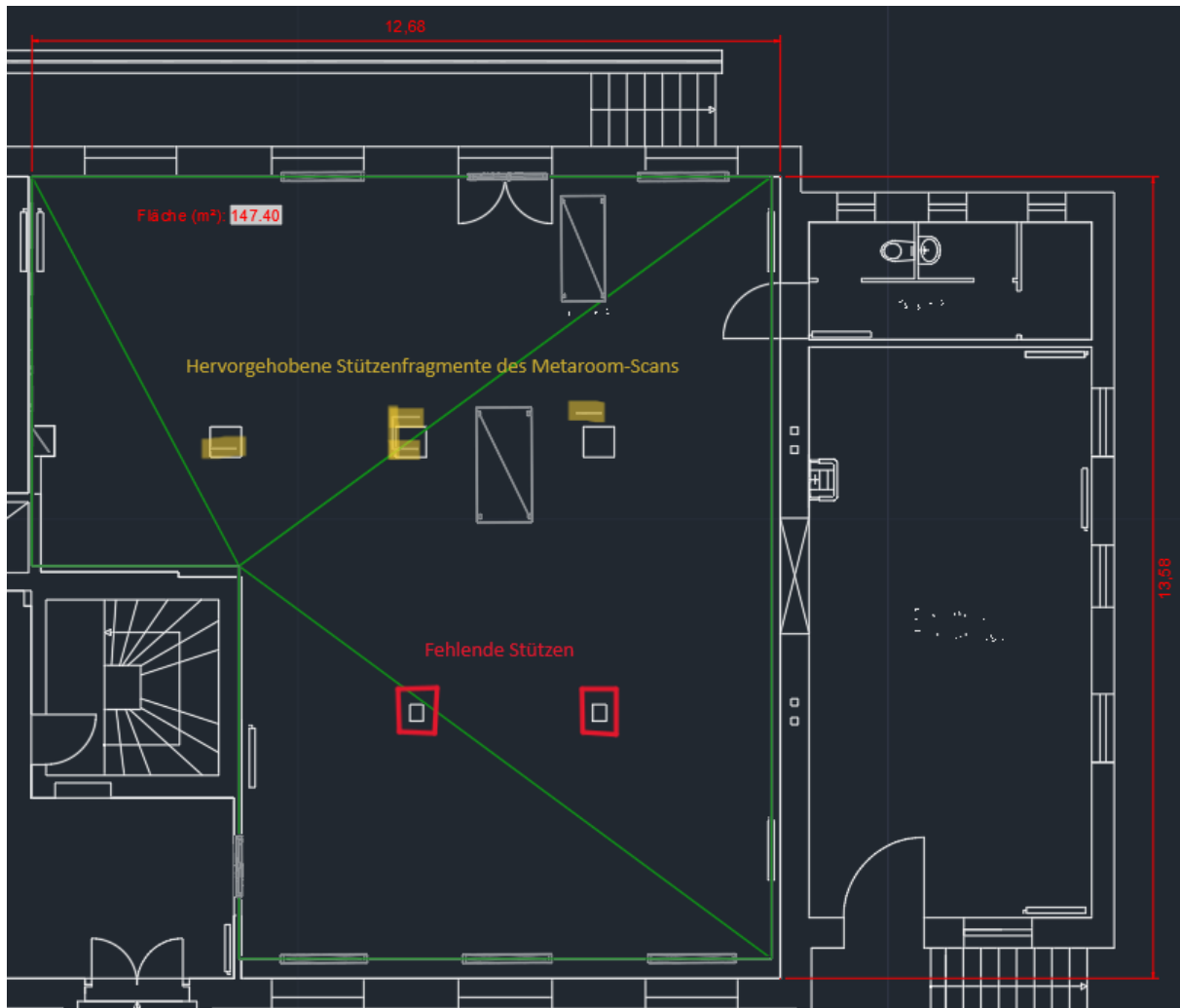


Abbildung 27: Screenshot der Überlagerung des PDF-Grundrisses und dem Metaroom®-Scan
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

4.5 Fazit des Scanvergleichs

Der Vergleich der untersuchten Scans zeigt deutlich, dass in punkto Genauigkeit definitiv einem Laserscanning-System wie dem Trimble X7 der Vorzug zu geben ist.

Dennoch haben auch die Scans der App Metaroom® ausreichende Genauigkeiten erzielt und dabei sehr viel Zeit eingespart, auch wenn manche Objekte im Modell nachbearbeitet werden müssten.

Aufgrund der gegenwärtigen Preisgestaltung am Markt, ist für einen Einstieg in die Thematik des Laserscannings in Verbindung mit Lichtberechnungsprogrammen eindeutig Metaroom® heranzuziehen. Wobei angemerkt werden sollte, dass Räumlichkeiten mit hohen Decken nicht mehr akkurat erfasst werden können und das auch gewölbte Decken vereinfacht als ebene Flächen dargestellt werden.

Abschließend darf gesagt werden, dass Metaroom® eine ideale Alternative für kleinere bis mittlere Projekte darstellt, sofern kein Laserscanningsystem wie von Trimble oder anderen namhaften Herstellern vorliegt. Größere Projekte, mit Blick auf Deckenhöhen und Messungenauigkeiten, sollten allerdings weiterhin mit Laserscanning-Systemen durchgeführt werden.

Die folgende Tabelle 10 soll die Vor- und Nachteile der beiden Systeme klarer vergleichbar machen.

Übersichtstabelle: Vergleich von Metaroom® und Trimble			
System	Lidar-Scanner (Dritter)	Lidar-Scanner (Eigener)	Metaroom®
Genauigkeit	Sehr hoch	Sehr hoch	Ausreichend
Scanzeit	2 bis 4 Minuten/ Scanpunkt + 5 bis 10 Minuten zum Zusammenfügen (Ca. 4 Punkte bei 150 m ²)	2 bis 4 Minuten/ Scanpunkt + 5 bis 10 Minuten zum Zusammenfügen (Ca. 4 Punkte bei 150 m ²)	Ca. 10 bis 15 Minuten für 150 m ²
Bearbeitung der Scans	Halber Tag bis zu mehrere Tage	5 bis 10 Minuten/ Scanpunkt + 10 Minuten Export	Entfällt dank automatischer Bildererkennung
Objekterfassung (Interior)	Sämtliche Objekte	Sämtliche Objekte	Einige können entfallen
Leasing	Entfällt	Rund 520 €/ Monat	Entfällt
Kaufpreis	Dienstleistungsangebot	Rund 29.000 € ⁵³	Ca. 1.200 € (iPhone)
Nutzererfahrung	Entfällt	Hohe Nutzererfahrung nötig	Geringe bis keine Nutzererfahrung nötig

Tabelle 10: Übersichtstabelle: Vergleich von Metaroom® und Trimble

⁵³ Vgl. Scankraft.com, Faro Focus Core, in: scankraft.com, URL: <https://www.scankraft.com/produkt/faro-focus-core/> (zuletzt aufgerufen: 17.01.2024)
Anmerkung: Preise eines vergleichbaren Faro Focus Core; Stand: 17.01.2024.

5 Revit oder AutoCAD

So wie die Technologisierung in unserem Alltag immer weiter voranschreitet, so findet sich ebenso im Bauwesen ein stetiger Wandel der verwendeten Werkzeuge, die alle Gewerke betreffen. Auch Lichtplaner nehmen diese Entwicklungen wahr und müssen sich dementsprechend in ihrem Arbeitsalltag anpassen.

Vor rund 40 Jahren waren es CAD-Programme, die es als erste einer aufkommenden Digitalisierung in die Büros geschafft haben und heute den Standard darstellen. Doch die Entwicklung ist mittlerweile bei BIM angekommen und der Möglichkeit Gewerke übergreifend an ein und demselben Projekt zu arbeiten, auch auf digitaler Ebene.⁵⁴

Erst 2018 hat die Bundesarchitektenkammer das Fortbildungsprogramm BIM-Standard Deutscher Architekten- und Ingenieurkammern ins Leben gerufen und setzt sich für eine zukunftsgerichtete Ausbildung nachfolgender Architekten ein, die in absehbarer Zukunft BIM als Planungsstandard ansehen dürften.⁵⁵

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage für Lichtplaner in welchem System Lichtplanung und Lichtberechnungen in absehbarer Zeit durchgeführt werden sollten. Eine Frage, die der folgende Teil zu erörtern versucht.

5.1 Erstellen eines Modells in Revit

Wie im Vorfeld bereits erwähnt, ist Revit ein BIM-fähiges Programm, das dank des AutoCAD for Revit Plugins eine direkte Schnittstelle zu Relux anbietet.

Bei der Konstruktion des Revit-Modells wird die Möglichkeit Revits genutzt Punktwolken als Planungsgrundlage zu verwenden. Wichtig ist dabei zu beachten, dass die Punktwolke idealerweise im RCP-Format vorliegt nebst Dateiordner für RCS-Daten, die die eigentlichen Informationen der Punktwolke tragen. Abbildung 28 zeigt das Ergebnis des Imports in Revit.

Für die Untersuchung des Plugin ReluxCAD for Revit und den Nutzen des Programms für Lichtplaner, soll der Import dabei als Grundlage für das eigentliche Modell dienen und kann so noch nicht als solches betrachtet werden. Die Erstellung des Modells soll folgend beschrieben werden.

⁵⁴ Vgl. Müller, Martin, Vorwort, in: Beetz, Jakob, u.a., BIM für Architekten. Digitale Planung in der Hochschul-Ausbildung, Berlin 2022, S. 4, in: bak.de, URL: <https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-planende-digital-durchstarten/leitfaeden-bim-fuer-architekten/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

⁵⁵ Vgl. Beetz, Jakob, u.a., BIM für Architekten. Digitale Planung in der Hochschul-Ausbildung, Berlin 2022, S. 7, in: bak.de, URL: <https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-planende-digital-durchstarten/leitfaeden-bim-fuer-architekten/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Nachdem in einem ersten Schritt die Scandaten eingelesen wurden, muss zunächst dafür gesorgt werden, dass einzelne Wände im Import zu erkennen sind und dass diese nachgebaut werden können. Diese sind zwar über die in der 3D-Ansicht vorhandene Gitterbox darstellbar, besitzen bis auf Ebene 1, die als Draufsicht direkt beim Import erstellt wird, allerdings keine weiteren Referenzen, wie zum Beispiel die Deckenhöhe. Daher werden zunächst mithilfe der Ebene 1 vertikale Schnitte in der Punktwolke platziert. Diese können dann als Seitenansichten genutzt werden, sodass es möglich ist, Ebene 1 auf die Höhe des Fußbodens zu verschieben und eine weitere Ebene als Vorlage für die Oberkanten der zu zeichnenden Wände. Die beiden Ebenen werden idealerweise sodann als Unterkante Erdgeschoss (UKEG) und Oberkante Erdgeschoss (OKEG) bezeichnet, um diese später im Projekt besser identifizieren zu können. Abbildung 29 zeigt die beiden eingezeichneten Ebene UKEG und OKEG in einem der beiden vertikalen Schnitte.

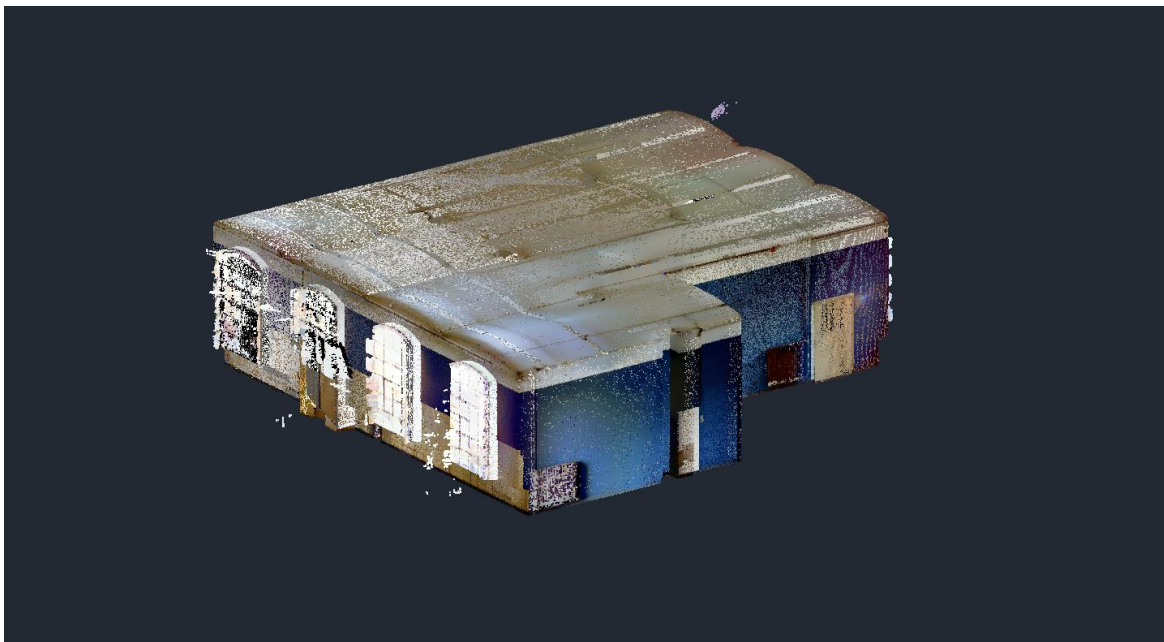


Abbildung 28: Screenshot der importierten Punktwolke aus dem Trimble-Scan in Revit
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

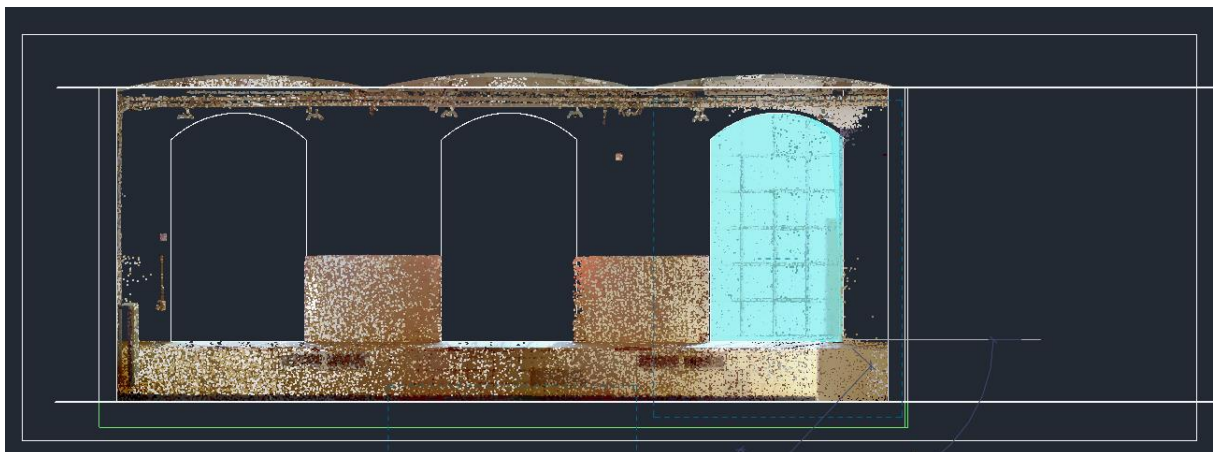
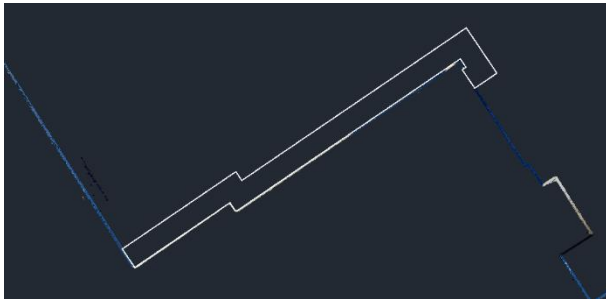


Abbildung 29: Screenshot der im Projekt platzierten Ebenen
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Sobald die beiden Ebenen platziert sind und die Ebene UKEG als Arbeitsebene festgelegt wurde, ist es möglich die Wände des Raumes anhand der Punktwolke zu platzieren. Die Ebene OKEG kann dabei als Oberkante der Wände festgelegt werden, sodass sich diese an der Höhe der Ebene orientieren und ebenso hoch sind.

Abbildung 30 stellt ein erstes Wandstück dar, das anhand der blauen Linien, die von der Punktwolke herkommen, eingezeichnet wird.



Auf diese Weise werden nach und nach alle Wandelemente in das Modell eingezeichnet, bis der komplette Umriss des Raumes nachgezeichnet wurde, wie in Abbildung 31.

Abbildung 30: Screenshot eines neu eingezeichneten Wandstückes
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

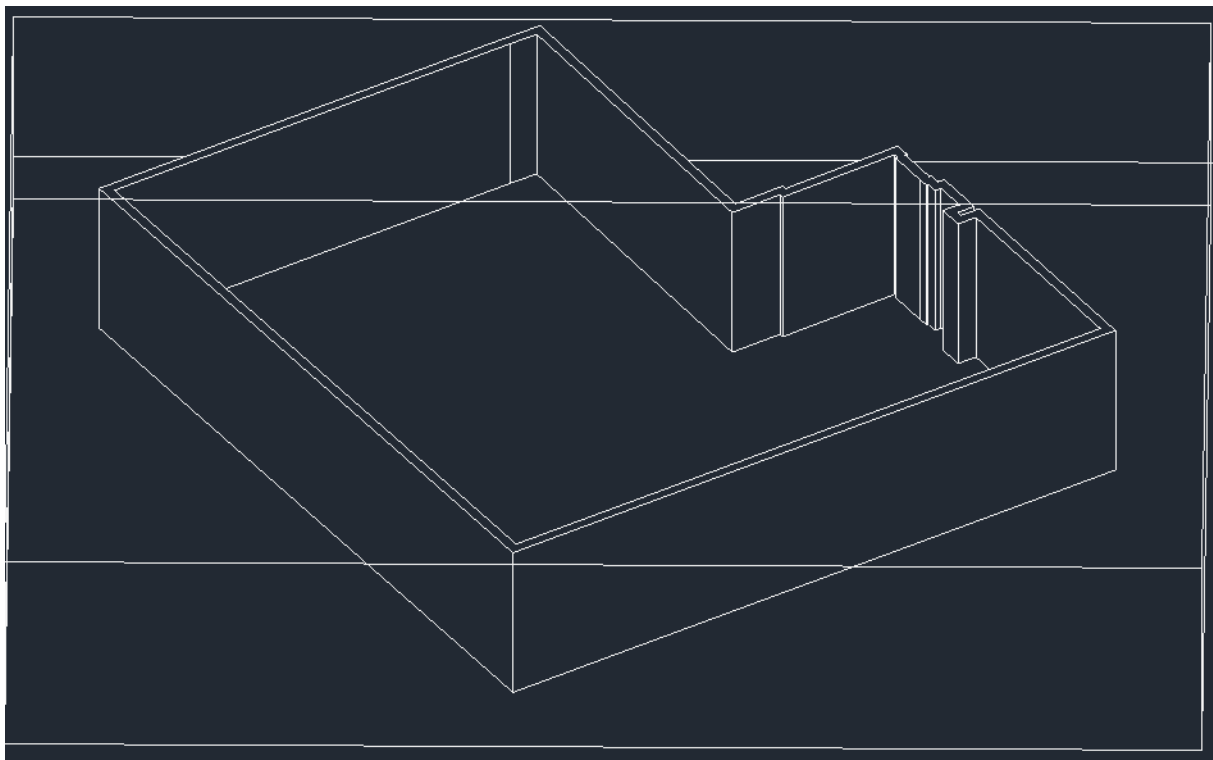


Abbildung 31: Screenshot des Raumumrisses in Revit
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Sobald sämtliche Wände im Raummodell eingezeichnet wurden, sollten danach der Boden und die Decke entlang des Umrisses platziert werden. Dies ist sowohl automatisch als auch manuell möglich,

wobei die automatische Umsetzung im verwinkelten Bereich in Abbildung 31 Probleme und deswegen fehlerhafte Flächen produzierte.

Anschließend können alle weiteren Raumelemente, die zur Architektur gehören platziert werden. Darunter fallen tragende Stützen, Fenster und Türen, sowie die vier Heizkörper, die sich im Raum wiederfinden. Dabei dient wieder die angeschnittene Punktwolke als Grundlage (Abbildung 32).

Diese Objekte werden durch Revit in Familien strukturiert. Eine Familie ist dabei eine Art Objektklasse, die sämtliche Parameter enthält, die eine spätere Instanz eines Objektes, welches in einem Projekt eingesetzt werden kann, an das Objekt vererbt. Da es eine Vielzahl an verschiedenen Familien gibt, die nicht in jedem Projekt gebraucht werden, sind diese zu Beginn eines Projektes nicht geladen worden.

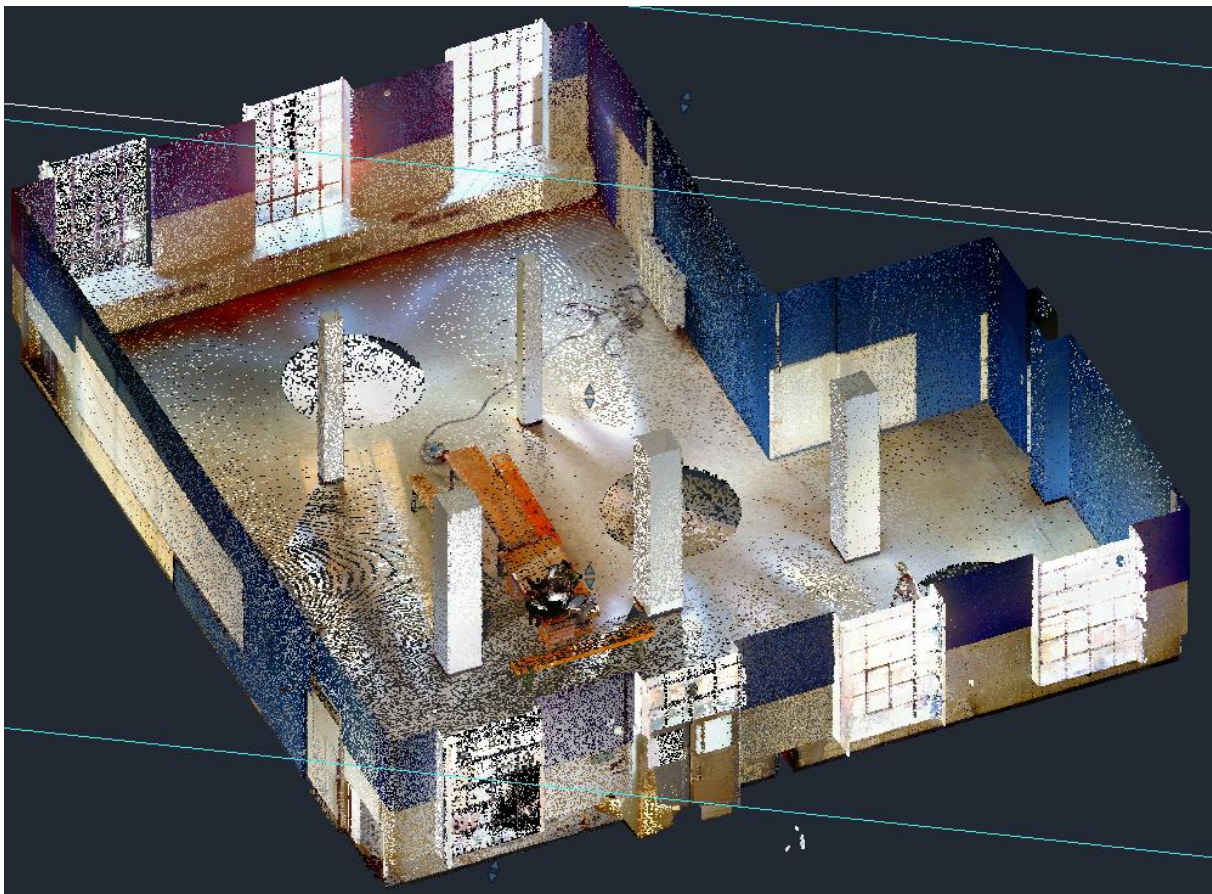


Abbildung 32: Screenshot der angeschnittenen Punktwolke aus dem Trimble-Scan
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Das Laden einer Familie geschieht über den Reiter Einfügen in Revit. Dort gibt es verschiedene Möglichkeiten Familien zu laden, wobei für dieses Projekt die Option genutzt wurde Familien als Autodesk-Familie zu laden, sprich die entsprechenden Daten über eine Datenbank von Autodesk zu beziehen.

Abbildung 33 zeigt das Interface samt Filter, mit dessen Hilfe Familien in das aktuelle Projekt geladen werden können. Dafür kann entweder ein Filter, oder eine Suchmaske benutzt werden, um eine Auswahl an Familien zu erhalten. Diese können dann einzeln oder zu mehreren ausgewählt und anschließend heruntergeladen werden.

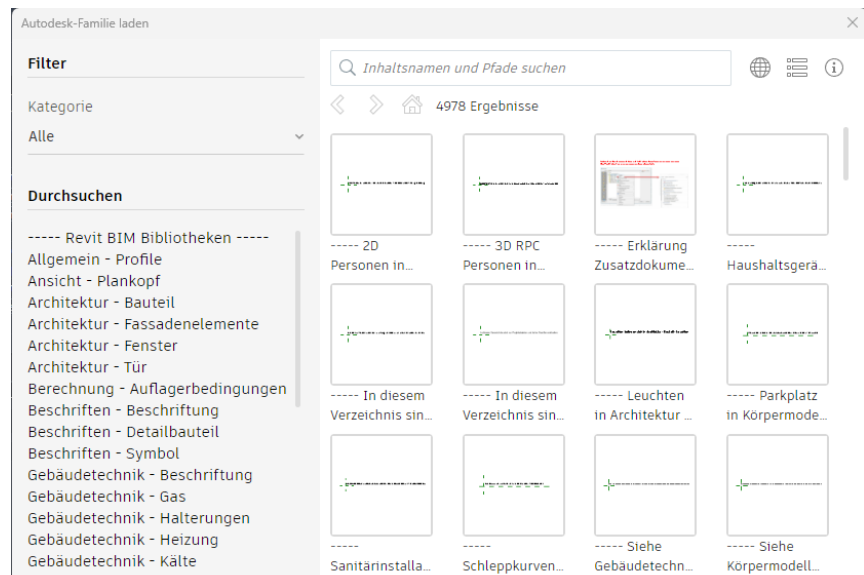


Abbildung 33: Screenshot des Fensters "Autodesk Familie laden"
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Objekte wie die Fensterbank, die in Abbildung 34 zu sehen ist, sind wesentlich spezifischer und können mithilfe der Funktion Projektkörper in der Rubrik Körpermodell & Grundstück, als projektspezifische Elemente eingefügt werden. Dabei wird das jeweilige Objekt im einfachsten Fall als Grundriss gezeichnet und extrudiert, um zum Beispiel eine Fensterbank zu erstellen.

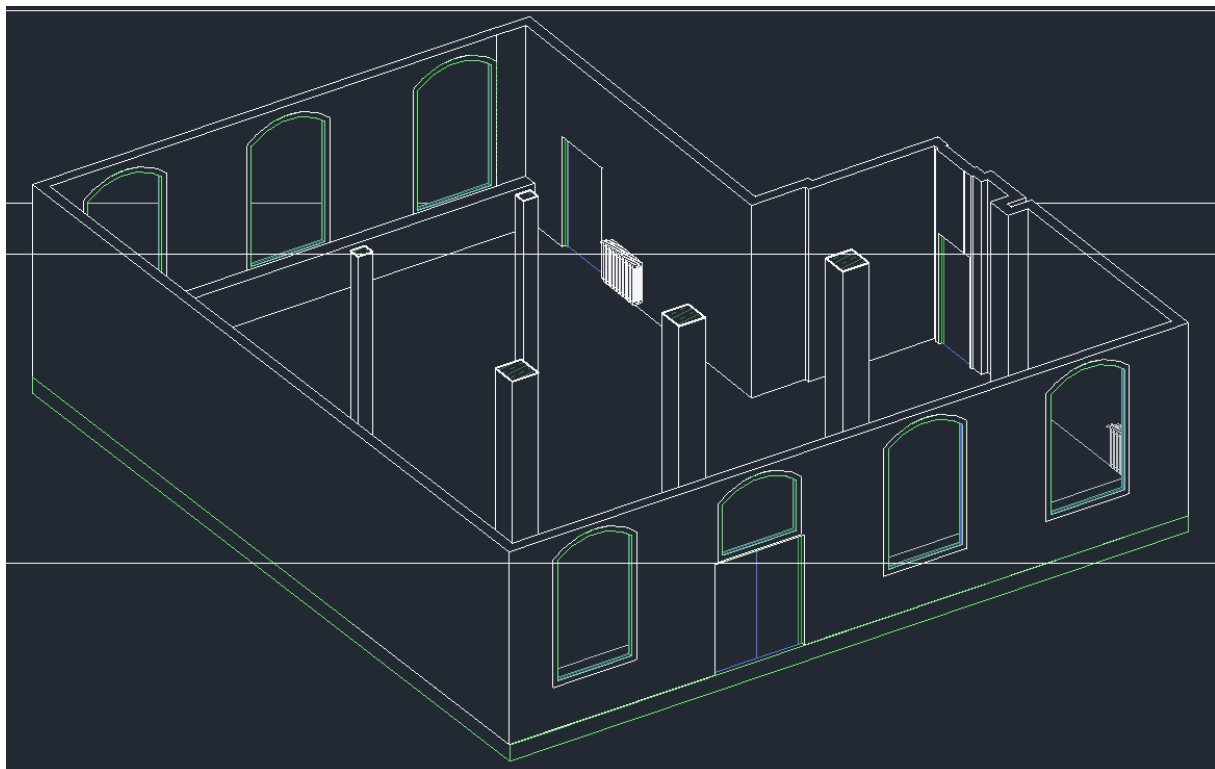


Abbildung 34: Screenshot des Revit-Modells mit eingefügten Objekten
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

5.2 Lichtberechnung mit Revit

Nachdem nun ein vollständiges Modell des Raumes in Revit erstellt wurde, kann als nächster Schritt die Lichtberechnung erfolgen. Dank des Plug-Ins ReluxCAD for Revit, steht dazu eine eigene Rubrik namens Relux in Revit zur Verfügung (Abbildung 35).



Abbildung 35: Screenshot des ReluxCAD-Plug-Ins in Revit
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Um diese nutzen zu können muss der zuvor modellierte Raum mit einem Raumstempel versehen werden, der in der Rubrik Architektur mithilfe der Schaltfläche „Raum“ eingefügt werden kann. Durch diese Benennung des Raumes entsteht eine eindeutige Zuordnung mitsamt Namen, die essenziell ist für die Arbeit mit dem Plug-In. Wichtig ist dabei zu beachten, dass nach der Erstellung des Raumstempels dessen Parameter abzuändern sind. In der Standardeinstellung definiert dieser den Raum ausgehend von der gewählten Ebene bis zur gewählten Ebene. Auf diese Weise ist keine Lichtberechnung möglich. Abbildung 36 zeigt die Einstellung „Obergrenze“, die mit der Deckenebene belegt werden muss.

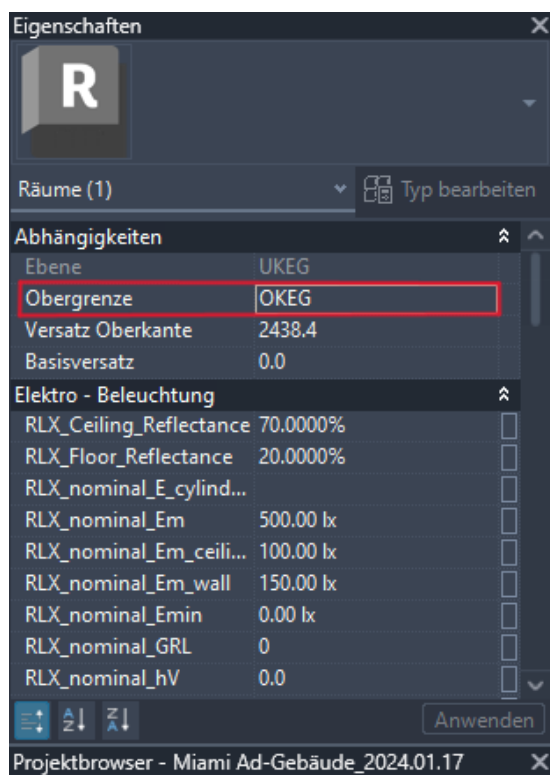


Abbildung 36: Screenshot der Raumeigenschaften in Revit
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Damit ist es möglich in der Relux-Raumverwaltung den modellierten Raum als eigenständigen Raum auszuwählen und Eigenschaften wie das Nutzungsprofil oder Berechnungsparameter zu hinterlegen.

Leuchten, die für die Lichtplanung von Nöten sind können über ReluxNet bezogen werden. Eine entsprechende Schaltfläche dazu findet sich ebenfalls unter dem Reiter Relux.

ReluxNet selbst ist eine Datenbank von hunderten Leuchtenherstellern, die dort circa eine Million Produkte mit den dazugehörigen Datenblättern und Informationen beinhaltet. Mithilfe von ReluxNet ist es möglich eine Suchmaschine nutzend Leuchten gemäß einstellbarer Filter oder Volltextsuche zu finden, und diese Dank verschiedener Dateiformate in diverse Anwendungen zu laden. Sämtliche dort enthaltene Daten werden von Herstellerseite aus bereitgestellt und

bilden ein umfangreiches Kompendium an Leuchten ab.⁵⁶

Nachdem eine Leuchte als Objektklasse, oder Familie als Download für Revit heruntergeladen wurde, können einzelne oder mehrere Instanzen des gewählten Leuchtentyps im Modell platziert werden, wie Abbildung 37 zeigt.

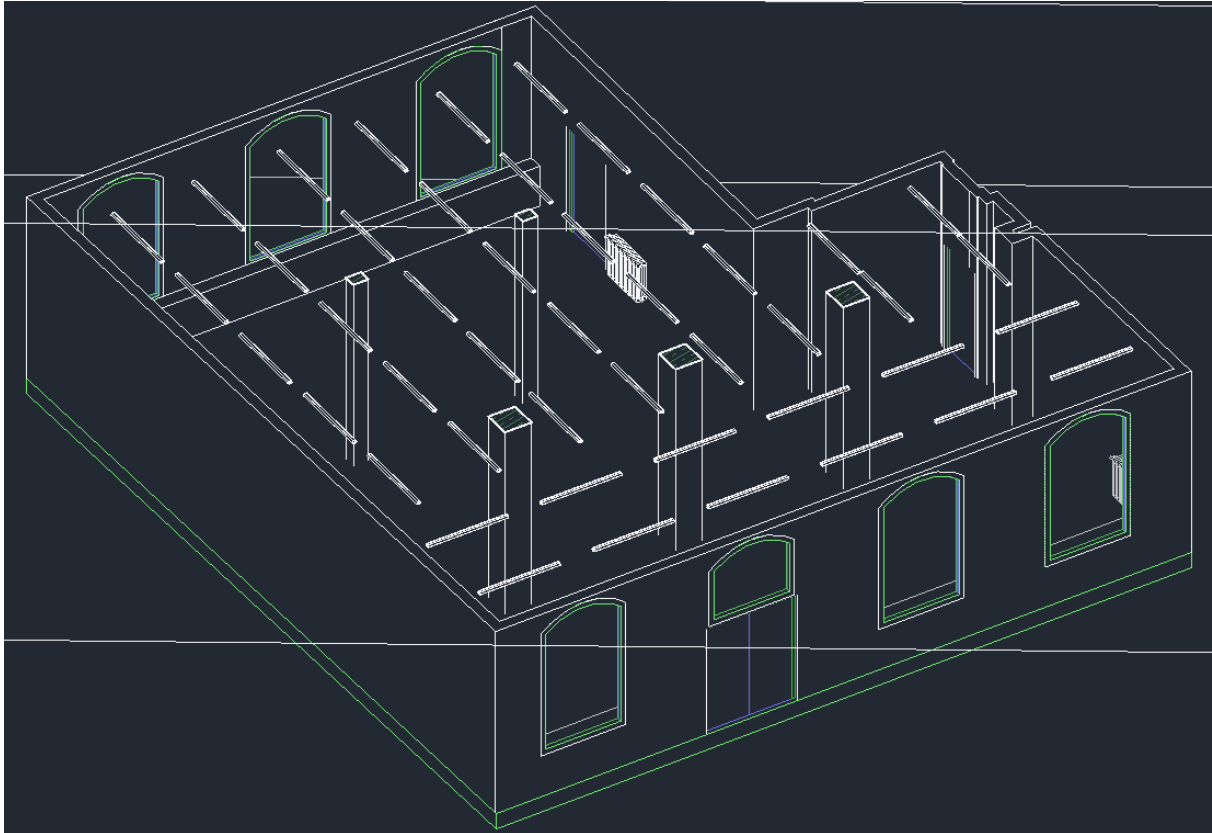


Abbildung 37: Screenshot des Revit-Modells mit eigens eingefügten Leuchten
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

Bei der Platzierung der Leuchten ist zu beachten, dass das Revit-Plug-In vier verschiedene Modi beinhaltet mit denen Leuchten platziert werden können. So ist neben der Standard-Einfügeoption auch die Möglichkeit gegeben Leuchten auf einer vertikalen oder horizontalen Fläche und auf der gewählten Arbeitsebene zu platzieren. In diesem Modell wurde aufgrund der ähnlichen Form zu den Bestandsleuchten die Leuchte Licross® 11 Protected extreme HO vom Hersteller Siteco gewählt. Dabei handelt es sich um eine Pendelleuchte mit einer Systemleistung von 86,1 W, der Schutzart IP64 und einem Systemlichtstrom von 14055,93 Lm bei 163,30 Lm/W. Die Werte dieser Leuchte, die für den Projektrahmen viel zu hoch angesetzt sind, waren wie bereits erwähnt nur sekundär betrachtet worden.⁵⁷

⁵⁶ Vgl. Relux.com (o.V.), DIE Suchmaschine ReluxNet® für Leuchten und Sensoren, in: relux.com, URL: <https://reluxnet.relux.com/de/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

⁵⁷ Vgl. Relux.com (o.V.), Siteco Datenblatt 51TP12DN4EXLE, in: relux.com, URL: https://relux.com/de/search/datasheet/siteco/stc_licross_r_11_pr_bbe6986bcdf2edd7/stc_51tp12dn4exle/@adj_132794/0001/13-127243-86.1-14070--4000k-.pdf (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

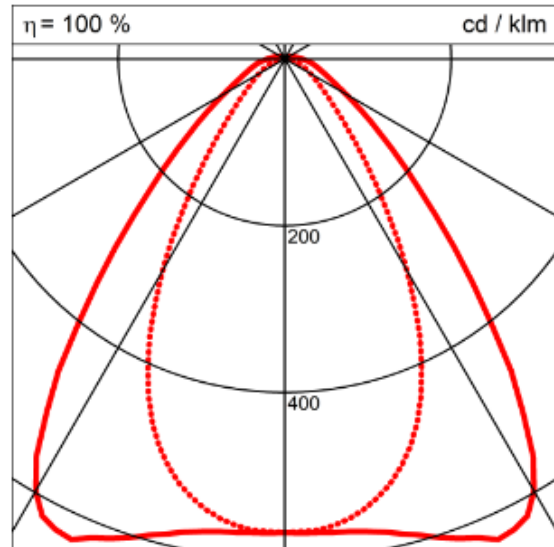


Abbildung 38: Screenshot der verwendeten Siteco-Leuchte

Quelle: Relux.com, URL:

https://relux.com/de/search/datasheet/siteco/stc_licross_r_11_pr_bbe6986bc2edd7/stc_51tp12dn4exle/@adj_132794/0001/13-127243-86.1-14070- -4000k-.pdf (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024)

Bei der Platzierung der Leuchten ist es noch einmal wichtig zu erwähnen, dass in den Eigenschaften des Raumstempels Unter- und Oberkante korrekt definiert sind. Wenn dies vergessen wird, kann es mitunter zu Problemen kommen, bei denen die Leuchte nicht richtig positioniert wird und durch ReluxCAD nicht wahrgenommen werden kann.

Sobald dieser Schritt abgeschlossen ist, kann die Berechnung der Beleuchtungssituation erfolgen.

Die Ergebnisse dieser Lichtberechnung entsprachen dabei mit einer gewissen Toleranz denen, die nach dem Export des Modells in das RDF-Format in Relux ermittelt wurden (Tabelle 11). Die Abbildung 39 und die Abbildung 40 zeigen hierbei Screenshots der Berechnungsergebnisse, welche für ein Nutzungsprofil wie zum Beispiel die Nutzung des Raumes als Unterrichtsraum ($\bar{E}_m \geq 500 \text{ lx}$) viel zu hoch sind.⁵⁸

Lichtberechnungsergebnisse aus ReluxCAD for Revit und Relux			
	ReluxCAD for Revit	Relux	Übereinstimmung (%)
\bar{E}_m	3339 lx	3460 lx	96,50
E_{\min}	2120 lx	2240 lx	94,64
E_{\max}	4212 lx	4290 lx	98,18
U_0	0,63	0,65	96,92

Tabelle 11: Lichtberechnungsergebnisse aus ReluxCAD for Revit mit Relux im Vergleich

⁵⁸ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN 12464-1, Berlin 2021, S.71.

<RLX_CalculationAreas>				
A	B	C	D	E
Name	Eav	EMin	EMax	Uo
UKEG				
Raum Eingangsbereich				
Nutze. 1.1	3339 lx	2120 lx	4212 lx	0.634951
M 1.1 (W)	1628 lx	800 lx	2321 lx	0.491747
M 1.2 (W)	1044 lx	633 lx	1273 lx	0.606432
M 1.3 (W)	1529 lx	755 lx	2299 lx	0.494018
M 1.4 (W)	1317 lx	778 lx	1707 lx	0.590804
M 1.5 (W)	1259 lx	841 lx	1660 lx	0.667757
M 1.6 (W)	1327 lx	841 lx	1971 lx	0.633792
M 1.7 (D)	662 lx	476 lx	820 lx	0.719267

Abbildung 39: Screenshot der Revit-Berechnungen
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Revit)

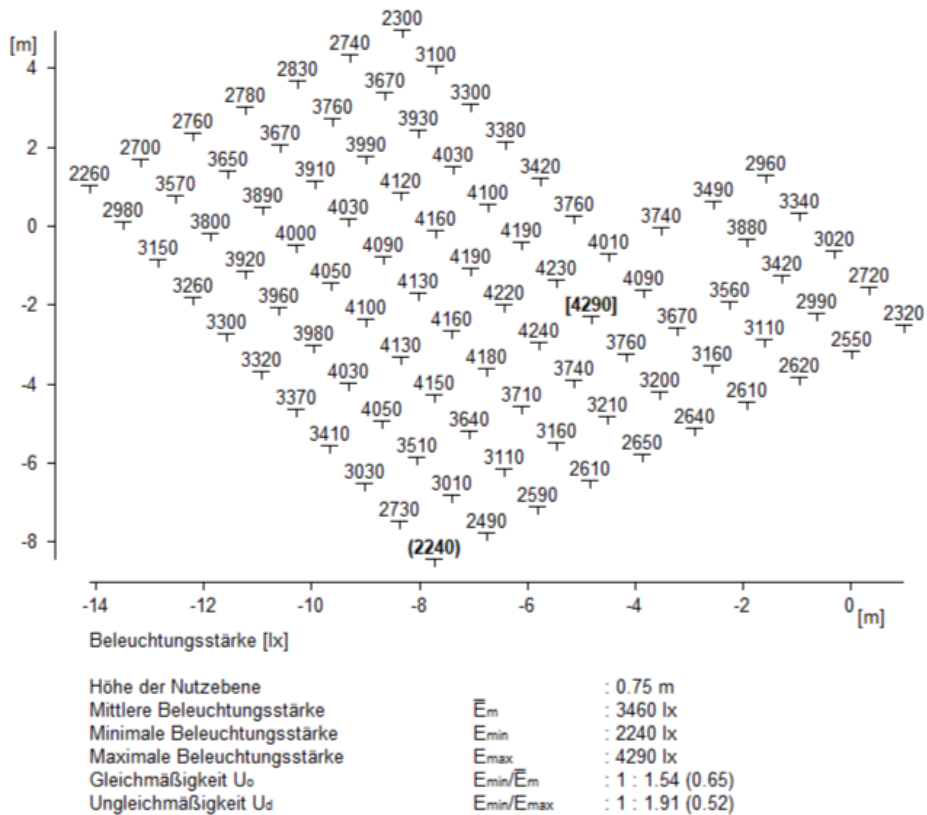


Abbildung 40: Screenshot der Relux-Berechnungen
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Nach Abschluss dieser Berechnungen ist die grundlegende Arbeit mit Revit zur Erstellung eines Lichtberechnungsmodells beendet. Sofern Berechnungsergebnisse in Form eines Dokumentes benötigt werden, können diese in strukturierter und zusammenhängender Form nur über Relux bezogen werden.

Wie Tabelle 11 deutlich macht, liegen kleinere Abweichungen in den Berechnungsergebnissen vor. Diese liegen mit unter 4% allerdings noch deutlich im Rahmen, der durch Lichtberechnungsprogramme erwartbaren Toleranzen von 10% und mehr. Darüber hinaus sind die ermittelten Werte für eine Vielzahl an Nutzungsprofilen als zu hoch zu betrachten, weshalb eine Lichtplanung zur Optimierung der Beleuchtungssituation notwendig ist, die noch folgen soll.

Abschließend ist hinzuzufügen, dass eine genauere Gestaltung des Raumes in Hinblick auf Reflexionsgrade, Einfärben von einzelnen Objekten oder das Positionieren von Leuchten sich mit Relux wesentlich einfacher darstellten.

Daher wird im folgenden Abschnitt gesondert auf die Schnittstelle zwischen Revit und Relux eingegangen.

5.2.1 Relux oder Revit?

Bei der Platzierung der Leuchten im Modell hat sich herausgestellt, dass bestimmte Darstellungsmöglichkeiten für Leuchten, wie zum Beispiel das Anzeigen der LVK oder des Ausrichtungspfeiles fehlen.

Dies hat es mitunter schwer gemacht Leuchten richtig zu positionieren, ohne dass diese in die falsche Richtung ausgerichtet sind. Daher schien es empfehlenswert einen Export des Modells mit dem entsprechenden Leuchtentyp in das RDF-Format vorzunehmen, um die Vorbereitungen für die Lichtberechnung mit Relux durchzuführen. Dennoch ist eine einwandfreie Positionierung in Revit möglich, wobei die vorhandene Punktwolke eine Bestimmung der Montagehöhe wesentlich vereinfacht hat.

Das Ergebnis dieser zusätzlichen Untersuchung ist, dass das Plug-In für Revit, ReluxCAD for Revit, eine schnelle Möglichkeit bietet in bereits bestehenden Modellen, einfache Lichtberechnungen durchzuführen.

Für den Fall, dass mehrere Leuchten positioniert oder das Modell an sich eingefärbt werden soll, empfiehlt sich die Nutzung von ReluxDesktop. Dabei ist allerdings anzumerken, dass beim Export ins RDF-Format viele Objekte verloren gehen, wie Abbildung 41 zeigt. Durch den Export des zuvor vollständig ausgestalteten Modells, sind sämtliche Türen, die Fensterbänke und Heizkörper verloren gegangen. Dies liegt sehr wahrscheinlich an der Tatsache, dass diese Objekte als Revit-Familien verbaut wurden, die nicht Relux-eigenen Klassen entsprechen dürften und damit höchst wahrscheinlich dem Klassenkatalog von Relux unbekannt waren.

Daher sollten Modelle, die für Lichtberechnungen in Revit erstellt werden, zum jetzigen Zeitpunkt nur grob erstellt werden und die exakte Ausarbeitung mittels Relux erfolgen, sofern eine abschließende Dokumentation der Berechnungsergebnisse gefordert ist. Sollte dies nicht der Fall sein, reicht eine Berechnung in Revit, um einen Überblick über die Beleuchtungssituation zu erhalten, vollkommen aus.

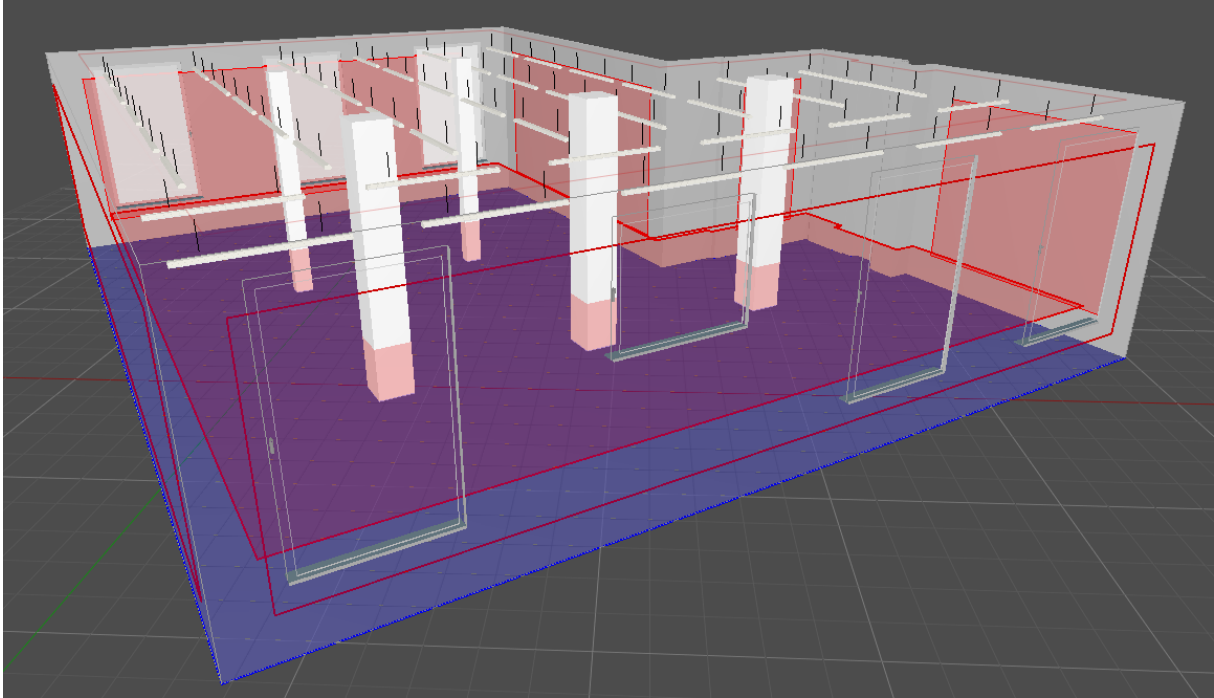


Abbildung 41: Screenshot des exportierten Revit-Modells
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

5.3 Erstellen eines Modells in AutoCAD

Um ein Modell des Eingangsbereiches zu erstellen, wird als Plangrundlage eine DWG verwendet (Abbildung 22), die auf Basis des Trimble-Scans erstellt wurde. Dadurch wird eine ähnliche Genauigkeit gewährleistet, wie beim Revit-Modell.

Anders als bei Revit, ist die Schnittstelle zu Relux in AutoCAD kein Plug-In, sondern ein Übergabepunkt. Der eigentliche Aufbau des Modells wird hierbei mithilfe der Plandaten aus AutoCAD in Relux durchgeführt. Dafür werden in einem ersten Schritt unter der Rubrik ReluxCAD, die in AutoCAD zu finden ist, die Projektdaten für das Modell festgelegt (Abbildung 42).

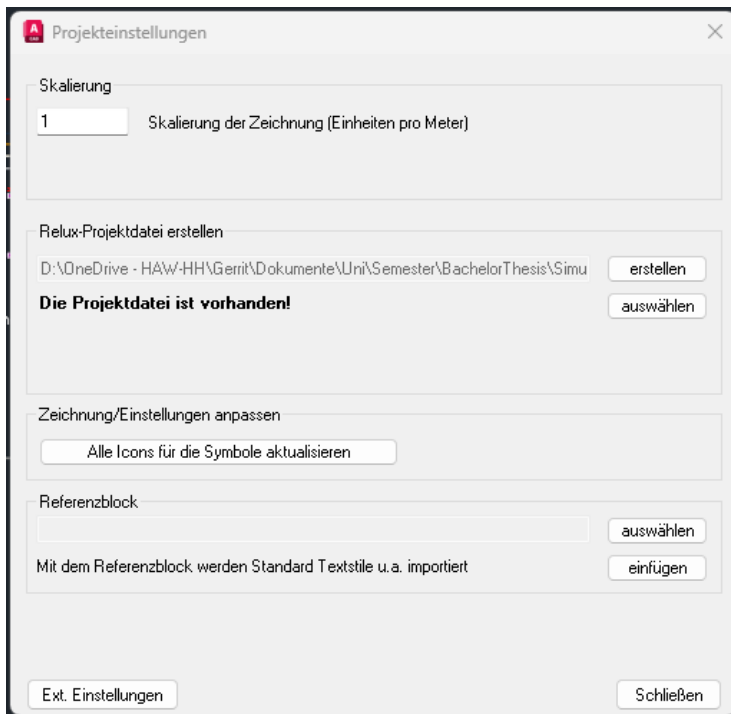


Abbildung 42: Screenshot der Projekterstellung in AutoCAD
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

Zu diesen Einstellungen gehören unter anderem die Skalierung und der Dateipfad für die RDF-Datei, in der später das Modell erstellt wird.

Dabei ist vor allem die Skalierung ein wichtiger Punkt, der schnell übersehen wird und zu manchen Problemen führen kann. Es bietet sich daher an im Vorfeld mithilfe des Befehls „Units“ in AutoCAD zu überprüfen, in welcher Einheit der Plan bemaßt ist. In der Regel liegen Plandaten in Meter, Millimeter oder Inches vor, was zu Problemen führen kann, wenn darauf nicht geachtet wurde.

Nachdem diese Grundeinstellung vorgenommen wurde, kann nun mit der

eigentlichen Modellierung begonnen werden. Dafür wird mit der Schaltfläche „Raum Zeichnen“ mittels einer Polylinie der Grundriss des gewünschten Raumes nachgezeichnet. Für diese Zeichnung wird von Seiten der Relux-Schnittstelle automatisch eine eigene Ebene erstellt und so auch für sämtliche Objekte wie Leuchten, die in AutoCAD aus Relux importiert wurden. Dies führt dazu, dass für jeden einzelnen Leuchtentyp, der im Modell verwendet wurde, eine eigene Ebene existiert. Die Leuchten dürfen dabei unter keinen Umständen umbenannt oder in eine andere Ebene verschoben werden, da diese von der Schnittstelle sonst nicht mehr wiedererkannt werden können.

Sobald der Grundriss des Modells in AutoCAD erstellt wurde, kann dieser dann mittels der Schaltfläche „Raum auswählen“ exportiert werden. In diesem Vorgang werden dafür weitere Parameter für den Raum festgelegt. Ob es sich dabei um einen Innen- oder Außenraum handelt, welche Höhe das Modell haben soll, der Name, der im Raumstempel hinterlegt werden soll und die Texthöhe dessen sowie die Schriftart. Über die Schaltfläche „Relux“ (Abbildung 43), wird daraufhin das Projekt in ReluxDesktop geöffnet, wobei zu Beginn nur leerer Raum angezeigt wird, sollten noch keine Strukturelemente platziert worden sein (Abbildung 44).

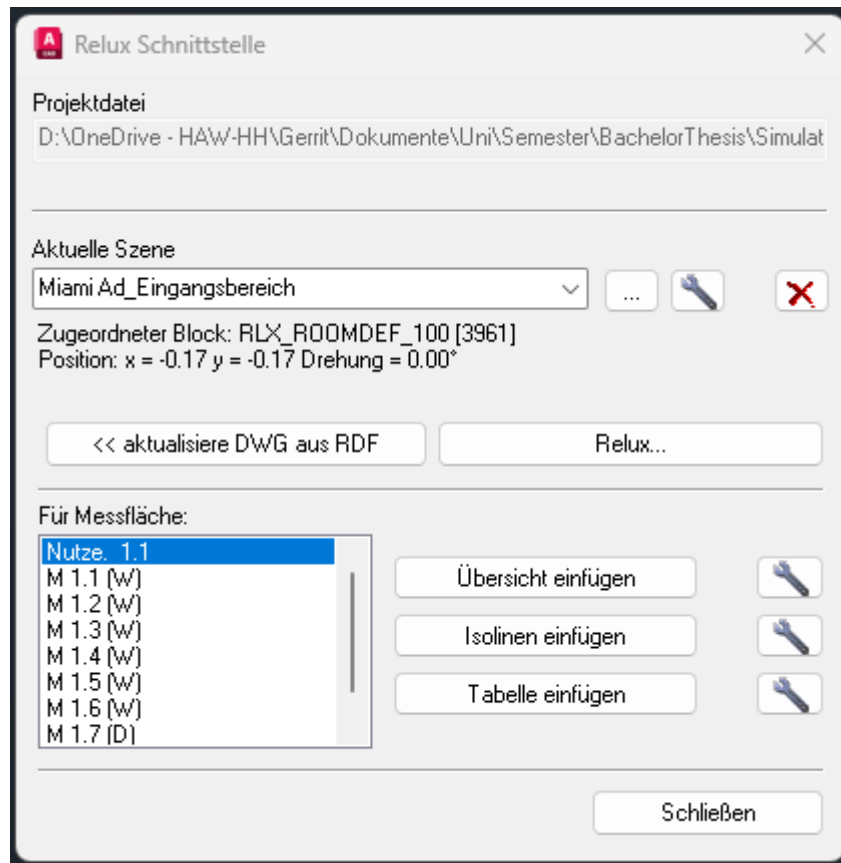


Abbildung 43: Screenshot der Oberfläche "Raum auswählen"
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

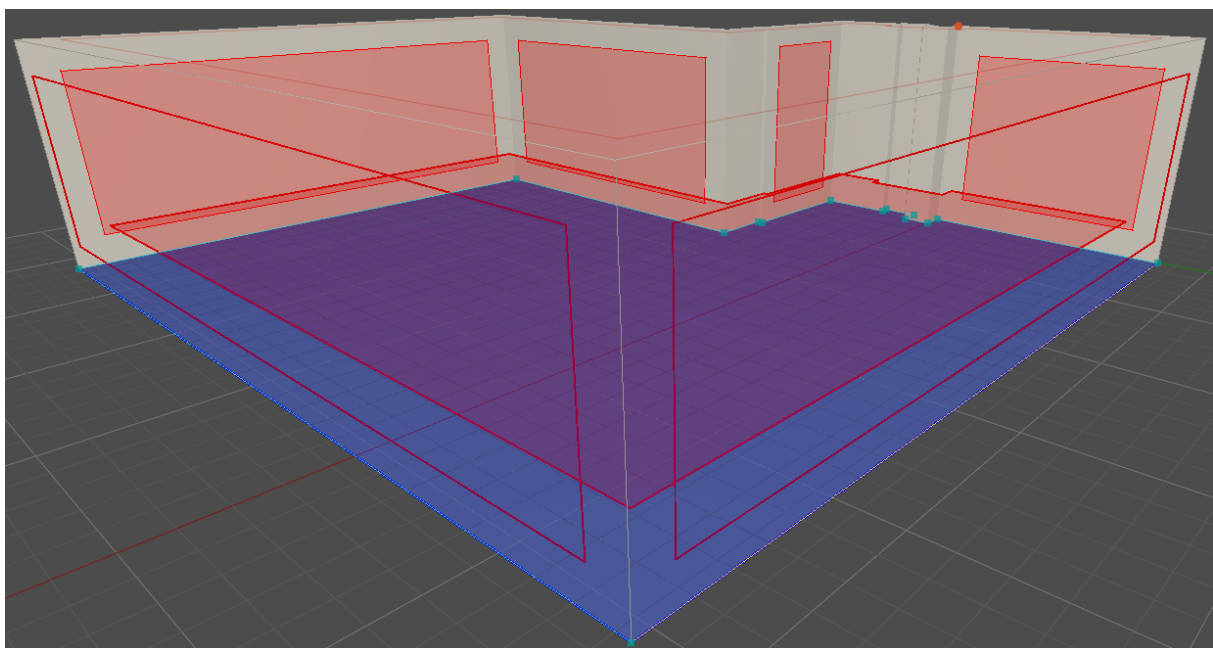


Abbildung 44: Screenshot des neu erstellten Modells in ReluxDesktop
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Bevor nun das Modell in Relux erstellt wird, empfiehlt es sich den Grundriss, der im DWG-Format vorliegt, als CAD-Grundlage zu importieren. Dafür sollte vorher sicherheitshalber eine Kopie des Plans erstellt werden, die als Import dient, um etwaige gegenseitige Abhängigkeiten zu vermeiden.

Beim Import der DWG zeigt sich noch einmal, wie wichtig die akkurate Bemaßung der Plandaten ist, da ansonsten eine weitere Skalierung des Planes von Nöten gewesen wäre.

Mithilfe des importierten Plans (Abbildung 46) können nun Strukturelemente wie Fenster, Türen und die für diesen Raum markanten Stützen eingezeichnet werden. Dabei wird ein entscheidender Nachteil gegenüber der Modellerstellung in Revit klar. Da es sich in diesem Fall in AutoCAD um reine 2D-Zeichnungen handelt, kann nicht ohne Weiteres bestimmt werden, welche Höhe Elemente wie die Fenster haben. Weder in Bezug auf die eigentliche Objekthöhe noch auf die Montagehöhe. Auch fehlen einige Objekte wie Fensterbänke oder Heizkörper, die nicht aus dem Trimble-Scan übernommen wurden. Um Informationen über diese Elemente zu erhalten, müssten diese separat im Gebäude erfasst und gemessen werden, wobei jedes Objekt, das nicht so erfasst wurde, auch nicht exakt dargestellt werden kann.

Für die Platzierung der Fenster und Türen werden im Projekt die Raumobjekte aus Relux verwendet. Dabei stehen in der Modellierung vier verschiedene Fenstertypen und ein Typ für Türen zur Verfügung, wie in Abbildung 45 gesehen werden kann.

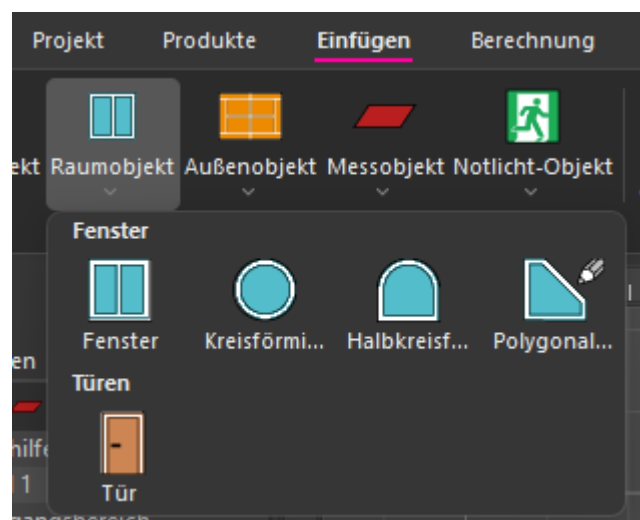


Abbildung 45: Screenshot der Relux-Raumobjekte
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Bei der Erstellung von Fenstern empfiehlt es sich auf die Verwendung der Fenster aus dem Bereich der Raumelemente zurückzugreifen. Es wäre zwar rein theoretisch möglich Fenster zu erstellen, indem man Material von Wandstücken in ein Raytracing-fähiges Glas umwandelt, allerdings geht dabei schnell der Überblick über die Verwendung dieser Elemente verloren und so erstellte Gläser, werden in der dynamischen Planung durch Relux nicht beachtet, sondern als opake Oberflächen dargestellt. Dies kann in manchen Projekten äußerst hinderlich sein. Die Maße von Fenstern und Türen können dabei wie in Revit bearbeitet werden, um exakt in die vorgegebene Planungsgrundgrundlage zu passen, wobei darüber hinaus auch die Farben der einzelnen Elemente, wie Fenstergriffe und Rahmen angepasst werden können.

Die Höhen der einzelnen Fenster und Türen, die in Abbildung 47 zu sehen sind, wurden aus dem bereits bestehenden Revit-Modell entnommen, da dieses nach Vorlage der aufgenommenen Punktwolke erstellt wurde. Dadurch sind diese Objekte in allen drei Dimensionen bestimmt, sodass kein weiteres Aufmaß des Raumes notwendig war.

Für die Stützen, die auch im Original eine quadratische Grundform haben, wurden einfache Grundobjekte in das Modell integriert, wobei hier die Höhe dementsprechend nicht automatisch von Relux erfasst wurde, sondern manuell eingegeben werden musste. Diese richtete sich nach der lichten Raumhöhe.

Als nächster Schritt werden nun die Leuchten im Modell platziert. Dabei wird auf denselben Leuchtentyp zurückgegriffen, der auch im Revit-Modell bereits Anwendung gefunden hat (Leuchte Licross® 11 Protected extreme HO). Ziel hierbei ist es im Nachgang eine Lichtberechnung vorliegen zu haben, die im Idealfall ähnliche Werte aufweist wie das Revit-Modell.

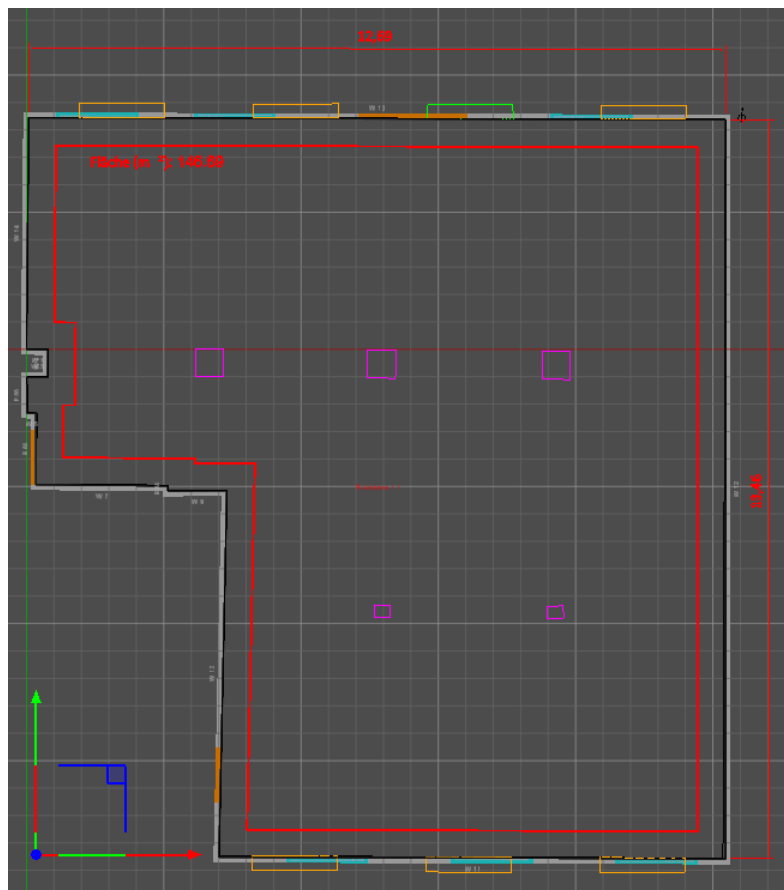


Abbildung 46: Screenshot des Relux-Modells mit importiertem Grundriss
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

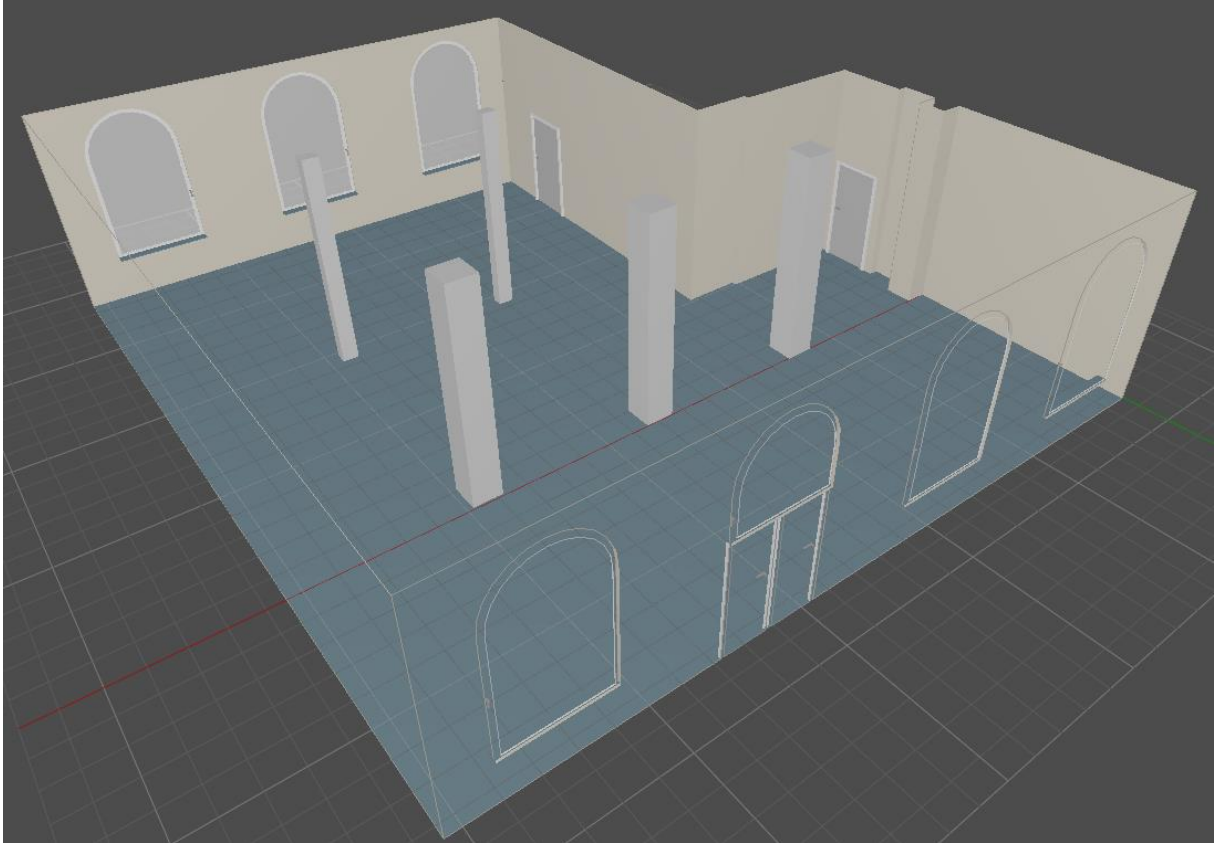


Abbildung 47: Screenshot des fertigen Modells ohne Leuchten
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Einziges Entscheidungskriterium für diese Leuchte war, wie bereits im Revit-Modell erläutert wurde, das bereitgestellte 3D-Modell, dass mit den Maßen von 1,5 m Länge sowie einer Breite und Höhe von 88 mm und 92 mm grob zu denen der in Realität vorhanden Leuchten passte und ein ähnliches Aussehen aufwies. Eine genaue Replik war im Rahmen dieser Thesis nicht vorhanden. Auch über ReluxNet stellte es sich als schwierig heraus einen passenden Leuchtentyp zu finden, da die dort präsentierten Leuchten fast nur noch auf LED-Basis vorliegen und keine Leuchtstoffröhren als Leuchtmittel verwendet werden.

Bei der Platzierung der Leuchten half die Option Elemente in Relux als Gruppen zu erzeugen. Abbildung 48 zeigt hierbei, wie auf Grundlage einer einzelnen Leuchten-Instanz ein ganzes Feld dieses Typs erstellt werden kann.

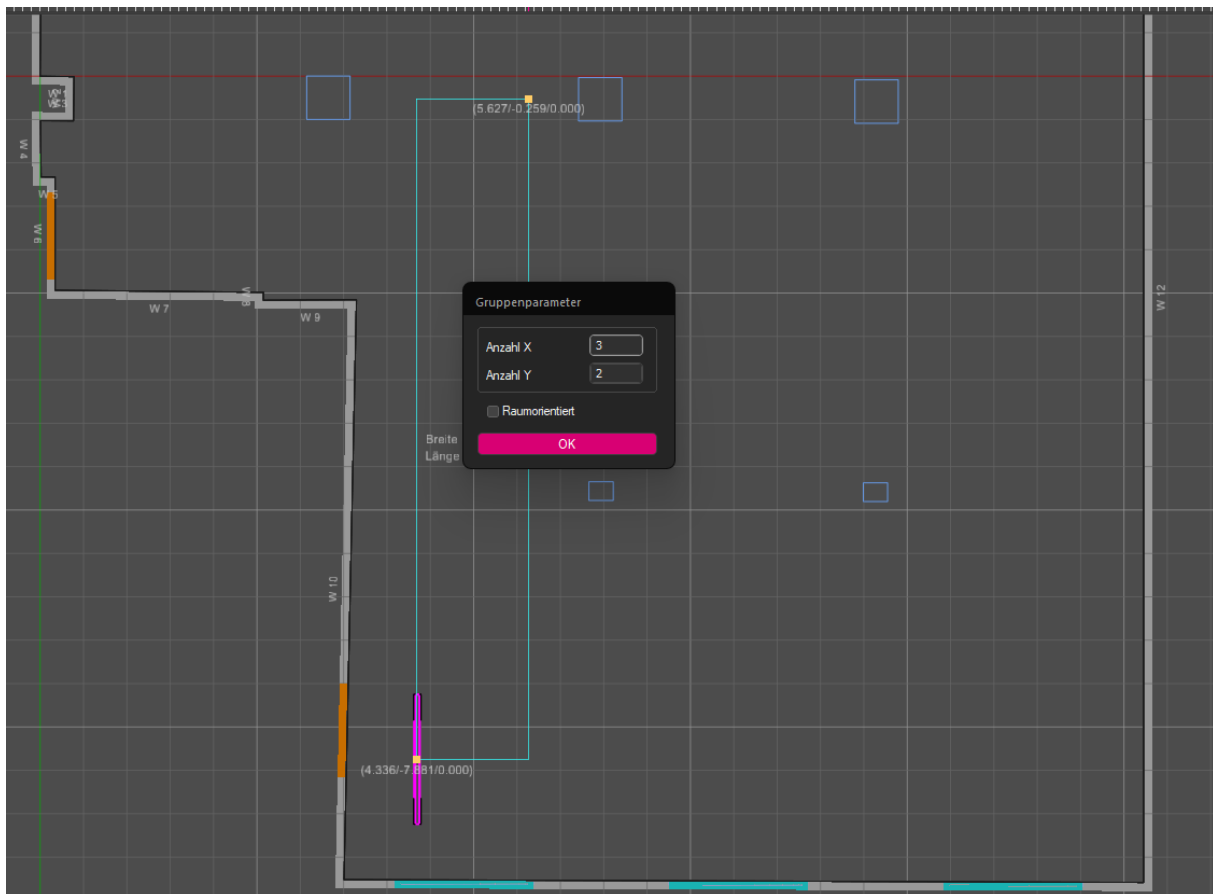


Abbildung 48: Screenshot der Gruppenplatzierung in Relux
 Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Auf diese Weise ließen sich problemlos sämtliche Leuchten positionieren, wobei von vornherein die richtige Ausrichtung vorlag. Die Ausrichtung der Leuchten, hatte bei der Nutzung von Revit einige Probleme bereitet, da bei ersten Versuchen die raumbestimmenden Ebenen nicht korrekt deklariert waren.

Sobald auf diese Weise alle Leuchten positioniert sind, kann daraufhin mit der Berechnung der Lichtsituation begonnen werden.

Es empfiehlt sich hierbei allerdings zuvor einen Überblick über den Raum mittels der dynamischen Planung zu erhalten, um zu vermeiden, dass Leuchten falsch positioniert wurden. Nicht selten, können diese falsch ausgerichtet sein, oder aber in Strukturelementen stecken, sodass das Licht nicht korrekt austreten kann. Dies liegt daran, dass die Lichtaustrittsfläche je nach Typ unterschiedlich positioniert ist und gerade bei selbst konfektionierten Leuchten können schnell Kollisionsprobleme mit Volumenkörpern entstehen.

Die Abbildung 49 und die Abbildung 50 zeigen das fertige Modell sowohl in der 3D-Ansicht als auch in der Ansicht der dynamischen Planung. Falsch platzierte Leuchten können so schnell identifiziert werden.

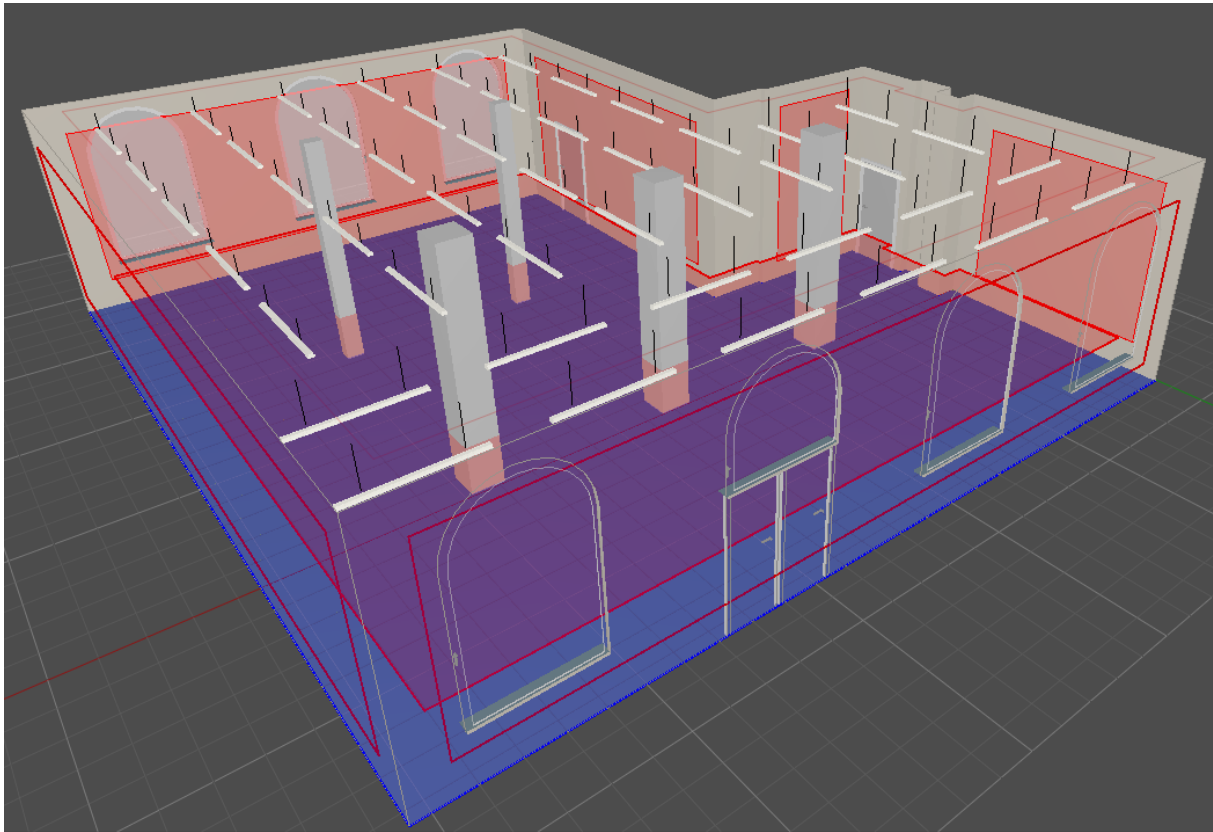


Abbildung 49: Screenshot des Relux-Modells mit eingefügten Leuchten
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

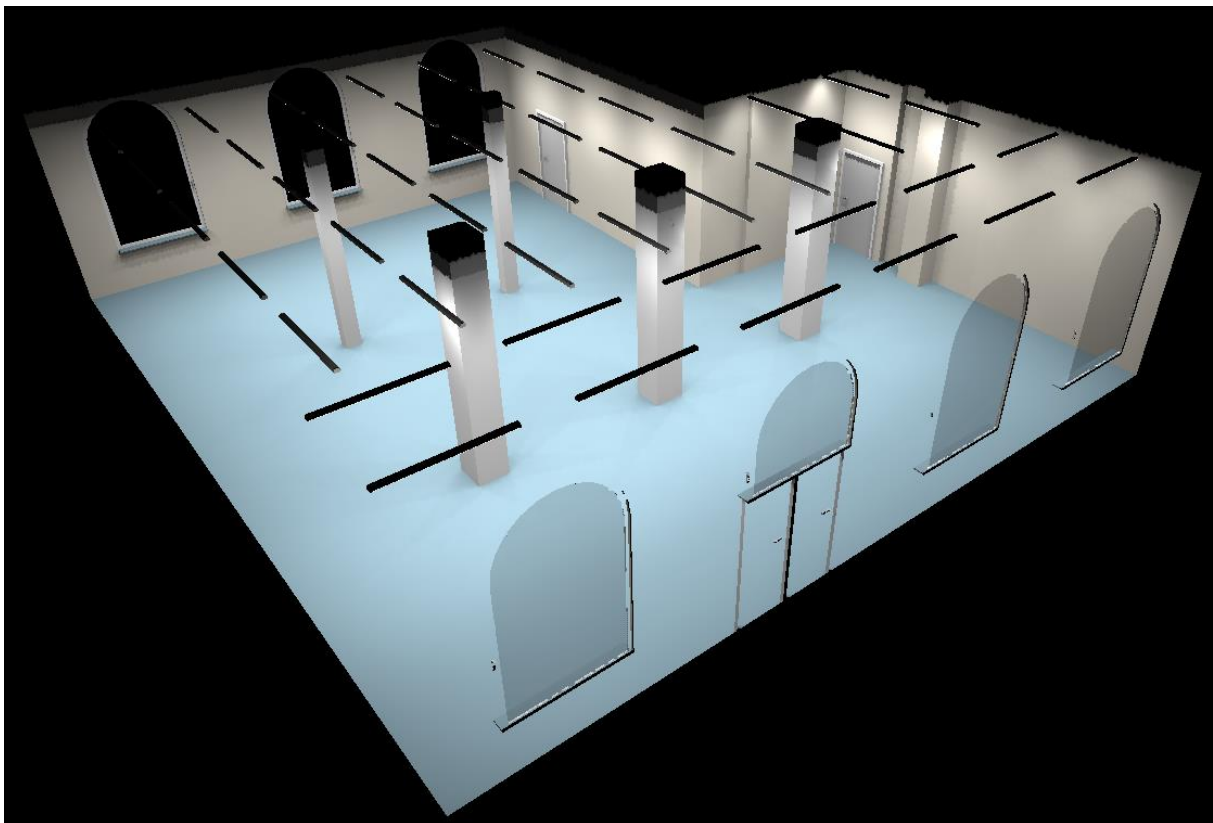


Abbildung 50: Screenshot des Modells in der Ansicht der dynamischen Planung
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Da die dynamische Planung in Relux nur den Direktanteil des Lichts berücksichtigt, kann diese Darstellungsform allerdings nur zur Überprüfung genutzt werden. Diese Darstellung entstammt keiner Berechnung und enthält keine Informationen bezüglich der Reflexionen, sodass Abbildung 50 kein endgültiges Stimmungsbild darstellt.

Bevor hier nun die Lichtberechnung besprochen wird, soll zuvor noch die Darstellung des fertigen Modells in AutoCAD gezeigt werden. Über die Schaltfläche „Zur AutoCAD-Instanz zurückkehren“, die sich ganz unten links im Fenster von ReluxDesktop findet oder über das Abspeichern der RDF-Datei und anschließende Schließen von Relux, gelangt man zurück zu AutoCAD.

AutoCAD übernimmt dadurch alle Objekte, die in Relux zum bestehenden Grundriss hinzugefügt wurden, wie in Abbildung 51 gesehen werden kann. Dort wurden nun sämtliche Leuchten und die in Relux platzierten Stützen zum ursprünglichen Grundriss hinzugefügt.

Für den Fall, dass bestehende Leuchtsymbole in AutoCAD abgeändert werden müssen kann auch dies über die Schaltfläche „Leuchtauswahl/ Symbole zuordnen“ geschehen. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass dadurch oftmals die Ausrichtung der Symbole verloren geht, weswegen dieser Schritt mit Vorsicht zu betrachten ist.

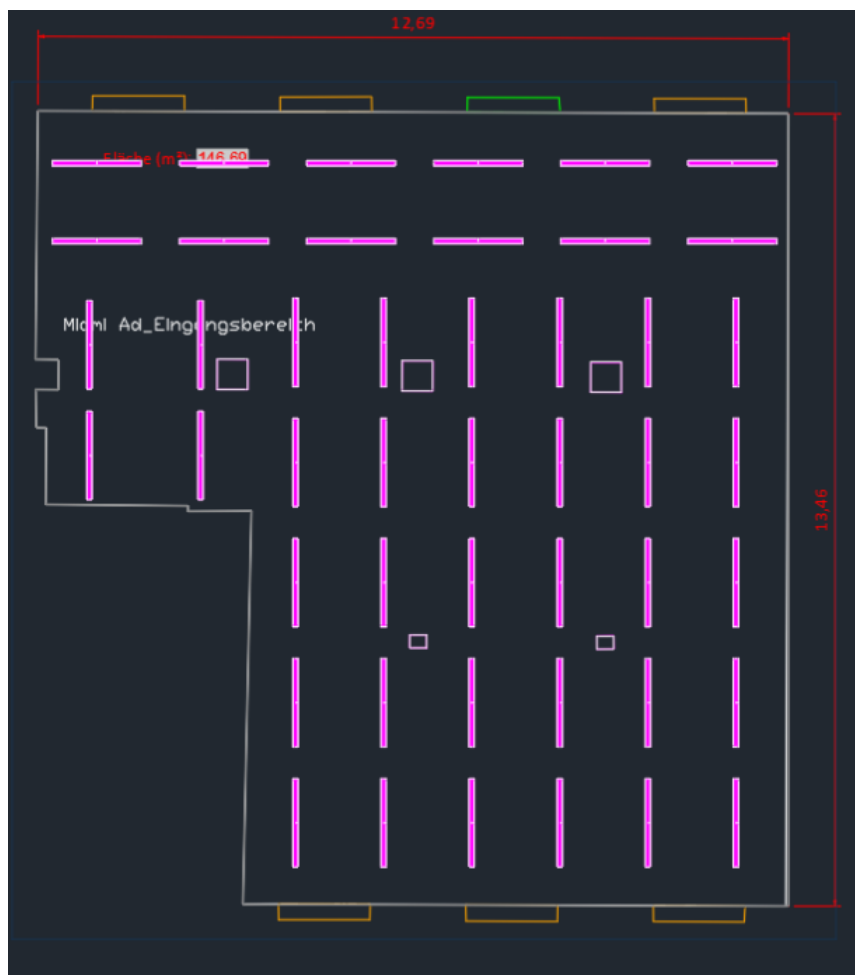


Abbildung 51: Screenshot der importierten Reluxobjekte in AutoCAD
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von AutoCAD)

5.4 Lichtberechnung mit Relux

Nachdem nun ein Modell in Relux erstellt wurde, das auf Grundlage eines Grundrisses erstellt, der über die Schnittstelle ReluxCAD for AutoCAD importiert wurde, steht zuletzt noch die Lichtberechnung aus.

Dabei ist zu erwarten, dass aufgrund der gleichen Maße der Pläne, der identischen Anzahl an Leuchten und der Verwendung desselben Leuchtentyps ebenfalls ähnliche Berechnungsergebnisse vorliegen sollten wie bei der Nutzung von Revit.

Die folgende Abbildung 52 zeigt die Berechnungsergebnisse, die durch ReluxDesktop ermittelt wurden und auf dem Modell beruhen, dass in AutoCAD und Relux erstellt wurden. Die darauffolgende Tabelle 12 enthält die Berechnungsergebnisse zum bereits erstellten Revit-Modell und dem hier präsentierten AutoCAD-Modell, die wie auch in Revit für ein Nutzungsprofil als Unterrichtsraum erneut viel zu hoch sind.

Obwohl die Werte sich teils unterscheiden, liegen sie dennoch unter einer Abweichung von 10%, die wie bereits geschrieben wurde, als Toleranz für die Lichtberechnungsprogramme durchaus üblich ist.

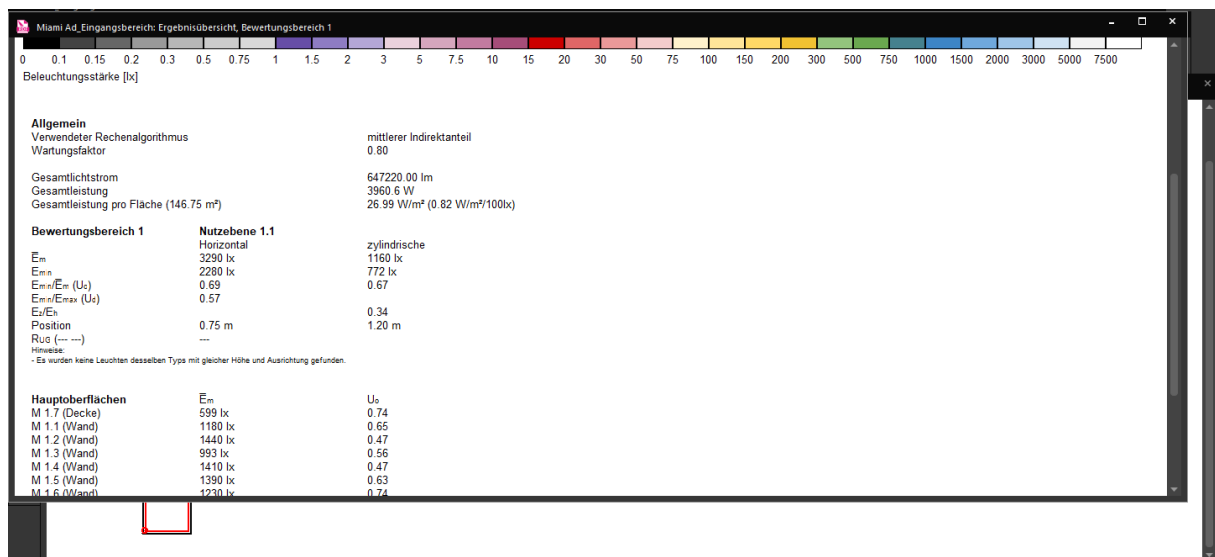


Abbildung 52: Screenshot der Relux-Berechnungsergebnisse von AutoCAD

Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Lichtberechnungsergebnisse aus ReluxDesktop (Modelle aus AutoCAD und Revit)			
	AutoCAD-Modell	Revit-Modell	Übereinstimmung (%)
\bar{E}_m	3290 lx	3339 lx	98,53
E_{min}	2280 lx	2120 lx	107,55
E_{max}	4000 lx	4212 lx	94,97
U_0	0,69	0,63	109,52

Tabelle 12: Lichtberechnungsergebnisse aus ReluxDesktop für die Modelle aus AutoCAD und Revit

Es ist dabei nachvollziehbar, dass die ermittelten Werte stärker divergieren als die, die beim Revit-Modell erstellt wurden. Immerhin handelt es sich bei beiden Modellen, einmal aus Revit und einmal aus AutoCAD, um unabhängige Erstellungsvorgänge, die durchaus Abweichungen enthalten können.

5.5 Optimierung der Beleuchtungssituation

Wie bereits aufgezeigt wurde, sind die ermittelten Werte der simulierten Beleuchtungssituation wesentlich höher als von der DIN-12464-1 gefordert wird. Daher soll in diesem Abschnitt abschließend eine Optimierung der Beleuchtung vorgenommen werden, sodass der Eingangsbereich des Miami Ad-Gebäudes zum Beispiel als Klassenzimmer für allgemeine Aktivitäten (Nutzungsprofil 44.1 nach DIN 12464-1) genutzt werden kann.⁵⁹

Als Grundlegende Idee wird dabei der Ansatz verfolgt eine gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes zu erzeugen, sodass diese für jede Art der Möblierung genutzt werden kann. Gleichermaßen sollen Strahler für eventuelle Akzente eingesetzt werden können und das gesamte Beleuchtungskonzept soll der Architektur folgen. Dabei sind vor allem die Bögen an der Decke auffällig, welche sich zwischen den beiden Fensterseiten quer über den gesamten Raum erstrecken.

Die folgende Abbildung 53 zeigt das weiterentwickelte Relux-Modell, welches auf der Lichtberechnung der AutoCAD-Simulation beruht. Zu den bereits vorhandenen Raumelementen wurden hierbei Heizkörper, Fliesenspiegel, Deckenbögen und Fensterbänke hinzugefügt und die Einfärbung der einzelnen Bestandteile durchgeführt. Strukturelemente wurden zum einen aus Volumenkörpern erzeugt und zum anderen als Relux-3D-Modelle importiert. Die Heizkörper wurden hierbei mittels einfacher Vorhänge dargestellt, welche auf die Größe von Heizkörpern skaliert wurden.

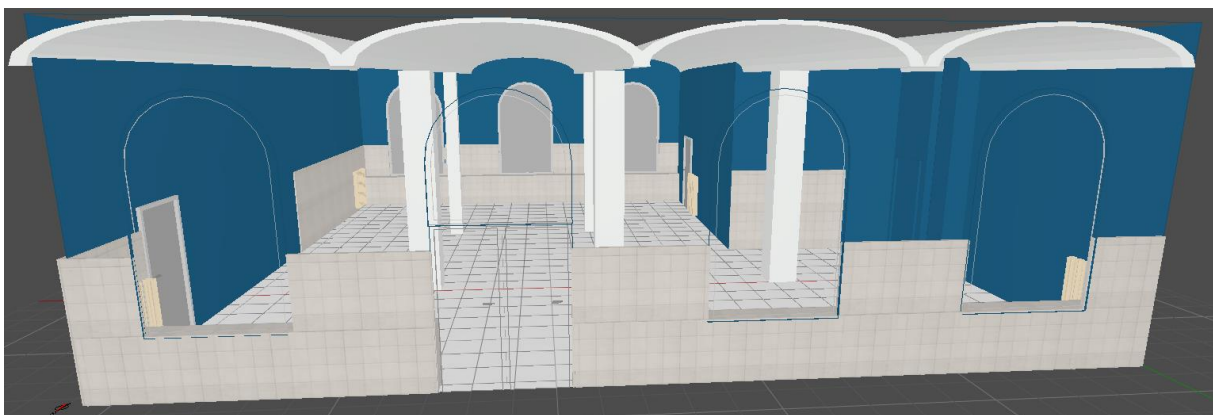


Abbildung 53: Screenshot des überarbeiteten Relux-Modells des Miami Ad-Eingangsbereiches
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Um die Beleuchtungssituation in diesem Raum zu verbessern wird versucht eine Leuchte (Stacky-Profilleuchte) des Herstellers DREES GmbH mit Sitz in Sundern, Deutschland nachzubauen. Es handelt sich dabei um eine vollständig anpassbare Langfeldleuchte, die sowohl über Direkt- und

⁵⁹ Vgl. wie Anmerkung 58.

Indirektbeleuchtung verfügt und mit Strahlern oder Spots erweitert werden kann. Da es sich um eine vollständig konfektionierte Leuchte handelt liegen im Webauftritt der Firma Drees keine Datenblätter zum Gesamtsystem vor, wohl aber über die einzelnen Bestandteile, die für die Simulation herangezogen wurden. Datenblätter zum System könnten allerdings beim Hersteller angefragt werden.

Für den Direktanteil der Leuchte werden in der Simulation zum einen die LED Leiterplatte QX II Basic (Abbildung 55) mit einer Nennleistung von 30 W/m, einem Lichtstrom von 4650 lm/m bei 4000 K und der 3-Phasen LED-Schienenstrahler Store Light One Tube (Abbildung 56) mit einer Nennleistung von 20 W und einem Lichtstrom von 1680 lm bei 4000 K und einem Halbwertswinkel von 36° verwendet.^{60,61}



Abbildung 55: QX II Basic LED-Leiterplatte
Quelle: Drees-gmbh.eu, URL:
<https://drees-gmbh.eu/produkt/qx-ii-basic-30w-m-24vdc-einfarbig/>
(zuletzt aufgerufen: 22.01.2024)



Abbildung 54: QX II Wave LED-Leiterplatte
Quelle: Drees-gmbh.eu, URL:
<https://drees-gmbh.eu/produkt/qx-ii-wave-ip62-5000mm-12vdc-48w-m-60-led-m-einfarbig-inkl-3m-klebeband/>
(zuletzt aufgerufen: 22.01.2024)

Der Indirektanteil der Leuchte, welcher für die Beleuchtung der Deckenbögen genutzt werden soll, wird hierbei mittels der LED-Leiterplatte QX II WAVE (Abbildung 54) simuliert, die mit einer Nennleistung von 4,8 W/m und einem Lichtstrom von 560 lm/m bei 4000 K operiert.⁶²

Mithilfe dieser Systembestandteile lässt sich die oben genannte Langfeldleuchte simulieren, die sich in vier Bahnen über den gesamten Raum erstrecken soll. Drei dieser Langfeldleuchten messen dabei rund



Abbildung 56: 3-Phasen LED-Schienenstrahler
Store Light One Tube
Quelle: Drees-gmbh.eu, URL:
<https://drees-gmbh.eu/produkt/store-light-one-tube-3-phasen-led-schienenstrahler/>
(zuletzt aufgerufen: 22.01.2024)

⁶⁰ Vgl. Drees-gmbh.eu (o.V.), Store Light One Tube 3-Phasen LED-Schienenstrahler, in: drees-gmbh.eu, URL: <https://drees-gmbh.eu/produkt/store-light-one-tube-3-phasen-led-schienenstrahler/> (zuletzt aufgerufen: 22.01.2024).

⁶¹ Vgl. Drees-gmbh.eu (o.V.), QX II Basic 30 W/m, 24VDC, Ein-farbig, in: drees-gmbh.eu, URL: <https://drees-gmbh.eu/produkt/qx-ii-basic-30w-m-24vdc-einfarbig/> (zuletzt aufgerufen: 22.01.2024).

⁶² Vgl. Drees-gmbh.eu (o.V.), QX II Wave (IP62) 5000mm, 12VDC, 4,8 W/m, 60 LED/m, Ein-farbig, inkl. 3 m-Klebeband, in: drees-gmbh.eu, URL: <https://drees-gmbh.eu/produkt/qx-ii-wave-ip62-5000mm-12vdc-48w-m-60-led-m-einfarbig-inkl-3m-klebeband/> (zuletzt aufgerufen: 22.01.2024).

12 m und die verbleibende rund 5,5 m. Des Weiteren werden insgesamt 17 der bereits genannten Schienenstrahler als ausrichtbare Beleuchtungselemente verwendet.

Abbildung 57 zeigt das modellierte Gesamtergebnis der Optimierung, die sich mit folgenden Werten (Abbildung 58) berechnen ließ. Dabei zeigen die Berechnungsergebnisse eine deutliche Verbesserung der Beleuchtungssituation.



Abbildung 57: Screenshot des lichttechnisch optimierten Relux-Modells
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

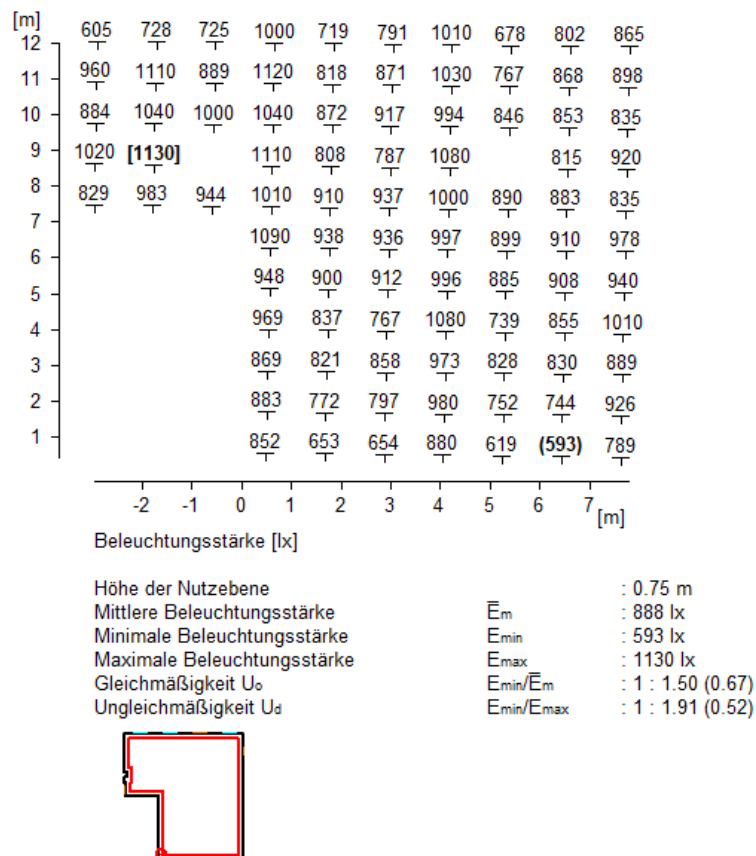


Abbildung 58: Berechnungsergebnisse der optimierten Relux-Lichtplanung
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Bei der Berechnung dieser Ergebnisse ist es wichtig zu beachten, dass die mittlere Beleuchtungsstärke in der Realität geringer ausfallen dürfte, da den simulierten Langfeldleuchten opale Abdeckungen fehlen, welche den Lichtstrom beeinträchtigen dürften.

Abschließend zeigt Abbildung 59 eine Raytracing-Darstellung des finalen Modells, welches deutlich die gleichmäßige Ausleuchtung des Raumes bei gleichzeitiger Betonung der Deckenbögen hervorhebt. Dank der verwendeten Strahler wäre hierbei eine zielgerichtete Beleuchtung einzelner Punkte im Raum möglich, die eine akzentuierte Beleuchtung benötigen. Des Weiteren wäre die Beleuchtungssituation vielfältig anpassbar, sofern eine dimmbare Steuerung der Beleuchtungsanlage vorgenommen werden würde.



Abbildung 59: Raytracing-Image des optimierten und berechneten Relux-Modells
Quelle: Eigene Darstellung (Screenshot aus Anwendung von Relux)

Mit diesem letzten Schritt ist nun eine vollständige Lichtplanung des Miami Ad-Eingangsbereiches erstellt worden, der eine optimierte Beleuchtungssituation gemäß DIN 12464-1 aufweist.⁶³

Abschließend sei noch zu erwähnen, dass eine Verwendung von Echtzeit-Rendering-Programmen, wie zum Beispiel Enscape, welches in der neuen Version von ReluxDesktop verfügbar ist, eine interessante Erweiterung der Modell-Visualisierung darstellen. Dieses Thema würde allerdings den Rahmen der vorliegenden Thesis überschreiten, könnte aber Teil einer anderen Untersuchung werden.

⁶³ Vgl. wie Anmerkung 58.

6 Fazit

Im Rahmen dieser Thesis wurden vor allem zwei Aspekte untersucht. Zum einen wie gut die App Metaroom® im Vergleich zu herkömmlichen Lidar-Scans für den Einsatz im Alltag für Lichtplanung ist und zum anderen, ob sich eher AutoCAD oder Revit für die Erstellung von Modellen und Lichtberechnungen lohnt. Dies soll hier abschließend zusammengefasst werden.

Anhand der erstellten Scans und der Überprüfung der Maße und anderer Parameter konnte ein gutes Bild erzeugt werden, ob Lichtplaner sich nicht auch auf Scans der App Metaroom® verlassen können. Bei der Untersuchung fiel auf, dass ein Lidar-Scan eines hochwertigen geodätischen Messsystems sehr hohe Genauigkeiten erreicht. Abweichungen von unter einem Promille sorgen dafür, dass sämtliche Inhalte eines Raumes erfasst werden können. Auch die aus einem solchen Scan resultierende Punktwolke und die dazugehörigen Aufnahmen bieten einige Annehmlichkeiten, die für die Lichtplanung sehr wichtig sind. So ist es ein Leichtes einen Raum als Modell anhand einer Punktwolke aufzubauen und ebenso Objekte in diesem zu positionieren. Es ist möglich zu jeder Zeit die Positionierung von einzelnen Elementen in allen drei Raumdimensionen zu überprüfen und es bedarf keiner weiteren Messungen. Die mitaufgenommenen Bilder helfen darüber hinaus eine abschließende Gestaltung des Modells vorzunehmen, indem einzelnen Wänden, oder Objekten bestimmte Farben und somit auch in Abhängigkeit der verwendeten Materialien Reflexionsgrade zugeordnet werden können.

Dennoch ist die Datenlage, die aus Metaroom® gewonnen werden kann, nicht zu unterschätzen. Mit Genauigkeiten, die innerhalb der Toleranzen von Lichtplanungsprogrammen liegen, ist es durchaus möglich ein ausreichend genaues Modell eines Raumes zu erstellen. Wobei angemerkt werden muss, dass ein solches Modell dank Metaroom® nicht erstellt werden muss, sondern bereits in Echtzeit erstellt wird. Als Lichtplaner wären dadurch keine Kenntnisse mit CAD oder BIM-fähigen Programmen wie AutoCAD oder Revit nötig, um eine Lichtberechnung anhand von Scandaten zu erstellen. Ebenso ist der geringere Preis für ein Gerät von Apple in Kombination mit den Preisen für Metaroom®-Credits im Vergleich zu den Kosten eines Lidar-Scanners ein veritables Argument für die App.

Alles in allem sollte zwar, wenn möglich, auf die Nutzung eines Lidar-Scanners zurückgegriffen werden, da die Vorteile einer Punktwolke mannigfaltig sind, dennoch sollte die Verwendung der App Metaroom® nicht außer Acht gelassen werden, wenn ein solcher Lidar-Scanner eben nicht zur Verfügung steht.

Für die Frage, ob nun AutoCAD oder Revit für die Lichtplanung herangezogen werden sollten kommen vor allem Aspekte zu tragen, die in dieser Thesis nicht untersucht werden konnten.

Zuerst sollte gesagt werden, dass beide Programme ihre jeweiligen Vorteile haben. Mit AutoCAD ist es möglich anhand von 2D-Plänen eine Lichtplanung vorzunehmen und mithilfe von weiteren Informationen wie der lichten Raumhöhe Modelle für eine solche Planung zu erstellen. Vorteilhaft ist dabei die Tatsache, dass AutoCAD eben nicht BIM-fähig ist. Das Programm arbeitet von Grund auf

nicht objektorientiert, wobei auch hier Objektklassen erstellt werden können, und bietet dadurch die Möglichkeit eine Planung vorzunehmen, ohne alles über einen Raum zu wissen. Es wird also vermieden, dass bei der Erstellung eines Modells mithilfe der Schnittstelle ReluxCAD for Revit mehr Annahmen getroffen werden müssen als nötig. Es ist keine Kenntnis darüber nötig, ob es sich bei den eingezeichneten Wänden um tragende Wände handelt, ob Stützen aus Beton oder Holz gefertigt wurden, oder ob es sich um eine pfosten- oder rahmenstock Tür handelt. Auf diese Weise können ein Modell und somit auch die Lichtplanung schnell erstellt werden.

Doch auch die Planung mit Revit hat seine Vorteile. Nutzt man dieses Programm zusammen mit Punktwolken, ist es möglich ein Modell direkt anhand einer 3D-Aufnahme zu erstellen. Parameter, wie die lichte Raumhöhe, sind durch einen Scan automatisch miterfasst worden und stehen dadurch sofort zur Verfügung. Ebenso ist die Positionierung von Objekten wie Fenstern sehr viel genauer, da aus der Punktwolke auch Informationen zu deren Höhe und Montagehöhe entnommen werden können. Annahmen wie die Materialität oder die Funktion für die Statik einzelner Objekte, die in einem solchen Modell platziert werden, müssen zwar getroffen werden, können aber aus Sicht eines Lichtplaners oft frei gewählt werden, da diese Informationen für die Lichtplanung nur selten eine Rolle spielen.

Darüber hinaus muss bedacht werden, dass künftige Architekten immer mehr in den Kontakt mit BIM-Programmen wie Revit treten und somit Programme wie dieses in Zukunft deren Alltag bestimmen werden. Es bietet sich also an ebenfalls mit einem solchen Programm vertraut zu sein, da diese Modelle vor allem Gewerke übergreifend sind. Vom Architekten bis zum technischen Gebäudeausstatter können viele Gewerke an ein und demselben Modell arbeiten. Dadurch wird zum einen vermieden, dass jedes Gewerk aufs Neue ein Modell erstellen muss und zum anderen liegen allen Planungsbeteiligten alle Informationen im Bezug zum Projekt vor.

Dies führt zum entscheidenden Punkt, zu welchem Programm, AutoCAD oder Revit, gegriffen werden sollte. Die Anbindung der einzelnen Gewerke aneinander, bestimmt welches Programm vorteilhafter ist. Wurde unter allen Projektbeteiligten beschlossen, dass der Datenaustausch nur über 2D-Pläne geschieht, da jedes Gewerk autark arbeiten möchte, ist die Arbeit mit AutoCAD und ReluxCAD for AutoCAD wesentlich schneller und einfacher. Auch eine Anpassung an abgeänderte Grundrisse ist auf diese Weise unkomplizierter umgesetzt. Sollte aber ein enger Austausch der einzelnen Gewerke vorliegen, weil es sich zum Beispiel um ein großes Planungsbüro handelt, das mehrere Gewerke unter einem Dach vereint und die entsprechende IT-Infrastruktur hat, wäre eine Planung mithilfe von Revit wesentlich einfacher. Dies liegt vor allem daran, dass die grundlegende Erstellung eines Modells bereits von Seiten der Architekten erfolgt wäre und Lichtplaner dieses nur noch mit Leuchten bestücken müssten. Es gibt schlussendlich gute Argumente für beide Programme, auch wenn die Nutzung von AutoCAD im Alltag überwiegt, wenn in einem eigständigen Lichtplanungsbüro gearbeitet wird. Daher sollten Kenntnisse mit beiden Programmen erworben werden, um stets das richtige Werkzeug zur Hand zu haben.

Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis

Apple 2024/ 1

Apple.com (o.V.), RoomPlan, in: apple.com,

URL: <https://developer.apple.com/documentation/roomplan> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Apple 2024/ 2

Apple.com (o.V.), iPhone 15 Pro kaufen, in: Apple.com, URL: <https://www.apple.com/de/shop/buy-iphone/iphone-15-pro>; (zuletzt aufgerufen: 10.01.2024).

Apple 2024/ 3

Apple.com (o.V.), iPad Pro kaufen, in: Apple.com, URL: <https://www.apple.com/de/shop/buy-ipad/ipad-pro/11%22-display-256gb-space-grau-wifi>; (zuletzt aufgerufen: 10.01.2024).

Autodesk 2024/ 1

Autodesk (o.V.), Corporate Info/ Company Facts, in: autodesk.com,

URL: <https://www.autodesk.com/company/newsroom/corporate-info> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Autodesk 2024/ 2

Autodesk (o.V.), Autodesk AutoCAD – millionenfach bewährt für noch mehr Kreativität, FAQ – Wofür wird AutoCAD eingesetzt?, in: autodesk.de, URL:

<https://www.autodesk.de/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST> (zuletzt aufgerufen am 19.01.2024).

Autodesk 2024/ 3

Autodesk.de (o.V.), Autodesk Revit: BIM-Software für grenzenlose Gestaltungsfreiheit, in: autodesk.com, URL:

<https://www.autodesk.de/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Autodesk 2024/ 4

Autodesk.com (o.V.), Autodesk Revit 2023, Einfügen einer Punktwolkendatei, in: autodesk.com,

URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/DEU/?guid=GUID-B89AD692-C705-458F-A638-EE7DD83D694C> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Autodesk 2024/ 5

Autodesk.com, Autodesk App Store, URL: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Home/Index> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Autodesk 2023/ AutoCAD

Autodesk.de (o.V.), Systemanforderungen für AutoCAD 2022 including Specialized Toolsets, in Autodesk.de, 8.10.2023, URL:

<https://www.autodesk.de/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/DEU/System-requirements-for-AutoCAD-2022-including-Specialized-Toolsets.html>

(zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Autodesk 2023/ Revit

Autodesk.de (o.V.), Systemanforderungen für Revit 2024-Produkte, 08.10.2023, in autodesk.de, URL:

<https://www.autodesk.de/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/DEU/System-requirements-for-Revit-2024-products.html#parallels> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Beetz 2022

Beetz, Jakob, u.a., BIM für Architekten. Digitale Planung in der Hochschul-Ausbildung, Berlin 2022, S. 7, in: bak.de, URL:

<https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-planende-digital-durchstarten/leitfaeden-bim-fuer-architekten/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Bieri 2019

Bieri, Kurt, Relux®, Hardware- und Systemanforderungen, in: relux.com, 13.09.2019, URL:

https://relux.com/de/page/odoo_fwd/?fwd_url=de_CH/forum/installation-und-update-44/question/hardware-und-systemanforderungen-1433 (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

DIN 2021

DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN 12464-1, Berlin 2021

Drees 2024/ 1

Drees-gmbh.eu (o.V.), Store Light One Tube 3-Phasen LED-Schienenstrahler, in: drees-gmbh.eu,

URL: <https://drees-gmbh.eu/produkt/store-light-one-tube-3-phasen-led-schienenstrahler/>

(zuletzt aufgerufen: 22.01.2024).

Drees 2024/ 2

Drees-gmbh.eu (o.V.), QX II Basic 30 W/m, 24VDC, Ein-farbig, in: drees-gmbh.eu, URL:

<https://drees-gmbh.eu/produkt/qx-ii-basic-30w-m-24vdc-einfarbig/> (zuletzt aufgerufen: 22.01.2024).

Drees 2024/3

Drees-gmbh.eu (o.V.), QX II Wave (IP62) 5000mm, 12VDC, 4,8 W/m, 60 LED/m, Ein-farbig, inkl. 3

m-Klebeband, in: drees-gmbh.eu, URL: <https://drees-gmbh.eu/produkt/qx-ii-wave-ip62-5000mm-12vdc-48w-m-60-led-m-einfarbig-inkl-3m-klebeband/>

(zuletzt aufgerufen: 22.01.2024).

Ecosia 2024

Ecosia.org verwendet, URL:

<https://www.ecosia.org/search?tt=mzl&q=schweizer%20franken%20in%20euro>

(zuletzt aufgerufen: 04.01.2024).

Geomaticlandsurveying 2024

Geomaticlandsurveying.com (o.V.), Trimble X7 Scanner 3D Scanning System, in

geomaticlandsurveying.com, URL: <https://geomaticlandsurveying.com/product/trimble-x7/>;

(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Geospatial 2024

Datenblatt Trimble X7 3D-Laserscanning-System (o.V.) in: dev-geospatial.trimble.com, URL:

https://dev-geospatial.trimble.com/sites/geospatial.trimble.com/files/2020-10/Datasheet%20-Trimble%20X7%20System%20-%20German%20-%20Screen_0.pdf (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Greule 2015

Greule, Roland, Licht und Beleuchtung im Medienbereich, München 2015

Huber 2024

Huber, Martin, Our Mission. A letter from the CEO, in amrax.ai, URL: <https://amrax.ai/who-we-are/>

(zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Metaroom 2024

Metaroom® by Amrax (o.V.), Pricing, in: Amrax.ai, URL: <https://amrax.ai/pricing/>

(zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Miami Ad School 2024

Miamiadschool.de (o.V.) The Roots, in: miamiadschool.de, URL:
<https://miamiadschool.de/who#Story> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Müller 2023

Müller, Peter, Lidar im iPhone: Was das ist und wozu es dient, in: macwelt.de, 10.05.2023,
URL: <https://www.macwelt.de/article/979568/lidar-iphone-erklaert.html>
(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Müller 2022

Müller, Martin, Vorwort, in: Beetz, Jakob, u.a., BIM für Architekten. Digitale Planung in der Hochschul-Ausbildung, Berlin 2022, S. 4f., in: bak.de, URL:
<https://bak.de/politik-und-praxis/digitalisierung/fuer-planende-digital-durchstarten/leitfaeden-bim-fuer-architekten/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Petit 2020

Petit, Florian, Die Entwicklung von Lidar im Wandel der Zeit, in: Blickfeld Blog/blickfeld.com, 30.04.2020, URL: <https://www.blickfeld.com/de/blog/entwicklung-von-lidar/>
(zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Pläß u.a. 2022

Pläß, Bastian, Klauer, Thomas, Digital Flash LiDAR Punktwolken – Consumer-Produkte oder geodätische Zukunftstechnologie?, in: DVW e.V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Arbeitskreis 4 „Ingenieurgeodäsie“ und Arbeitskreis 3 „Messmethoden und Systeme“, Terrestrisches Laserscanning 2022 (TLS 2022), Beiträge zum 214. DVW-Seminar am 8./9.12.2022 in Fulda S. 151-168, in: geodaesie.info, URL:
https://geodaesie.info/images/schriftenreihe/downloads/DVW_104_2022_TLS_2022_FINAL_221122.pdf
(zuletzt aufgerufen 22.01.2024)

Relux 2024/ 1

Relux.com (o.V.), Metaroom® 3D-Raumscanner für Relux, hier: Was kann Metaroom®, in: Relux.com, URL: <https://relux.com/de/metaroom.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Relux 2024/ 2

Relux.com (o.V.), Relux, der Standard in der Lichtplanung, in: relux.com, URL:
<https://relux.com/de/about-us.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Relux 2024/ 3

Relux.com, URL: <https://relux.com/de/shop.html> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Relux 2024/ 4

Relux.com (o.V.), DIE Suchmaschine ReluxNet® für Leuchten und Sensoren, in: relux.com, URL:
<https://reluxnet.relux.com/de/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Relux 2024/ 5

Relux.com (o.V.), Siteco Datenblatt 51TP12DN4EXLE, in: relux.com, URL:
https://relux.com/de/search/datasheet/siteco/stc_licross_r_11_pr_bbe6986bcdf2edd7/stc_51tp12dn4exle/@adj_132794/0001/13-127243-86.1-14070--4000k-.pdf
(zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Scankraft 2024

Scankraft.com, Faro Focus Core, in: scankraft.com, URL:
<https://www.scankraft.com/produkt/faro-focus-core/> (zuletzt aufgerufen: 17.01.2024)

Trilux 2024

Trilux.com (o.V.), Lichttechnische Planungs-Software Dialux und Relux, in: trilux.com, URL: <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/innenraumbeleuchtung/weitere-kriterien-der-beleuchtung/beleuchtungsplanung/lichttechnische-planungs-software-dialux-und-relux/> (zuletzt aufgerufen: 20.01.2024).

Trimble 2024/ 1

Trimble.com (o.V.), The history of trimble, in: trimble.com, URL: <https://www.trimble.com/en/about> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024) sowie: Global locations, in: trimble.com, URL: <https://www.trimble.com/en/locations> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Trimble 2024/ 2

Global locations, in: trimble.com, URL: <https://www.trimble.com/en/locations> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Weber 2018

Weber, Harald, Sick AG Whitepaper – Funktionsweise und Varianten von Lidar-Sensoren, in: sick.com, 07. 2018, URL: https://cdn.sick.com/media/docs/5/25/425/Whitepaper_LiDAR_de_IM0079425.PDF (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Wikipedia 2024/ Finkenau

wikipedia.org, Finkenau(Hamburg), URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Finkenau_\(Hamburg\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Finkenau_(Hamburg)) (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Wikipedia 2024/ Miami Ad School

Wikipedia.de, Miami Ad School, URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Miami_Ad_School (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024).

Zdf 2024

Zdf.de 2024 (o.V.), Amazonas: Verschwundene Großstadt belegt, in: zdfheute / zdf.de, 12.01.2024, URL: <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/amazonas-archaeologie-verschwundene-stadt-ecuador-100.html> (zuletzt aufgerufen: 19.01.2024)

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel:

selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Datum

Unterschrift