Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Diplomarbeit

shop ~~layout~~ generator v2

2D Grundrissgenerierung von Verkaufsflächen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

Dipl.-Ing. Dr.techn. Gabriel Wurzer

E259
Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung
von

Benjamin Straßl
0726786

Wien, am

eigenhändige Unterschrift

Kurzfassung

Diese Diplmoarbeit beschäftigt sich mit der zweidimensionalen Generierung von Geschäftsgrundrissen. Dazu wird ein Entwurfswerkzeug gestaltet, welches die Ladenplaner/innen in einer frühen Phase des Entwurfs unterstützt. Die Funktionsweise der entwickelten Software beruht auf einer Kombination eines *Force based circle packing*-Algorithmus und eines *Kd-Tree*-Algorithmus. Dadurch ist es möglich, Entwürfe für die verschiedenen branchenbezogenen Geschäftstypen nach den Vorstellungen der Planer/innen zu erstellen. Da mithilfe dieser Software in kurzer Zeit verschiedene Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt und einer Analyse unterzogen werden können, wird eine frühe Entscheidungsfindung unterstützt. In der Folge kann ausführlicher auf die detaillierte Ausarbeitung weiterer planerischer Maßnahmen und des Designprozesses eingegangen werden.

Abstract

This Master's thesis focuses on the two-dimensional generation of store layouts. This tool was programmed to provide drafts in a very early stage of the design process. It was conceptualised to work on the basis of a combination of a *Force based circle packing*-algorithm and a *Kd-Tree*-algorithm. Consequently, the tool creates drafts that match up with the store planners' ideas and the peculiarities of the various store types. Given the quick creation and analysis of several possible solutions, it is possible to allow a decision in the early phase of planning. Hence the further designing process of the stores may receive more attention.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung . . . 1

1.1 shopgenerator v1 . . . 2

1.2 Zielsetzung und Aufbau dieser Arbeit . . . 4

2. Grundlagen der Ladenplanung . . . 7

2.1 Orientierung der Kunden/innen . . . 8

2.2 Leitgestaltung und Leitweg . . . 10

2.3 Fassade und Eingang . . . 13

2.4 Das Sortiment . . . 16

2.5 Erschließung des Sortiments . . . 19

2.6 Warenpräsentation . . . 22

2.7 Der Kassabereich . . . 28

3. Analyse bestehender Programme . . . 31

3.1 KaisersRot . . . 32

3.2 Computergenerierte Stadtstrukturen . . . 34

3.3 Modelur . . . 36

4. Aufbau des Entwurswerkzeuges . . . 39

5. Beschreibung der verwendeten Computermodelle . . . 43

5.1 Delauney Triangulation . . . 43

5.2 Force based circle packing . . . 44

5.3 Kd-Tree . . . 45

6. Funktionsweise des Entwurfswerkzeuges . . . 49

6.1 Inputparameter . . . 50

6.2 Zonierung der Sortimentsgruppen . . . 52

6.3 Analyse der Zonierung . . . 60

6.3.1 Optimierung . . . 61

6.4 Erschließung . . . 62

6.5 Platzieren der Innenmöbel . . . 64

6.6 Kassa . . . 65

6.7 Userinterface . . . 66

7. Auswertung und Datenübergabe . . . 69

7.1 Agentenbasierte Simulation . . . 70

7.2 3D Analyse der Regalflächen . . . 72

8. Entwurfsprozess . . . 75

9. Schlussbetrachtung . . . 79

9.1 Erweiterungsmöglichkeiten . . . 80

10. Quellenverzeichnis . . . 82

11. Abbildungsverzeichnis . . . 84

1. Einleitung

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit ist im Sommersemester 2013 in Zusammenarbeit mit Moritz Rosenberg im Zuge eines Entwerfens beziehungsweise eines Wettbewerbs an der Technischen Universität Wien entstanden. Die Anforderungen des von *UMDASCH Shopfitting* ausgeschriebenen Wettbewerbs waren, ein neues Geschäftskonzept unter Berücksichtigung neuer Medien und Technologien zu entwickeln.[1] Die Herangehensweise an dieses Projekt führte uns zu den Grundsätzen der Ladenplanung zurück: Um die Konsumenten/innen an möglichst vielen Produkten vorbeizuleiten und ihnen das gesamte Warenangebot vor Augen zu führen, werden die kaufstarken Produkte möglichst weit voneinander entfernt platziert. Dadurch kann die Anzahl der Spontaneinkäufe gefördert werden. Um dieses Prinzip variabel auf verschiedene Geschäftsgrundrisse anzuwenden, wurde von Moritz Rosenberg und mir der *shopgenerator* entwickelt. Angesichts der Rahmenbedingungen eines Entwerfens konnte dieses *Tool* nur mit zahlreichen Einschränkungen programmiert werden. Die vorliegende Diplomarbeit hat ihren Ausgangspunkt in den Überlegungen zur Programmierung des *shopgenerator v1* und strebt dessen Weiterentwicklung an (*shopgenerator v2*). Ziel war es, eine weiterreichende nutzungsorientierte Software zur Layoutierung von Läden bereitzustellen.

Bevor in den folgenden Kapiteln auf die Grundlagen der Ladenplanung und detailliert auf die Funktionsweise der Software eingegangen wird, sollen hier kurz das Konzept des *shopgenerator v1* beschrieben und ein Überblick über den Aufbau der vorliegenden Arbeit gegeben werden.

[1] Vgl. http://www.gbl.tuwien.ac.at/LV/2013S/entwerfenMA/LV_253515-2013S.html (07.04.2015, 12:00).

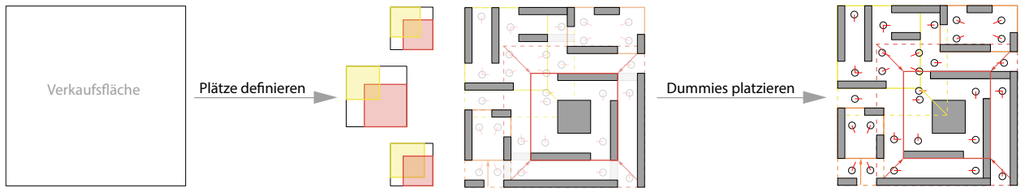
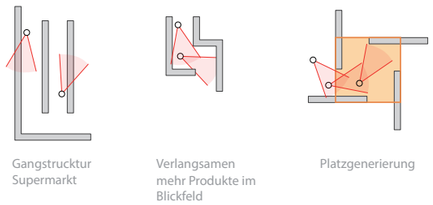
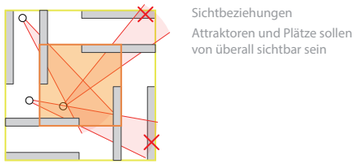
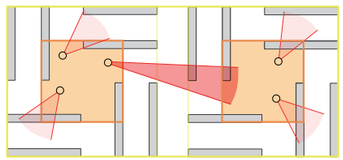


Abb. 02: Arbeitsschritte *shopgenerator v1*.

1.1 shopgenerator v1







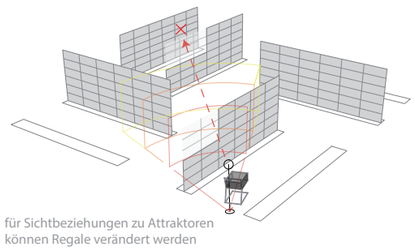


Abb. 01: Konzept des *shopgenerators v1*.

Um die Schrittgeschwindigkeit der Kunden/innen beim Durchwandern des Warenraumes zu verlangsamen, wird die klassische Gangstruktur aufgelöst und durch die Gestaltung von Plätzen ersetzt. Durch Abzweigungen, die zu diesen Plätzen führen, ergibt sich eine andere Perspektive auf den Warenraum und durch die einleitende Drehung kommt es zu einer frontaleren Sichtachse, die dem/der Kunden/in das gesamte Warenangebot des Platzes wahrnehmen lässt. Um sie durch das gesamte Geschäft zu leiten, werden Regalbereiche aufgelöst, die es ermöglichen die Konsumenten/innen durch besondere Blickrichtungen zu den anderen Plätzen und in schlecht einsehbare Bereiche zu führen (vgl. Abb. 01).

Funktionsweise

Der/die Ladenplaner/in kann die Geschäftsgröße, die Größe und Überschneidung der zwei Hauptplätze sowie die Regal- und Gangbreite festlegen. Auf Basis dieser Eingabeparameter generiert der entworfene Algorithmus den Geschäftsgrundriss. Für die Erzeugung der Regale wird ein Unterteilungsalgorithmus eingesetzt, welcher die Möblierung der einzelnen Bereiche abhängig von der Platzgröße definiert (vgl. Abb. 03). In einem weiteren Schritt werden Dummies im Grundriss platziert um die Sichtbarkeit der Regale zu analysieren. Durch die Auswertung der Sichtverhältnisse jener Regalflächen, die am meisten Beachtung erfahren und jener, die die Sicht auf andere Produkte am meisten einschränken, kann entschieden werden, welche Regalflächen gelöscht werden müssen, um die Wahrnehmung gleichermaßen auf das gesamte Warenangebot zu lenken. Der *shopgenerator v1* bietet somit die Möglichkeit für eine Geschäftsfläche mehrere Grundrissvarianten zu erzeugen und diese als Grundlage für die detaillierte Ausarbeitung des Designs zu verwenden (vgl. Abb. 02).

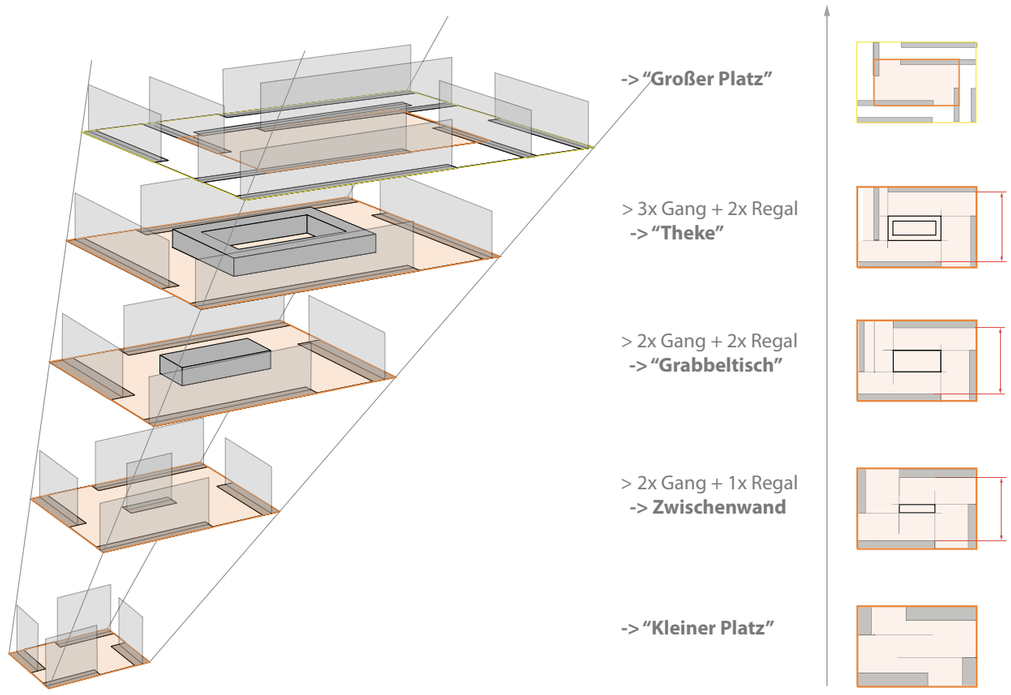


Abb. 03: Unterteilungsalgorithmus der Bebauung.

1.2 Zielsetzung und Aufbau dieser Arbeit

Um dieses Projekt weiterzuentwickeln und den Anwendungsbereich zu vergrößern, wurde der entworfene Algorithmus in zwei Bereiche geteilt: Generierung und Analyse. Diese beiden Bereiche werden in zwei getrennten Diplomarbeiten auf ihr Weiterentwicklungspotential hin untersucht. Der Schwerpunkt der vorliegenden Diplomarbeiten liegt auf der zweidimensionalen Generierung von Geschäftsgrundrissen. Dazu werden im nächsten Kapitel Grundlagen und allgemeine Überlegungen, die an den Beginn der Ladenplanung gestellt werden, erläutert.

Nach der Analyse und Besprechung einiger beispielhafter Arbeiten, die sich mit computergestützten Planungsaufgaben auseinandersetzen, wird im vierten Kapitel ein Konzept entwickelt, unter Verwendung welcher Methoden und mittels welcher Abstraktionsbedingungen sich das Entwurfswerkzeug und die Generierung der Verkaufsfläche sinnvoll gestalten lässt. Unter Zuhilfenahme mathematischer Verfahren werden im Rahmen von drei Ebenen Modelle im Computer erstellt, wodurch die Zusammenhänge zwischen den Elementen und den Regeln ihres Zusammenwirkens untersucht werden können. In diesen Ebenen werden die Zonierung der Sortimentsbereiche, die Erschließungsabfolge der Zonen und die darauf aufbauende Möblierung der Geschäftsfläche gestaltet. Die dazu notwendigen Computermodelle werden im darauffolgenden Kapitel beschrieben.

Für die Programmierung des Entwurfswerkzeugs werden *Rhino 5.0* und *Grasshopper* eingesetzt. Durch die Kombination dieser Programme können grundlegende geometrische Funktionen, welche im CAAD *(Computer Aided Architectural Design)* Standard sind, parametrisch verknüpft werden. Da die Erstellung eines benutzerfreundlichen Userinterface durch diese Programme nicht realisiert werden kann, wird im sechsten Kapitel neben der schrittweisen Erklärung der Funktionsweise des Entwurfswerkzeuges ein mögliches Userinterface entwickelt, welches durch eine einfache Bedienung eine Vielzahl von Lösungsvarianten generiert.

Um die erzeugten Grundrisse zu bewerten, werden sie durch eine agentenbasierte Simulation analysiert. Die Erarbeitung dieses Prozesses wird in der Diplomarbeit *„Agentenbasierte Analyse und Optimierung von Geschäftsgrundrissen“* von Moritz Rosenberg (2015) beschrieben. Diese zweidimensionale Simulation wird durch das Programm *NetLogo* realisiert.

Die Funktionsweise des Datenaustausches zwischen den beiden Programmen wird im siebten Kapitel beschrieben. Für eine weitere statische Analyse der Sichtbarkeit der einzelnen Regalplatten werden die gewonnenen Informationen aus der Simulation wieder zurückgespielt, da mit *Rhino* auch dreidimensionale Analysen durchgeführt werden können. Diese Auswertung soll unterstützend für den Designprozess verwendet werden und wird im achten Kapitel durch eine Entwurfsausarbeitung dargestellt.

Abschließend wird die Arbeit einer kritischen Betrachtung unterzogen, die vor allem Erweiterungsmöglichkeiten, welche die Qualität der erzeugten Grundrisse weiter verbessern könnten, aufzeigt.

2. Grundlagen der Ladenplanung

„Die Zeiten sind vorbei, wo Bedarf gedeckt werden mußte – heute muß er ‚geweckt' werden." (Wenz-Gahler 1992: 14)

Um einen funktionierenden Verkaufsraum zu planen, muss der/die Ladenplaner/in eine Vielzahl an Faktoren gegeneinander abwägen. Dabei sollten die Vorstellungen des Unternehmens, die Marketingüberlegungen für das Sortiment, die sich ständig ändernden Vorstellungen der Kunden/innen und der Arbeitsplatz der Mitarbeiter/innen sinnvoll und gewinnbringend miteinander kombiniert werden. Durch das Erzeugen einer angenehmen Atmosphäre für die Kunden/innen und alle im Geschäft angestellten Mitarbeiter/innen soll der Verkauf von Gütern oder Dienstleistungen zu einem Erlebnis für die Konsumenten/innen werden. Um die Ladenarchitektur in eine interessante Verkaufslandschaft zu verwandeln und die nötige emotionale Bindung zu den Kunden/innen zu erreichen, rückte das Design des Verkaufsraumes in den letzten Jahren vermehrt in den Blickpunkt der Ladenplaner/innen und Innenarchitekten/innen. Der Verkaufsraum wird als Bilderwelt inszeniert um sich gegen Mitwerber/innen desselben Sortiments abzuheben und um die eigene Ware so verkaufsfördernd wie möglich zu präsentieren (vgl. Weinges 2002: 12).

Da das gewählte Design und die Botschaft, die dadurch vermittelt wird, stark von der jeweiligen Branche abhängig sind, werden in diesem Kapitel allgemeine Überlegungen, die an den Beginn der Ladenplanung gestellt werden, erläutert. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf der Erschließung, d.h. dem Kunden/innenleitweg, in der Folge kurz als Leitweg bezeichnet, und der Führung beziehungsweise Steuerung der Konsumenten/innen durch das Geschäft.

2.1 Orientierung der Kunden/innen

Genauer betrachtet, weisen die meisten Verkaufsräume folgende Funktionsbereiche auf:

- Fassade und Eingang,
- Eingangsbereich,
- Markt,
- Fachbereich,
- Treppenbereich,
- Drehbereich (Umkehrfunktion im Hauptkundenleitweg, ein sog. *Loop*) und
- Kassabereich

Diese Funktionsbereiche stehen zumeist in keiner klaren Abgrenzung zueinander, sondern stellen fließende Übergänge dar. In Summe verbrauchen sie in etwa drei Viertel der gesamten Geschäftsfläche, wobei es jeweils zu branchenspezifischen Unterschieden kommt. Der Rest besteht in der Regel aus Nebenräumen wie dem Lager, der Verwaltung, den Serviceräumen, den Räumen für die Mitarbeiter/innen und den Sanitär-Räumen. Laut Wilhelm Kreft ist der Anspruch von Konsumenten/innen an die Emotionalität des Verkaufsraumes gestiegen. Dadurch kommt der Gestaltung des Verkaufsraumes die Aufgabe zu, sinnliche Erwartungsräume zu schaffen, welche Gegensätze gestalten und den Warenraum für die Kunden/innen begreifbar und erfassbar machen (vgl. Kreft 2002: 498f.).

Unabhängig von den unterschiedlichen branchenbezogenen Verkaufsräumen tragen die Konsumenten/innen eine eigenständige Vorstellung des perfekten Verkaufsraumes in sich. Die bisher gemachten Erfahrungen, positive wie negative, werden mit dem gegenwärtigen Geschäft abgeglichen und durch ständig neue Einkaufserlebnisse erweitert. Beim Betreten des Geschäfts entwickelt jeder/jede Kunde/in für sich einen idealen Leitweg, in dem er/sie die gesetzten Akzente wie Größenunterschiede, Farben, Licht, Material, Zugänglichkeiten, Gangbreiten und Entfernungen analysiert. Das Ziel der Ladenplaner/in bei der Gestaltung des Verkaufsraumes ist, die Kunden/innen mit all ihren Sinnen zu verführen. Wobei die Wahrnehmung durch das Auge im Verkaufsraum das entscheidendste Sinnesorgan ist; durch das Sehen wird das Durchwandern des Verkaufsraumes gesteuert. Das Sortiment und die Warenraumbilder werden durch das Auge erfasst und steuern so die Auswahl der Ware. Betritt ein/e Kunde/in ein Geschäft, durchlebt er/sie den Verkaufsraum durch eine ablaufende Bildfolge. Die Orientierung erfolgt über die Warenbilder, geleitet werden die Konsumenten/innen über die Warenleitbilder, die sie durch den Raum zum Sortiment führen (vgl. Kreft 2002: 509ff.).

Dabei orientiert sich der Großteil der Konsumenten/innen eher am Raum und den inszenierten Wänden, Säulen und Pfeilern als am Sortiment. So werden etwa unpassend platzierte

Hinweisschilder übersehen, weil sie am falschen Platz positioniert sind und die gegebenen Raminformationen stärker wirken. Ihre Wirkung erzielen diese nur, wenn sie unterstützend wirken und nicht versuchen, eine fehlerhafte Leitwegplanung zu ersetzen. Damit die Kunden/innen die Informationen, die sie durch Hinweisschilder erhalten, erkennen können, muss unterschieden werden, aus welchen Entfernungen die Hinweise wahrnehmbar sein sollen (vgl. Abb. 04). Dabei liegt die Sehachse des/der Kunden/in in seiner/ihrer Laufrichtung. Wenn sich der/die Konsument/in seitlich entlang eines Raumes bewegt, wird die Sehachse zur Mitte des Raumes korrigiert (vgl. Abb. 05). Deswegen ist die einsehbare Raummitte für die Festlegung der Sehachse sehr entscheidend (vgl. Gretz 2000: 118; Kreft 2002: 569ff.).

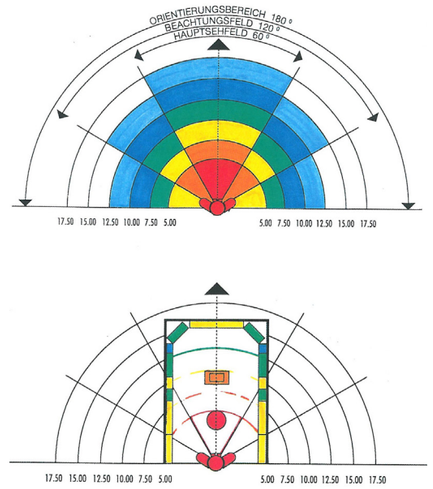


Abb. 04: Sichtfeld und Beachtungszonen der Konsumenten/innen.

Die Aufnahmefähigkeit wird stark durch die persönliche Orientierung der Kunden/innen beeinflusst, dabei können unterschiedliche Warenträger und Änderungen in der Gestaltungseinheit hilfreiche Stilmittel sein. Außergewöhnliche Warenträger kommen meist dann zum Einsatz, wenn das Sortiment selbst außergewöhnlich ist. Aber nicht nur durch die Gestalt des Warenträgers kann die Beachtung der Konsumenten/innen steigern, auch die richtige Ausleuchtung und die Inszenierung mit Licht sind entscheidend für die Präsentation des Warenraumes. Zu beachten ist, dass man alle störenden Eindrücke entfernt und die Augen der Konsumenten/innen geschickt auf die Highlights des Verkaufsraumes lenkt. Durch eine einzigartige Warenpräsentation sollen die Konsumenten/innen

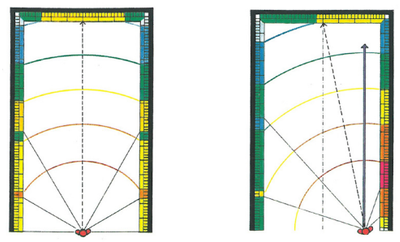


Abb. 05: Korrektur der Sichtachse zur Raummitte.

die Warenbilder im Leitweg bestmöglich wahrnehmen. In jedem Verkaufsraum finden sich allerdings Bereiche, die mehr oder weniger Beachtung erfahren. Durch ein geschicktes Ordnungsprinzip des Sortiments können die Kunden/innen auch in schlecht einsehbare Bereiche gelenkt werden. Entscheidend ist, dass die Kunden/innen durch die richtigen Waren am richtigen Ort überrascht werden. Der/die Ladenplaner/in hat die Aufgabe, die Ordnung des Raumes durch die richtige Akzentuierung des Sortiments und durch die geeignete Wahl des Verhältnisses von Tischen, Ständern und Regalflächen, welche die Wand- und Innenflächen des Verkaufsraumes bespielen, in eine Komposition zu bringen, bei der die volle Aufmerksamkeit der Konsumenten/innen auf das Warenangebot des Unternehmens gelenkt wird (vgl. Kreft 2002: 498ff., 513ff., 568f.; Pracht 2001: 48).

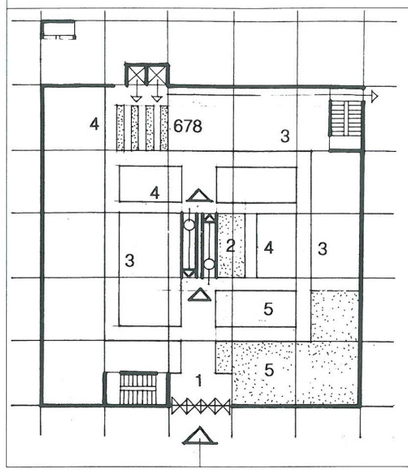
2.2 Leitgestaltung und Leitweg

Mit der Leitgestaltung als funktioneller Grundlage sollte der Verkaufsraum so gestaltet werden, dass die Konsumenten/innen beim Betreten des Verkaufsraumes sofort spüren, ob dieser für sie gemacht wurde oder, ob der/die Händler/in einfach möglichst viel Ware präsentieren möchte. Durch die Leitgestaltung wird die Verbindung zum/zur Kunden/in hergestellt und diese hat das Ziel, die Kunden/innen zu begeistern (vgl. Kreft 2002: 498). Um einen erfolgreichen Leitweg zu planen, sollen die Konsumenten/innen den vorgegebenen Leitweg erkennen und durch den Warenraum geleitet werden. Dafür werden jene Weglinien, die die Konsumenten/innen voraussichtlich gehen werden, mit jenen Weglinien, die am zweckmäßigsten für die Erschließung aller Verkaufsraumbereiche sind, aufeinander abgestimmt. Der geplante Leitweg sollte nur geringfügig vom natürlichen Leitweg abweichen.

Das Kunden/innenleitsystem funktioniert über das Sehen und Wahrnehmen der Leitbilder, die die Konsumenten/innen durch Raum- und Wareninformation bekommen. Beim Betreten eines Verkaufsraumes entstehen Raumeindrücke, die von der Form und Dimension des Raumes abhängig sind; dieses Raumerlebnis weckt bei den Konsumenten/innen Stimmungen, die sich auf die Raumnutzung auswirken. Für die Orientierung ist es wichtig, dass sich die Beachtungszonen gestaffelt in die Tiefe des Verkaufsraumes ergeben (vgl. Gretz 2000: 68f.; Kreft 2002: 518ff., 542ff.; Pracht 2001: 48). Der Leitweg gliedert den Verkaufsraum in Bereiche, die im direkten Bezug zur Sortimentsgliederung stehen, da dieser die Warenbilder sowie die Platzierung und oft auch die Warenauswahl mitprägt. Die gestalteten Raumlandschaften sollten übersichtlich geplant werden und trotzdem keine zu starke Gleichförmigkeit aufweisen. Durch die Anordnung von Regalen und Mittelmöbeln können Plätze erzeugt werden, die interessante Blickrichtungen zulassen.

An diesen Orientierungspunkten müssen sich die Konsumenten/innen entscheiden, wie sie weitergehen. Dabei schenken die Kunden/innen dem geraden, aber auch dem diagonalen Weg mehr Aufmerksamkeit als den Abzweigungen um 90 Grad. Nur durch die Planung von eindeutigen Leitwegen wird die Übersichtlichkeit im Verkaufsraum gesteigert, was dazu führt, dass der Einkaufsstress der Konsumenten/innen abgebaut werden kann. Will man die Aufnahmefähigkeit der Kunden/innen steigern, muss man darauf achten, dass es zu keiner Überfüllung des Warenangebots und der gesetzten Information kommt. Ein erfolgreicher Warenraum ist gegeben, wenn die Aufmerksamkeit der Kunden/innen erreicht und gehalten wird und diese an den wichtigsten Plätzen gesteigert werden kann (vgl. Kreft 2002: 513ff., 568f.).

Neben den Gängen und Plätzen, welche die Orientierung im Warenraum erleichtern, werden auch natürliche und künstliche Raumgrenzen (Wände) und Raumteiler (Säulen, Pfeiler) zur Strukturierung eingesetzt. Dabei wird die Teilung des Verkaufsraumes durch verschiedene Funktionsbereiche festgelegt; diese bestehen aus den Warenflächen, Verkehrsflächen und den Kontaktzonen zwischen den Mitarbeitern/innen und den Konsumenten/innen. In Abb. 06 ist zu sehen, dass diese Strukturierung mit einem Straßennetz vergleichbar ist, in dem der Mensch ebenso durch Wegweiser und Ankündigungen geleitet wird. Dieses sehr bekannte und vertraute Leitprinzip in Stadtstrukturen funktioniert gleichermaßen für das Leitsystem eines Geschäfts (vgl. Gretz 2000: 68f.).



	Logik „Stadt"	Logik „Laden"
1	Zufahrt, Stadttor	Ladeneingang
2	Markt, Kirche, Mittelpunkt	Ladenmittelpunkt Treppensatz Aktionsflächen
3	Hauptstraßen zum Mittelpunkt führend	Loop, Hauptwege
4	Nebenstraßen	Nebenwege, Verbindungswege
5	Häuserblock, Stadtviertel	Geschäftsfeld zwischen Hauptwegen
6	Haus	Warenaggregat Warengruppe
7	Bewohner	Ware
8	Hausnummer	Warenbeschreibung

Abb. 06: Vergleich der Leitprinzipien in Städten und Läden.

Um die Wege der Kunden/innen interessanter zu gestalten, ist bei der Planung des Leitweges darauf zu achten, dass dieser in einem Bogen durch den Verkaufsraum geführt wird und nicht in einer Sackgasse endet, die die Kunden/innen am selben Weg zurückführt, den sie gekommen sind. Oft werden dafür Rundungen in den Abschlusswänden eingeführt, um den Drehbereich zu unterstreichen. Dieser *Loop*, der als Hauptleitweg geplant wird, beginnt mit der Planung und Positionierung des Einganges und führt dann durch alle Sortimentsbereiche des Verkaufsraumes zum Kassabereich. Entscheidend für die Planung ist, dass den Kunden/innen beim Durchwandern des Verkaufsraumes ohne großen Aufwand und zusätzliche Erklärungen klar wird, wie die Logik der Gangsysteme funktioniert (vgl. Kreft 2002: 498ff., 518ff., 542ff.; Pracht 2001: 48).

Wilhelm Kreft führt für die logische Planung eines Leitwegs eine Checkliste an:

- *Ordnen* (Sortimentsordnung, Warenplatzierung, Raumordnung)
  Durch das Warenraumgestaltungskonzept werden die Funktionen in der Raumerschließung und damit im Leitweg ersichtlich.
- *Informieren*
  Der Leitweg wird nicht durch Hinweisschilder erzeugt, jedoch können diese unterstützend wirken.
- *Leiten*
  Das Leitwegkonzept wird durch die Ladenplanung vorgegeben (Eingang, Kassa, Info, Gänge und Plätze, Theken, Sitzplätze, Servicestationen etc.).
- *Kognitive Gestaltungsanwendungen* zum Leiten
  Die geeignete Auswahl der Einrichtungssysteme sowie deren Stellung und Ordnung im Grundrissplan (Layout). Das gewählte Design zur Inszenierung des Verkaufsraumes, das einen bühnengleichen Charakter erhält (Material, Farbe, Licht etc.).
- *Entspannung*
  Der Einkaufsstress soll durch das Schaffen von Ruheplätzen und Verweilzonen, die sozialen Kontakt oder auch Mitarbeiter/innenkontakte zulassen, abgebaut werden.
- *Einbeziehung*
  Die Konsumenten/innen sollen in die Inszenierung miteinbezogen werden und den gesamten Ablauf des Leitweges mit Spannung folgen können. (vgl. Kreft 2002: 509ff.)

2.3 Fassade und Eingang

Ein wichtiges Instrument, um die Unternehmensidentität nach außen zu transportieren, ist die Fassade. Durch sie wird die Philosophie des Unternehmens der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Um die Aufmerksamkeit von Passanten/innen beim Durchwandern von Geschäftsstraßen zu erregen, bleiben nur wenige Sekunden. In diesem kurzen Augenblick muss das Warenbild die Passanten/innen ansprechen und ihr Interesse wecken, sich in den Verkaufsraum zu begeben. Somit beginnt der erste Kontakt des/der Konsumenten/in mit dem Geschäft durch das Wahrnehmen der Fassade. Sie muss die Bedeutung und Interessen des Unternehmens kommunizieren und sollte sich dabei eindrucksvoll und unverwechselbar präsentieren. Dabei setzt sich die Fassadengestaltung von Geschäftslokalen durch die Wahl der geeigneten Türöffnung, die Gestaltung des Schaufensters und die daraus resultierenden Einsichten in den Verkaufsraum zusammen. Somit ist der von außen sichtbare Bereich des Verkaufsraumes ein wichtiger Bestandteil der Fassadengestaltung. Dabei muss jedes Unternehmen branchenspezifisch abwägen, wie weit sie ihren Verkaufsraum von außen einsehbar macht und welche Bereiche bewusst verschlossen bleiben sollen (vgl. Gretz 2000: 76f.; Kreft 2002: 663ff.; Pracht 2001: 88).

Schaufenster vs. Durchsichtfenster

Dem klassischen Schaufenster können zwei zentrale Aufgaben zugeteilt werden. Einerseits wird die Ware zur Schau gestellt und andererseits können die Konsumenten/innen durch das Fenster hinein schauen. Aufgrund dieses Zur-Schau-Stellen der Ware wird die Schaufenstergestaltung oft mit der Inszenierung eines Bühnenbilds verglichen. Gegenwärtig versuchen Unternehmen, sich zunehmend von der rein statischen Präsentation der Ware zu entfernen und die Inszenierungen erlebnisreicher zu gestalten.
Um dem Schaufenster eine bühnengleiche Atmosphäre zu vermitteln werden Licht und Farbeffekte theatralisch kombiniert und so die

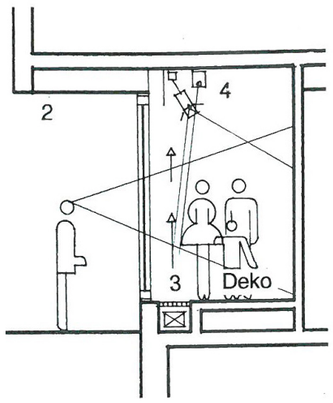


Abb. 07: Schaufenster.

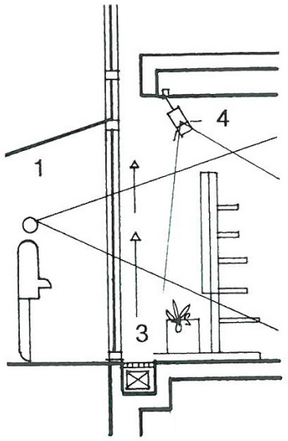


Abb. 08: Durchsichtsfenster.

Konsumenten/innen mit ihren Träumen und Wünschen konfrontiert (vgl. Schwanzer 1988: 79). Dabei charakterisieren sich Schaufenster als in sich abgeschlossene Räume, die nach außen zur Straße hin verglast sind (vgl. Abb. 07). Dem entgegengesetzt sind Durchsichtfenster. Diese erlauben einen ungehinderten Blick in die Verkaufsräume und die Kunden/innen werden ohne spürbare Schwelle in den Verkaufsraum geleitet (vgl. Abb. 08). Somit wird nicht nur die Fläche des Verkaufsraumes vergrößert, sondern die Kunden/innen werden durch ihre Aktivitäten in die Dynamik der Schaufenstergestaltung miteingebunden.
Entscheidend ist für jedes Unternehmen, sich bei der Planung im Klaren darüber zu sein, durch welche Strategie die Darstellung des Unternehmens am besten gewährleistet ist (vgl. Gretz 2000: 79f.).

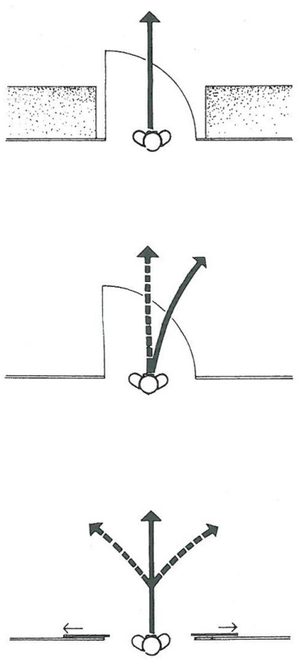


Abb. 09: Eingangsvarianten und die daraus resultierende Laufrichtung.

Eingangslösungen

Um die Konsumenten/innen in das Geschäft zu leiten, sind die richtige Lage und die formale Gestaltung des Eingangs entscheidend. Somit beginnt die Planung des Leitweges mit der geeigneten Wahl des Eingangsbereichs (vgl. Abb. 09). Dafür muss der/die Planende verschiedene äußerliche und bauliche Aspekte gegeneinander abwägen, um so die ideale Eingangslösung zu generieren.

Zu den äußerlichen Faktoren zählen:
- die Außenwirkung,
- die Einsicht in das Geschäft,
- Haltestellen, Parkmöglichkeiten,
- Niveauunterschiede zwischen innen und außen und
- der Bedarf nach einem Sonnendach oder einem Regenschutz, etc.

Zu den geschäftsbezogenen Faktoren hingegen zählen:
- die erforderliche Breite des Eingangs,
- die Verbindung des Eingangsbereiches zu Kassen und Informationsplätzen,
- die Weiterführung der Kunden/innen im Verkaufsraum, etc.

Neben der Eingangsplanung wird der Leitweg maßgeblich von der Gestaltung des Kassenpools und einer möglicherweise vorhandenen Treppe beeinflusst. Wobei sich die Treppe als erneuter Eingang in ein weiteres Geschoss interpretieren lässt. Der Eingangsbereich ist eine der wichtigsten Zonen am Beginn des Verkaufsraumes. Beim Betreten des Verkaufsraumes müssen die Kunden/innen auf diesen vorbereitet werden, ihr Tempo sollte vermindert werden und ihre Aufmerksamkeit am Beginn wird genutzt, um sie über wichtige Warenbilder zu informieren. Die Kunden/innen sollen die wichtigsten Rauminformationen über Info-Pools, Selbstbedienungs- und Marktbereiche sowie die Kassenzonen bestmöglich erfassen. Dafür darf der Eingangsbereich nicht zu sehr mit Waren oder Informationen überlastet werden. Für die Kunden/innen soll beim Betreten der symbolische rote Teppich ausgerollt werden, wo sie begrüßt und empfangen werden. Da der Eingangsbereich oft auch als Ausgangsbereich dient, muss die Verabschiedung der Kunden/innen ebenfalls in dieser Zone inszeniert werden (vgl. Gretz 2000: 81f.; Kreft 2002: 671ff.; Pracht 2001: 90).

2.4 Das Sortiment

Einer der wichtigsten Aspekte der Ladenplanung ist die Sortimentspolitik. Diese wird von Beginn an mitgedacht und hat direkten Einfluss auf andere planerische Maßnahmen, da für die Ladenplanung Sortiment und Raum zu einer Einheit verschmelzen sollen. Für den Verkaufsraum ist der Umgang mit dem Sortiment sehr entscheidend. Der Raum gibt Grenzen und Eigenarten vor, die auf das Sortiment wirken müssen. Die Mengenvorgaben aus dem Sortimentsplan werden an die vorhandenen Raummöglichkeiten angepasst. Wobei große Warenmengen im vergleich zu jenen die eine geringe Warenfülle aufweisen, eher den Eindruck von geringerer Wertigkeit vermitteln. In größeren Verkaufsräumen kann es durchaus möglich sein, dass es zu Doppel- oder Mehrfachplatzierungen kommt, um die Erwartungen der Konsumenten/innen zu erfüllen.

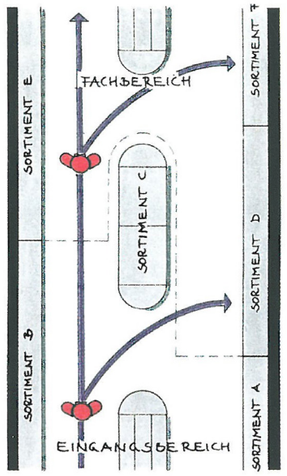
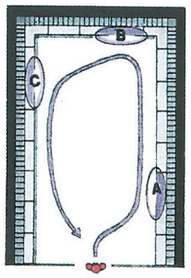


Abb. 10: Versetzte Sortimentsgrenzen an gegenüberliegenden Wänden.

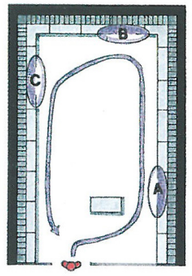
Für die Erstellung des Sortimentsplans sind neben den Mengen, die Reihenfolge und die Gewichtung im Leitweg für das Raumkonzept entscheidend. Für die Platzierung der Ware wird das Sortiment in Bedarfsgruppen eingeteilt, welche durch eine produktübergreifende Bündelung die Wünsche der Kunden/innen wiederspiegeln soll. Ware, deren Bezug zueinander nicht eng genug ist, so dass sie in Bedarfsgruppen zusammengefasst werden können, werden durch geeignete Sichtverbindungen zu gegenüberliegenden Regalen präsentiert. Um weichere Übergänge zwischen den Sortimentsgruppen zu erzeugen, werden korrespondierende Sortimentsteile an gegenüberliegenden Wänden versetzt platziert (vgl. Abb. 10). Durch die entstehende Sortimentsgrenze können eintretende Kunden/innen, die im Eingangsbereich auf allgemeines Sortiment treffen, durch einen sanften Übergang zur Ware des Fachbereiches geleitet werden. Die harte Grenze im Sortiment wird aufgehoben und die Kunden/innen werden sortimentslogisch zum nächsten Bereich geleitet. Für Konsumenten/innen, die noch unentschlossen durch den Verkaufsraum schlendern, wird eine Richtung vorgegeben, die durch eine logische Warenplatzierung eine Ordnung erhält. Ist es nicht möglich, eine logische Abfolge des Sortiments zu erzeugen, müssen entsprechende Informationen gegeben werden.

Über die Sichtbarmachung des Sortiments werden die Warenbilder und die Warenraumgestaltung definiert. Der/die Ladenplaner/in muss die weniger wichtigen Raumabschnitte erkennen und den Leitweg so planen, dass jeder Raumabschnitt mit dem richtigen Sortiment ausgestattet wird. Um eine logische Sortimentserschließung zu gewährleisten, ist es wichtig, sich darüber im Klaren zu sein, dass es nicht möglich ist, das ganze Warensortiment derart zu präsentieren, dass die Kunden/innen *alles* vollständig wahrnehmen können. Für die Kunden/innen stellen sich jene Waren als wichtig dar, die am offensichtlichsten präsentiert sind; nicht unmittelbar wahrgenommene Ware wird gar nicht erst bedacht. Die Prioritäten der Kunden/innen müssen dabei erkannt werden und durch die Warenleitbilder für die Kunden/innen sichtbar gemacht werden (vgl Gretz 2000: 38f.; Kreft 2002: 296ff., 509ff., 605ff.; Pracht 2001: 28).

Warenleitbilder



(a)



(b)

Abb. 11: Ein starkes Warenleitbild A zieht die Kunden/innen nach rechts und leitet sie über B zu C. Ein Tisch verstärkt den Sog nach rechts (b).

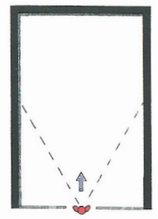
Die wichtigsten Waren, die eine leitende Funktion haben, werden im Leitweg zu Warenleitbildern. Diese Highlights im Sortiment sollen die Konsumenten/innen anziehen und sie von Warenleitbild zu Warenleitbild durch den Verkaufsraum leiten (vgl. Abb. 11). Für einen funktionierenden Leitweg ist es erforderlich, die Warenleitbilder durch unterschiedliche Präsentationsformen darzustellen, um dadurch die Aufmerksamkeit der Kunden/innen zu erhöhen. Dafür können unterschiedliche Farbinszenierungen sowie wechselnde Beleuchtungseffekte eingesetzt werden. Generell wird zwischen raumorientierten und sortimentorientierten Warenleitbildern unterschieden. Erstere sind natürliche Gegebenheiten, die im Raum durch die direkte Sicht oder die günstige Lage ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt werden. Von sortimentorientierten Warenleitbildern spricht man, wenn ein Warenleitbild künstlich, z.B. durch das gewählte Design des Warenträgers, in den Vordergrund gerückt wird. Die Gestaltung der Warenleitbilder wird durch die Fernwirkung, dem Zugehen und durch die Nahwirkung bestimmt. Es sollte von der Ferne kommend von oben nach unten für das Auge erschlossen werden.

Nicht für jedes Unternehmen wird die Ordnung des Sortiments zum Konzept. Denn auch ein vermeintliches Chaos kann bei bestimmten Zielgruppen die gewünschte Aufmerksamkeit erwecken, wie beispielsweise in Antiquariatsgeschäften oder Flohmärkten zu beobachten ist. Obwohl hier die Warenpräsentation willkürlich wirkt, besitzt dieses Chaos eine innere Logik, welche die Kreativität der Kunden/innen anspricht und sie dazu einlädt, das Sortiment zu entdecken (vgl. Kreft 2002: 513ff., 568f., 614ff.; Pracht 2001: 48).

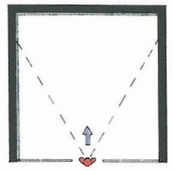
2.5 Erschließung des Sortiments

Wie soeben beschrieben, setzt sich der Verkaufsraum aus Warenbildern und Raumbildern zusammen; durch die Anordnung dieser entsteht die Verkaufsraumgestaltung. Durch die Sortimentspolitik werden die Warenbilder bestimmt und als Warenleitbilder zu wichtigen Elementen in der Verkaufsraumstrategie.

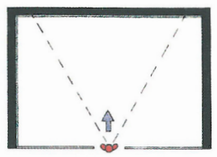
Die Erschließung des Raumes, also des Sortiments, geschieht durch aneinander gereihte Warenraumbilder, die der Leitweg vorgibt. Der Leitweg ergibt sich aus den Leitelementen des Raumes (Dimension, Säulen, Pfeiler, Wände) und des Sortiments. Durch die Verknüpfung dieser Leitelemente werden Leitbilder gestaltet, die sich für die Konsumenten/innen in einem nachvollziehbaren Weg durch das Sortiment und den Raum ablesen lassen.



(a)



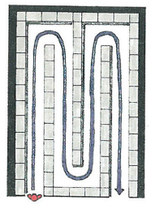
(b)



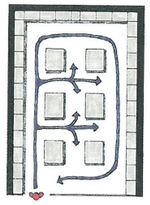
(c)

Abb. 12: Raumeindrücke: (a) Tiefer Raum: Staffelung hintereinander, klare Raumerschließung. (b) Quadratischer Raum: Konzentration der Raumeindrücke in der Mitte. (c) Breiter Raum: Raumeindrücke nebeneinander, unklare Erschließung (rechts oder links).

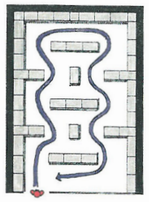
Zwangsweg



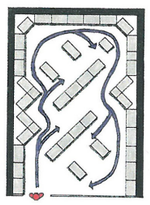
Kreuzprinzip



Kojenprinzip



Diagonalprinzip



Sternprinzip

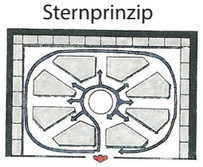


Abb. 13: Grundlegende Erschließungsprinzipien in Läden.

Durch geschickte ladenbautechnische Maßnahmen werden für die Konsumenten/innen die richtige Distanz, Sichtweise und Reihenfolge beim Erleben der Warenbilder geschaffen. Beim Planen eines Leitwegs muss darauf geachtet werden, dass sich dieser für die Kunden/innen nicht wie ein Zwangsweg anfühlen darf. Dafür bedient man sich der Strategie eines Hauptleitweges *(Loop)* der alle Raumteile und Sortimentsgruppen erschließt. In manchen Geschäften wird dieser Hauptleitweg durch deutliche Markierung oder einen differenten Fußbodenbelag hervorgehoben. Werden zur Unterstützung Lichtrohre in der Decke geplant, sollte man darauf achten, dass der Gang nicht stärker inszeniert wird, als die präsentierte Ware.

Für die Planung des *Loops* sind vor allem die Form und die Größe des Verkaufsraumes entscheidend (vgl. Abb. 12). Meistens ist es schwieriger, einen geeigneten *Loop* für große Verkaufsräume zu planen, da große Flächen für die Konsumenten/innen eher orientierungsschwach sind.

Abbildung 13 zeigt verschiedene Erschließungsprinzipien die als Ausgangspunkt für die Planung des Hauptleitweges verwendet werden. Dabei sind die Hauptleitwege aufgrund ihrer Wichtigkeit meist breiter gestaltet, als die sich abzweigenden Nebenleitwege, mit denen der gesamte Warenraum erschlossen wird. Ein weiteres Kriterium zur Festlegung der Gangbreiten sind die zu erwartenden Kunden/innenfrequenzen. Dabei entwickelte sich der Trend in den letzten Jahren eher weg von einem überfüllten Warenangebot mit engen Gängen hin zu breiteren Gängen, die den Raum aufgelockert gestalten. Ist es allerdings notwendig, engere Gänge zu planen, ist darauf zu achten, dass die Ware nicht zu weit unten in den Regalen platziert wird, da diese von den Kunden/innen nicht mehr ausreichend wahrgenommen werden. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass die unentschlossenen Kunden/innen die breiteren Gänge für wichtiger erachten und diese öfter benutzen. Besonders für sehr große Verkaufsräume ist es entscheidend, dass die Länge der Gänge und damit auch die Gehgeschwindigkeit der Konsumenten/innen beschränkt werden. Das Tempo beim Durchwandern des Verkaufsraumes hat direkten Einfluss auf die Aufmerksamkeit, die die Kunden/innen der präsentierten Ware schenken. Bei zu langen und geraden Gängen besteht die Gefahr, dass es zur Erzeugung von *Rennstrecken* kommt und das Warenangebot nicht mehr vollständig wahrgenommen wird. Um zu lange Gänge bei großen Verkaufsräumen zu vermeiden, werden oft Plätze zur Strukturierung eingeplant. Sie sind eine wichtige Orientierungshilfe, die in Kreuzungsbereichen der Gänge angelegt werden und mit Informationen versehen werden, die den Kunden/innen die Entscheidung zum Weitergehen erleichtern sollen. Diese Orientierungszonen werden oft auch als Verweilzonen geplant und können zur besonderen Akzentuierung auch mit Sitzmöbeln ausgestattet werden, um als Kontakt- und Kommunikationszonen den Verkaufsraum aufzulockern. Verschachtelt man den Leitweg hingegen zu sehr, leidet die Übersichtlichkeit darunter. Dies wiederum führt zu erhöhtem Stress, insbesondere bei überfüllten Verkaufszeiten. Wird bei der Planung auf Flexibilität der Gestaltung des Verkaufsraumes Wert gelegt, muss diese Flexibilität auch in die Gestaltung des Leitweges einfließen (vgl. Gretz 2000: 68f.; Kreft 2002: 509ff., 518ff., 542ff.; Pracht 2001: 48).

2.6 Warenpräsentation

Der traditionelle Lagerauftrag der Regale wurde mittlerweile durch immer interessantere Präsentation der Warenbilder und durch wirkungsvollere Warenträger abgelöst. Die Warenbilder tragen durch ihre unterschiedliche Form wiederum wesentlich zur Gestaltung der Warenträger bei. Die Warenträger sind ein wirkungsvolles Designelement, das entscheidend für die Verkaufsraumgestaltung ist. Dabei werden die Einrichtungssysteme an die Wegplanung, den Sortimentsbelangen und den baulichen Grenzen angepasst. Die Warenaufmachung bestimmt dabei die Auswahl des Systems. Durch die saisonale Veränderung der Warenbilder in manchen Branchen müssen Warenträger Flexibilität und Veränderungen zulassen. Für die Entwicklung des Designs, wird neben den verschiedenen Materialien auch die Verbindung zur Decke, dem Fußboden und die Beleuchtung der präsentierten Ware mitgestaltet. Der Warenträger muss die Ware nicht nur lagern, sondern sie auch in den Blickpunkt der Konsumenten/innen rücken. Die Produkte sollen in allen Positionen optimal dargestellt werden können. Dabei sollte immer die Ware im Vordergrund der Inszenierung stehen und nicht der Warenträger selbst (vgl. Gretz 2000: 158ff.; Kreft 2002: 383ff.; Pracht 2001: 142).

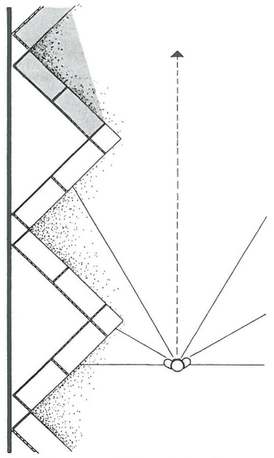


Abb. 14: Durch gefaltete Regalwände wird das Warenangebot vergrößert und die Waren werden durch eine frontalere Perspektive dargestellt.

Wände

Die Regale an Wänden sind meist raumhoch, um möglichst viel Ware zu lagern. In einigen Fachgeschäften blieb der raumbestimmende Faktor der Wände zwar erhalten, jedoch entschließen sich viele Unternehmen dafür, die wichtigeren Waren in der Mitte des Verkaufsraumes über Mittelmöbel zu präsentieren. Der große Vorteil der Wandgestaltung liegt darin, dass diese von überall sichtbar sind, weil sie die Mittelmöbel überragen. Neben der einfachen Lagerung der Waren können die Wände und Warenträger auch zur Störung des geordneten Leitsystems eingesetzt werden, um dadurch auf etwas Besonderes hinzuweisen. Um den raumbegrenzenden Wänden eine höhere Aufmerksamkeit zu verleihen oder um das Warenangebot zu vergrößern, können gefaltete Regalwände geplant werden. Dabei kommt es zu einer Blickidealisierung an dem vorgezogenen Regal, was aber wiederum einen Sichtschatten für den verdeckten Abschnitt zur Folge hat (vgl. Abb. 14). Hierfür muss man den gegenläufigen Konsumenten/innen besondere Beachtung schenken, da sie die im Sichtschatten befindlichen Waren als nicht beachtenswert empfinden. Um dies zu verhindern, muss der Leitweg eine ganz eindeutige Zielrichtung vorgeben. Obwohl es bei der Gestaltung von unruhigen Wänden zu einer erhöhten Aufmerksamkeit kommt, sind diese Systeme aufgrund des höheren Aufwands in der Realisierung weniger gebräuchlich als gerade Wände (vgl. Kreft 2002: 520ff.).

Strukturierung der Innenmöbel

Nicht immer können die Verkaufsräume nur über die begrenzenden Wände erschlossen werden. Insbesondere bei größeren Räumen ist der Parallelabstand der Wände zu groß und kann dadurch von den Kunden/innen nicht mehr erfasst werden. Darum wird der Verkaufsraum mit Mittel- und Innenmöbeln, wie etwa Regalen, Vitrinen und Tischen ausgestattet, um diesen zu ordnen. Um eine gute Übersichtlichkeit und einen terrassenartigen und geordneten Verkaufsraum zu gestalten, sind flache Tische, Podeste und niedrige Innenmöbel nötig. Innenmöbel werden oft auch für kurzzeitige Angebote verwendet. Den Konsumenten/innen können dadurch wichtige Hinweise und Anregungen für besondere Produkte geboten werden. Um funktionierende Warenträger zu gestalten, werden der Mensch und seine physiologischen Eigenschaften als Gestaltungsmaß angenommen. Durch die Ergonomie des Warenträgersystems soll gewährleistet werden, dass der Kunde die Ware optimal sehen und greifen kann (vgl. Gretz 2000: 68f., 158ff.; Kreft 2002: 383ff., 713ff.; Pracht 2001: 142).

Regale

Nicht nur das Design der Regale hat sich in den letzten Jahren durch neuere Herstellungsmethoden stark verändert, auch in seiner Erscheinung ist es selbstständiger geworden und folgt nicht immer nur den Wänden, sondern steht auch frei im Raum. Die Anforderungen, die an die Regalgestaltung gestellt werden, haben sich stark erweitert. Damit die Warenträger ihrem Verwendungszweck entsprechend gestaltet werden können wird das Regal in Zonen entsprechender Nutzung unterteilt (vgl. Abb. 15). Neben dem einfachen Verwahren der Ware wurden durch die Zugabe von Informationen und Erklärungen immer spannendere Warenträger erzeugt, welche die Warenbilder im Verkaufsraum unterstützen. Werden Information über der Greifzone des Regals geplant, sind diese meist für die Fernwirkung gedacht und es ist wichtig, dass die Beschriftungen oder die Displays nicht von Kunden die am Regal stehen verdeckt werden. Für die verschiedenen branchenbezogenen Unternehmen steht eine Vielzahl von unterschiedlichen Regaltypen zur Auswahl bereit. Grundsätzlich werden die Regale aufgrund ihrer tragenden Teile unterschieden (vgl. Gretz 2000: 176ff.; Kreft 2002: 388ff.; Pracht 2001: 158).

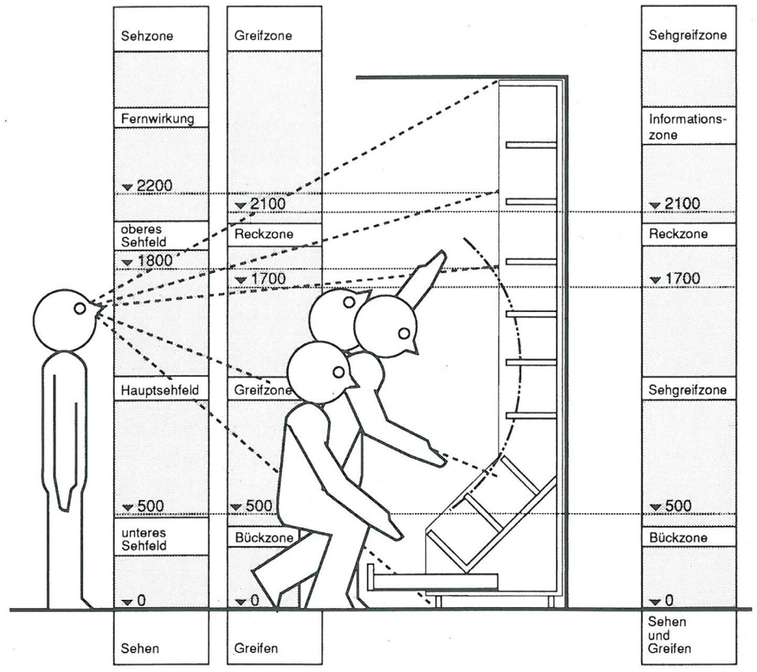


Abb. 15: Ergonomische Gestaltung und unterschiedliche Zonen bei der Regalgestaltung.

Vitrinen

Durch Vitrinen werden meistens ganz besondere Warenbilder erzeugt. Wird normalerweise versucht, die Distanz zwischen Ware und Konsumenten/innen so gering wie möglich zu halten, gilt für Vitrinen das entgegengesetzte Prinzip. Die Ware wird hinter verschlossenem Glas präsentiert und somit zu etwas Besonderem. Den Reiz dabei macht die begrenzte Zugänglichkeit aus, welche die Neugierde der Konsumenten/innen wecken soll. Der Zugang zur Ware muss durch den/die Verkäufer/in freigegeben werden, was zu einer gewünschten Kommunikation zwischen Mitarbeiter/in und Kunde/in führt, wodurch dieser von der Qualität des Produkts überzeugt werden kann. Durch diese Besonderheit werden Vitrinen zu sehr starken Warenleitbildern im Verkaufsraum. Bei der Planung von Vitrinen kommt der Lichtgestaltung eine sehr große Bedeutung zu, da sich durch die Verglasung störende Lichteffekte bilden können (vgl. Gretz 2000: 190ff.; Kreft 2002: 403ff.; Pracht 2001: 148ff.).

Podeste

Als Podest werden Kastenwürfel bezeichnet, die es ermöglichen, den Verkaufsraum in eine veränderbare Terrassenlandschaft zu verwandeln und so interessante Warenbilder entlang des Leitweges zu gestalten. Die Waren werden durch ihre verschiedenen Größen und Farben zu einem Block inszeniert und für eine ergonomische Betrachtung in die richtige Höhe gebracht (vgl. Abb. 16). Vor allem kleine Objekte können durch ein Podest in die spezielle Ausstellungshöhe gebracht werden (vgl. Gretz 2000: 187f.; Kreft 2002: 407f.; Pracht 2001: 132).

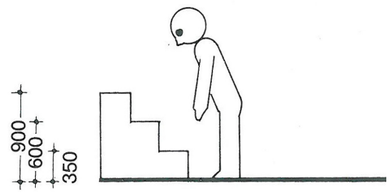


Abb. 16: Podest.

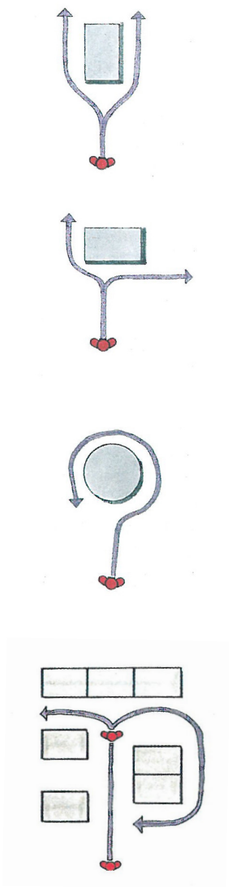


Abb. 17: Einfluss der Tischform auf den Lauf der Konsumenten/innen.

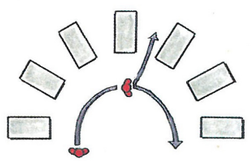


Abb. 18: Rundgruppe: Festhalten der Kunden/innen im Zentrum - abhängig von der Durchgangsbreite.

Tische

Für die Gestaltung besonderer Warenbilder werden Tische oft von der übrigen Einrichtung freigestellt und durch ein besonderes Design akzentuiert. Die Aufbauten der Tische werden durch die Stapelung der Ware oder der Verpackung erzeugt. Um einen stufenartigen Effekt zu erzeugen, werden sie wie Podeste in verschiedenen Höhen angelegt und erlauben so eine große Variabilität in der Warenbildgestaltung. Zur Erzeugung eines marktähnlichen Flairs reicht meist ein einziger Tisch zur Präsentation der Ware aus. Um Einzeltische in den Mittelpunkt der Wahrnehmung zu rücken, kommen oft runde Tische zum Einsatz, wodurch die Menschen dazu verleitet werden, rundherum zu gehen und so die Ware von allen Seiten zu betrachten. Die Gestaltung der Tische, sowohl im Einzelnen als auch ihre Anordnung in Gruppen, entscheidet über die Wirkung auf die Konsumenten/innen (vgl. Abb. 17 und 18). Zusätzlich trägt die Umgebung, d.h. die Bezugswände, Säulen, Kassen oder die Eingangsnähe der Tische zu deren Erscheinung und Wirkung bei (vgl. Gretz 2000: 187f.; Kreft 2002: 409; Pracht 2001: 130).

Innenregale

Der große Vorteil von Regalen, die frei im Raum positioniert sind, ist ihre allseitige Zugänglichkeit. Wie in Abbildung 19 zu sehen ist werden Innenregale normalerweise bis zu einer Höhe von 160 cm ausgeführt. Wird diese Höhe überschritten, spricht man von Wandregalen die meist zur Teilung in den Raum gestellt werden (Kreft 2002: 411; Pracht 2001: 158f.).

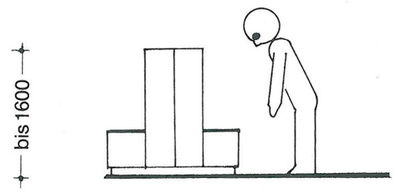


Abb. 19: Innenregal.

Ständer und Stopper

Während Ständer frei im Raum stehende Regale sind, die von allen Seiten zugänglich sind, haben Stopper den besonderen Auftrag aufzufallen. Sie dienen als Blickfänger die bestimmte Information bereitstellen sollen (vgl. Gretz 2000: 193f.; Kreft 2002: 414f.).

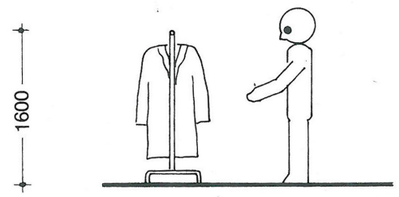


Abb. 20: Ständer.

Theken

Die Theke ist meist ein sehr dominierendes Warenleitbild im Leitweg. Theken werden oftmals in Verbindung mit abgepackter Ware zur Selbstbedienung gestaltet, wobei innerhalb der Theke ebenfalls unterschiedliche Warenbilder präsentiert werden. Ist bei der Planung davon auszugehen, dass die Theke das wichtigste Warenleitbild darstellt, müssen die Konsumenten/innen vom Eingang über das abgepackte Zusatzangebot der Waren zur Theke, zum Kassenplatz und wieder zum Ausgang geführt werden (vgl. Gretz 2000: 187f.; Kreft 2002: 550; Pracht 2001: 134f.).

2.7 Der Kassabereich

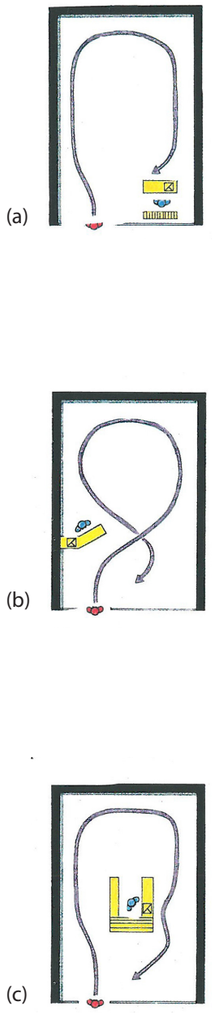


Abb. 21: (a) Kassa am Ende des Loops. (b) Dominante Wandkasse: Beeinflusst den Loop. (c) Eine Mittelkasse unterstützt den Loop.

Neben der Planung des Eingangsbereiches und einer Treppe bei mehrgeschossigen Verkaufsräumen ist der Standort der Kassa einer der wichtiger Funktionsbereich. Normalerweise werden die Kassenmöbel an das Ende des Leitweges gesetzt, da die Konsumenten/innen zuerst an der Ware vorbeigeführt werden sollen, bevor sie die Ware bezahlen. Dabei soll der Kassenstandort nicht nur die Funktion des Kassierens übernehmen, sondern auch eine informierende und helfende Funktion für die Konsumenten/innen anbieten. Besonders in Fachgeschäften dient der Kassenbereich auch als Auskunftsplatz, an dem die Kunden/innen Informationen erhalten. Die richtige Lage des Kassenstandortes ist von der Bedeutung und Funktion des Leitweges abhängig (vgl. Abb. 21). Eine gute Kassenlösung ist dann gegeben, wenn die Kunden/innen beim Betreten des Geschäfts zuerst die Ware und ihre Einführungsfunktion für den Raum spüren und erst auf den zweiten Blick den Kassenstandort wahrnehmen. Die Kontrollfunktion der Kasse sollte erst beim Verlassen des Geschäfts spürbar werden. Die Mitarbeiter/innen sollen allerdings vom Kassenbereich aus den Ein- und Ausgangsbereich überblicken können. Falls es der Verkaufsraum zulässt, wird der Kassenbereich soweit wie möglich in den Verkaufsraum hineingeschoben, sodass dieser gerade noch vom Eingangsbereich sichtbar ist. Bei kleineren Geschäften kann es jedoch notwendig sein, den Kassenbereich direkt neben dem Eingang anzusiedeln. In diesen Fällen kann man versuchen, den Kassenpool hinter dem Schaufenster anzuordnen ohne von außen direkten Einblick auf den Abrechnungsbereich zu gewähren (vgl. Abb. 21a). Wenn das Geschäft einen eigenen Informationsraum benötigt, kann dieser von den Kassenbereichen getrennt werden, um besonders in Stoßzeiten eine Entlastung zu gewährleisten. Da die Wege zu den Kassen und Informationsbereichen hoch frequentierte Wege sind, können diese Pflichtwege für die Erschließung besonderer Sortimentsbereiche verwendet werden. Besonders die Ware in der Nähe von Kassenbereichen erhält eine große Beachtung, da diese durch längere Kontakte eine größere Aufmerksamkeit erfahren. Deswegen wird dieser Schnittpunkt im Leitweg, der eine sehr hohe Leitfunktion aufweist, oft mit neuem Sortiment bestückt. Bei Unternehmen, die Waren für den täglichen Gebrauch anbieten, ist es eine gängige Methode spezielles Sortiment im Kassenbereich anzubieten; Fachgeschäfte verzichten hingegen oft auf dieses aufdringliche Kassensortiment. Für die Planung des Kassenplatzes muss insbesondere die Warteschlange mitgedacht werden. Anstehende Kunden/innen verdecken wichtige Waren und es muss genügend Platz eingeplant werden, der es den Konsumenten/innen ermöglicht, sich zu reihen ohne den Leitweg zu stören (vgl. Kreft 2002: 720ff.).

3. Analyse bestehender Programme

Ende der 1960er Jahre begannen zahlreiche Universitäten weltweit den Computer in der Architektur während der Planungs- und Gestaltungsphase miteinzubinden. Durch den weiteren Preisverfall des PCs in den 1990er Jahren wurden dann computerunterstütze Entwurfssysteme (*Computer Aided Architectual Design*) weiterentwickelt und zu einem festen Bestandteil in Architektur und Planungsbüros. In den Anfängen wurde der Computer meist zur Darstellung und Umsetzung von Entwurfsideen eingesetzt. Er wurde als Ergänzung oder zur Beschleunigung von Arbeiten, welche davor mit der Hand erledigt werden mussten, eingesetzt. Allmählich wird der Computer allerdings nicht mehr nur als Werkzeug eingesetzt, sondern von Beginn an in den Designprozess miteingebunden. Durch verschiedene generative Entwurfsprozesse werden die Formen nicht mehr nur im klassischen Sinne entworfen, sondern mittels der Unterstützung von computerbasierten Prozessen analysiert und verändert. Obwohl diese Entwurfsansätze nicht gänzlich neu sind und schon länger erforscht werden, erreichten sie erst in jüngerer Zeit praktische Relevanz (vgl. König 2008: 41ff; Schein 2007: 11f.).

Zur näheren Erläuterung dieser praktischen Relevanz werden in diesem Kapitel ausgewählte Projekte, welche sich mit computergestützten Entwurfsmethoden beschäftigen und für die Entwicklung des vorliegenden Programmes als Inspiration dienten, dargestellt. Jedes der dargestellten Projekte bezieht sich auf städtebauliche Prozesse. Wie aber im vorigen Kapitel bereits erläutert wurde, ist die Strukturierung von Städten denen von Verkaufsflächen sehr ähnlich.

3.1 KaisersRot

Kees Christiaanse Architects and Planners (KCAP), Markus Neppl, ETH Zürich, TU Kaiserslautern
http://www.kaisersrot.com/

Unter dem Titel *RaumLabor* wurde 2004 an der ETH Zürich unter der Leitung von Dr. Ludger Hovestadt ein Forschungsprojekt gegründet, das den Computer mit architektonischen Räumen zu synthetisieren versuchte. Durch die Analyse sollte sich ein Architekturbaukasten entwickeln lassen, der bestehende Techniken mit neuen verbindet. Dabei wurden unterschiedliche algorithmische Bausteine kombiniert, die einen Raum, ein Gebäude oder eine Siedlung nach individuellen Eingaben erstellten.
Aufgrund der baupolitischen Entwicklung in den Niederlanden, bei der es zu festgelegten Rahmenbedingungen von ausgewählten Baugebieten kam, welche den exakten Prozentsatz und die Größe der freistehenden Häuser, der Reihenhäuser, der Grünflächen, etc. regeln, wurde die Stadtplanung zunehmend von Generalplanern/innnen gesteuert. Um diesen Tendenzen entgegenzuwirken entwickelte KCAP eine eigene Entwurfsstrategie, indem sie die gesetzten Vorgaben durch formale Regeln und räumliche Anforderungen erweiterten. Dadurch entstand ein Verfahren zur Parzellierung von Bebauungsflächen, das eine hohe Komplexität erlaubt, welche durch eine manuelle Planung nicht oder nur mit sehr großem Aufwand realisiert werden könnte. Durch die Anwendung eines Trial-and-Error-Prinzips werden die Lösungsmöglichkeiten automatisch mit den vorher eingegebenen Parametern erarbeitet. Die Dauer des Planungsprozesses kann dadurch auf wenige Sekunden beschränkt werden.

Funktionsweise und Anwendung

Entgegen klassischen Top-down-Entwürfen des Städtebaus, welche vom großen Maßstab in den kleinen erarbeitet werden, wird ein Entwurf durch die Software KaisersRot im Bottom-up-Verfahren, also vom Detail zum Gesamten hin realisiert. Normalerweise werden etwa für ein Siedlungsgebiet zuerst die Straßenverläufe definiert, aus denen sich dann die Grundstücksgrenzen und die Bebauung ableiten. Hingegen werden hier die Häuser zu Urzellen im Entwurf, aus denen sich in der Folge die Grundstücke definieren. Deren Lage hat wiederum Auswirkungen auf die Erschließung des Areals.
Die Grundstücksparzellen handeln also in einem dynamischen Prozess mit ihrer Umgebung ihre Position und ihre Größe aus. Einzelne Parzellen ziehen sich dabei an oder stoßen sich von anderen ab, bis die gesamte Struktur in einem Gleichgewichtszustand verharrt. Um einen demokratischen Entwicklungsprozess zu gewährleisten, werden dabei alle Grundstücksplätze und ihre Bedürfnisse gleichberechtigt behandelt. In einem weiteren Schritt wird die Erschließung eingefügt, wodurch sich die Form der Grundstücke weiter verändert. Das entstandene Endergebnis ist von den eingegebenen Parametern abhängig und generiert sich selbst (vgl. Abb. 22). Somit können eine große Anzahl an unterschiedlichen Varianten in kurzer Zeit erzeugt werden. Durch diese Zeitersparnis kann der/die Architekt/in aus den erzeugten Varianten eine oder auch mehrere auswählen und diese detaillierter ausarbeiten.
Um den Nutzen der Software zu veranschaulichen, wurde diese während einer Ausstellung in Rotterdam als Bürgerbeteiligungsmodell simuliert. Die anwesenden Besucher/innen konnten in einem Formular ihre Wunschvorstellungen an ein Grundstück, wie beispielsweise die gewünschten Nachbarn/innen oder die Nähe zu Wald oder Wasser eintragen. Die Software errechnete dann in wenigen Sekunden den optimalen Platz des Grundstücks in der Siedlungsstruktur (vgl. Friedrich 2005: 40ff.; Hovestadt 2010: 26ff.).

Eine derartige Generierung von Lösungsmöglichkeiten ist ebenso denkbar für die Erzeugung von Verkaufsflächen und kann für die Platzierung der Sortimentsgruppen angewendet werden. Dazu müssen die Parameter, wie sie im Bürgerbeteiligungsmodell angewendet wurden, mit Parametern, die für die Ladenplanung relevant sind, adaptiert werden. Somit kann ein Sortimentsplan erstellt werden, der die einzelnen Sortimentsgruppen in ein Gleichgewicht bringt. Mögliche Parameter wie die Nähe zu Ein- und Ausgang oder welche Sortimentsgruppen benachbart sein sollen, müssen dafür integriert werden.

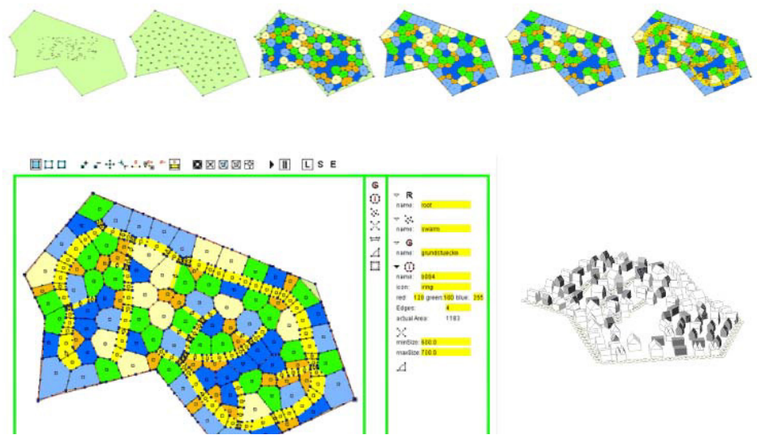


Abb. 22: Programmumgebung der KaisersRot Software.

3.2 Computergenerierte Stadtstrukturen

Grundlegende Methoden für die Simulation städtischer Entwicklungsprozesse

Reinhard König und Christian Bauriedel, TU Kaiserslautern

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den verschiedenen strukturbildenden Kräften, die bei der Entstehung von städtischem Gefüge auftreten. Dazu wurden Gesetzmäßigkeiten und Organisationsprinzipien von unterschiedlichen Siedlungsstrukturen untersucht, um die zugehörigen Kombinationsregeln zu entschlüsseln, die für solche Systeme relevant sind. Denn auch wenn die verschiedenen Städte eine Vielzahl an Formen und Mustern aufweisen, sind doch Gemeinsamkeiten in den Wegsystemen, der Bebauungsstruktur und der Dichte erkennbar. Um die Wesensmerkmale der unterschiedlichen Strukturen zu bewerten und zu erkennen, wurden verschiedene historische Perioden in der Entwicklung von Städten untersucht. Aus diesen Erkenntnissen wurde ein Systemmodell erzeugt, dass die Funktionsweise von Entstehungsprozessen aufzeigen und Rückschlüsse für die zukünftige Entwicklung von Städten ermöglichen soll, um diese besser deuten und prognostizieren zu können.

Funktionsweise und Anwendung

Aus der Analyse wird durch eine gezielte Abstraktion unter Zuhilfenahme von mathematischen Verfahren eine übergeordnete Struktur erzeugt. Dabei werden Prinzipien der Selbstorganisation angewendet, die nach dem Bottom-up-Verfahren arbeiten. Dieses Modell wird durch vier Grundebenen realisiert. Dabei setzen sich die Ebenen mit der zugrundeliegenden Informationsstruktur, den Erschließungswegen, der darauf aufbauenden Bebauung und der Optimierung nach gewissen Zielkriterien auseinander (vgl. Abb. 23). Für die Beschreibung weitere Entwicklungsprozesse werden auf den unterschiedlichen Ebenen Restriktionen eingeführt, die eine globale Steuerung nach dem Top-down-Prinzip erlauben. Durch die Gliederung in Ebenen können diese getrennt untersucht und behandelt werden. Dabei werden in den unterschiedlichen Ebenen verschiedene Algorithmen eingesetzt, um die verschiedenen Modellsysteme zu generieren. Die Informationsebene wird als Datenbank ausgeführt, von der die Steuerungsparameter gelesen und gespeichert werden. Für die Erzeugung der Erschließung werden verschiedene Anlagerungsprozesse zur Erzeugung der einzelnen Strukturen angewendet. Um die dreidimensionale Bebauungsstruktur zu erzeugen kommen zelluläre Automaten zum Einsatz. In der letzten Ebene werden Optimierungsprozesse implementiert, die es erlauben die erzeugte Struktur zu verändern. Dieser Prozess kann Auswirkungen auf die Flächennutzung, die Verringerung der Erschließungswege oder die gesamte Parzellierungsstruktur haben. Die mathematische Grundlage für die Optimierungsprozesse bilden diverse Agentensysteme (vgl. König und Bauriedel 2004: 8f., 35ff.).

Diese Gliederung in Ebenen zum Zwecke der Steuerung des Planungsprozesses, wird als Grundprinzip für die Erstellung des eigenen Programms übernommen. Die einzelnen mathematischen Beschreibungen der Teilbereiche können für die Erstellung dieses Projekts jedoch nicht berücksichtigt werden, da diese eher für Simulations- und Analyseprozesse verwendet werden und für die Umsetzung der eigenen Ideen zu wenig steuerbar sind.

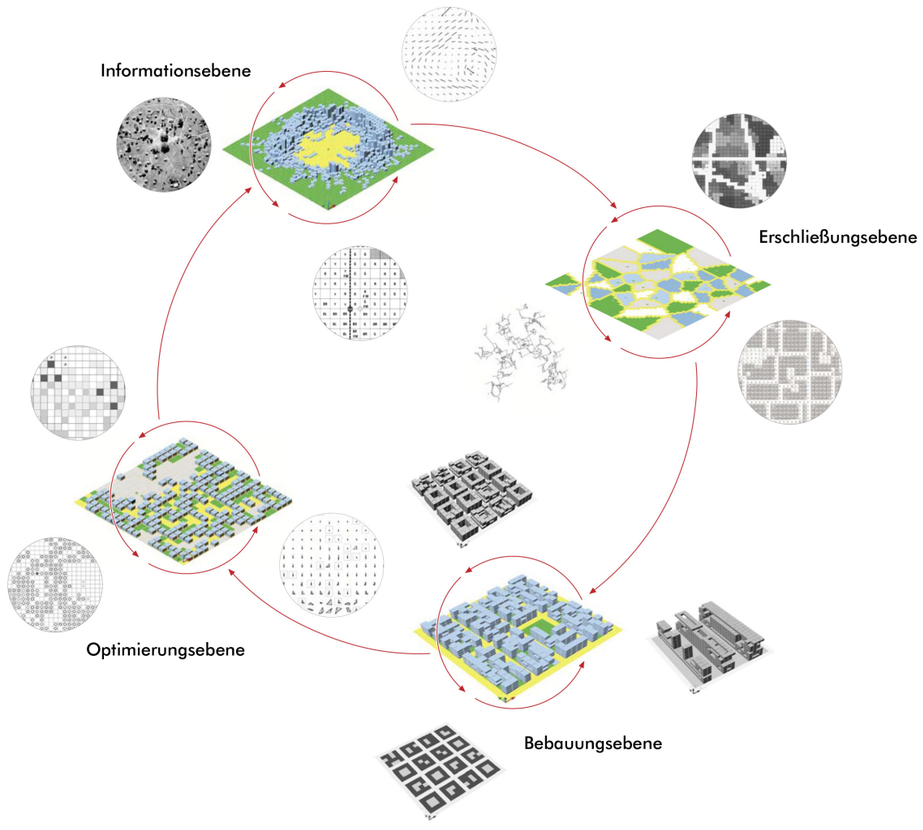


Abb. 23: Ebenenmodell der Entwurfsumgebung.

3.3 Modelur

Jernej Vidmar, University of Ljubljana

http://www.modelur.com

Mit diesem Programm sollen die quantitativen Aspekte bei der Planung von Stadtgebieten, wie etwa die Flächennutzung, die Bebauungshöhe und die Geschoßflächenzahl (Top-down) mit den qualitativen Aspekten, wie etwa der Gebäudeform und den Flächen zwischen ihnen (Bottom-up) kombiniert werden. Durch diese Kombination können die Planungsaufgaben in einem frühen, noch konzeptionellen Stadium der Planungsphase schnell erledigt werden.
Somit bleibt für die tatsächliche Realisierung und die detaillierte Umsetzung mehr Zeit übrig, da nicht zielführende Varianten schon im Vorhinein ausgeschlossen werden können.

Funktionsweise und Anwendung

Um die qualitativen und quantitativen Aspekte miteinander zu verbinden werden *parametric maps* eingeführt. Diese einfachen *bitmap images* werden in das zu entwickelnde Areal geladen. Über die Farbwerte der *parametric maps* werden die zuvor definierten Parameter durch den gewählten Standort beeinflusst. Wird ein Gebäude platziert und auf dem Areal verschoben wird zum Beispiel die Gebäudehöhe über die Helligkeit der Farbwerte in Echtzeit verändert. Wobei hohe Gebäude an dunklen Stellen erzeugt werden und niedrige an hellen. Durch die Definition von maximalen und minimalen Werten kann durch Interpolation die Gebäudehöhe auf dem ganzen Areal errechnet werden (vgl. Abb. 24 und 25).
Es können auch mehrere *maps* in das Areal geladen werden, die dabei unterschiedliche Parameter, wie die Geschoßhöhe und die Flächennutzung bestimmen. Diese können dann untereinander kombiniert werden, wobei sich verschiedene Flächennutzungen auf die benötigten Parkplätze auswirken können. Es muss nur darauf geachtet werden, dass die unterschiedlichen *images* nicht dieselbe Information bereitstellen. Somit macht es keinen Sinn, wenn die Gebäudehöhe mit der Anzahl der Geschoße gekoppelt wird. Ist das zu bebauende Gebiet definiert, kann durch die Änderung von grundlegenden Input-Parametern das gesamte Bebauungsgebiet in Echtzeit angepasst werden (vgl. Abb. 26). Da der/die Bediener/in des Programms auf seine/ihre Anpassungsvorgaben direktes Feedback erhält, kann er/sie eine große Anzahl an unterschiedlichen Varianten in sehr kurzer Zeit erzeugen. Durch die Zeitersparnis können mehrere Lösungen experimentell generiert werden und der Designprozess kann ausführlicher durchgeführt werden (vgl. Vidmar 2013: 311ff.).

Die spielerische Arbeitsweise dieser Software und die intuitive Bedienung werden als Grundprinzip für die Entwicklung des eigenen Projekts übernommen. Es soll in einem schnellen Arbeitsverfahren möglich sein, viele Varianten zu erzeugen und zu evaluieren, um Aufschluss darüber zu erhalten, welche der erzeugten Varianten einer genaueren Untersuchung unterzogen werden und für die tatsächliche Umsetzung und die detaillierte Ausführung in Frage kommen.

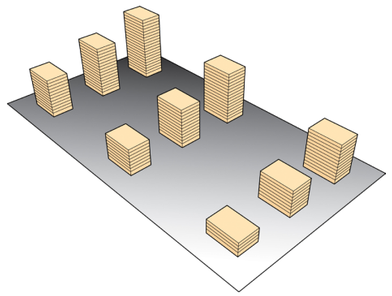


Abb. 24: Bestimmung der Gebäudehöhe durch die Farbwerte der *parametric maps.*

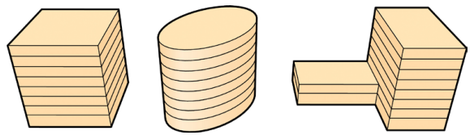


Abb. 25: Unterschiedliche Gebäudetypen die auf das Areal gesetzt werden können.

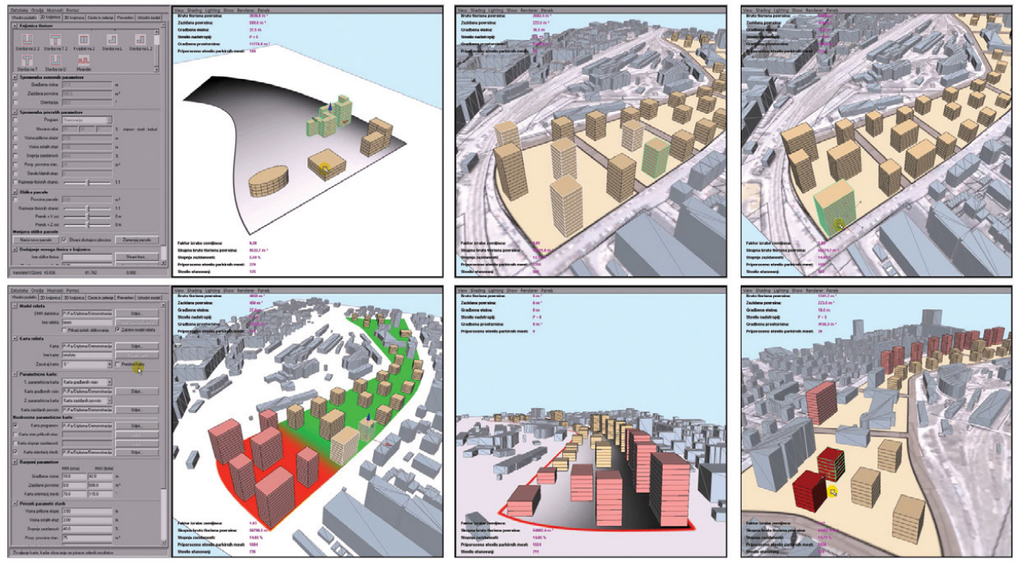


Abb. 26: Entwurfsgenerierung durch die Software Modelur

4. Aufbau des Entwurfswerkzeuges

Wie aus den Grundlagen der Ladenplanung bereits ersichtlich wurde, kommt es zu großen Unterschieden in der Gestaltung von Verkaufsflächen. Eine Software, die für unterschiedliche Branchen anwendbar sein soll und die jeweiligen Unternehmensphilosophien bestmöglich umsetzen kann, muss viele unterschiedliche Lösungsvarianten erzeugen können, um so den jeweiligen Ansprüchen gerecht zu werden. Die erzeugten Grundrisse sind dabei nicht als endgültig zu verstehen, sondern sollen dem/der Ladenplaner/in als Unterstützung in einer frühen Phase des Entwurfs dienen. Somit können experimentell verschiedene Varianten des Verkaufsraums generiert werden, um daraus die vielversprechendste für einen detaillierten Entwurf auszuwählen.

Für die Erstellung der Grundrisse werden drei Grundebenen eingeführt. In diesen Ebenen werden die Zonierung der Sortimentsbereiche, die Erschließungsabfolge der Zonen und die darauf aufbauende Möblierung der Geschäftsfläche gestaltet, welche in der Folge die Layoutierung der gesamten Geschäftsfläche durchführen. Der Vorteil dieser Herangehensweise liegt in der zusätzlichen Implementierung von Funktionen in den einzelnen Bereichen. Somit kann die Varianz der Lösungsmöglichkeiten schrittweise erweitert werden. Grundsätzlich wird das Entwurfswerkzeug in eine Generierungs- und Analysephase aufgeteilt, die Schnittstelle zwischen beiden Bereichen bildet der/die Ladenplaner/in. Für die Umsetzung des Entwurfswerkzeuges werden dafür zwei unterschiedliche Programme eingesetzt, die durch einen Datenaustausch miteinander kommunizieren, um die bereitgestellten Informationen zu verwerten (vgl. Abb. 27).

Nach dem Platzieren der einzelnen Produktgruppen wird für die Erzeugung der Sortimentsbeziehungen zwischen den Produktgruppen eine *Delauney Triangulation* angewendet. Dadurch kann nicht nur der Eingabeprozess zügig erledigt werden, sondern auch verhindert werden, dass der/die Benutzer/in Verbindungen setzt, die bei der rechteckigen Layoutierung nicht erstellt werden können.

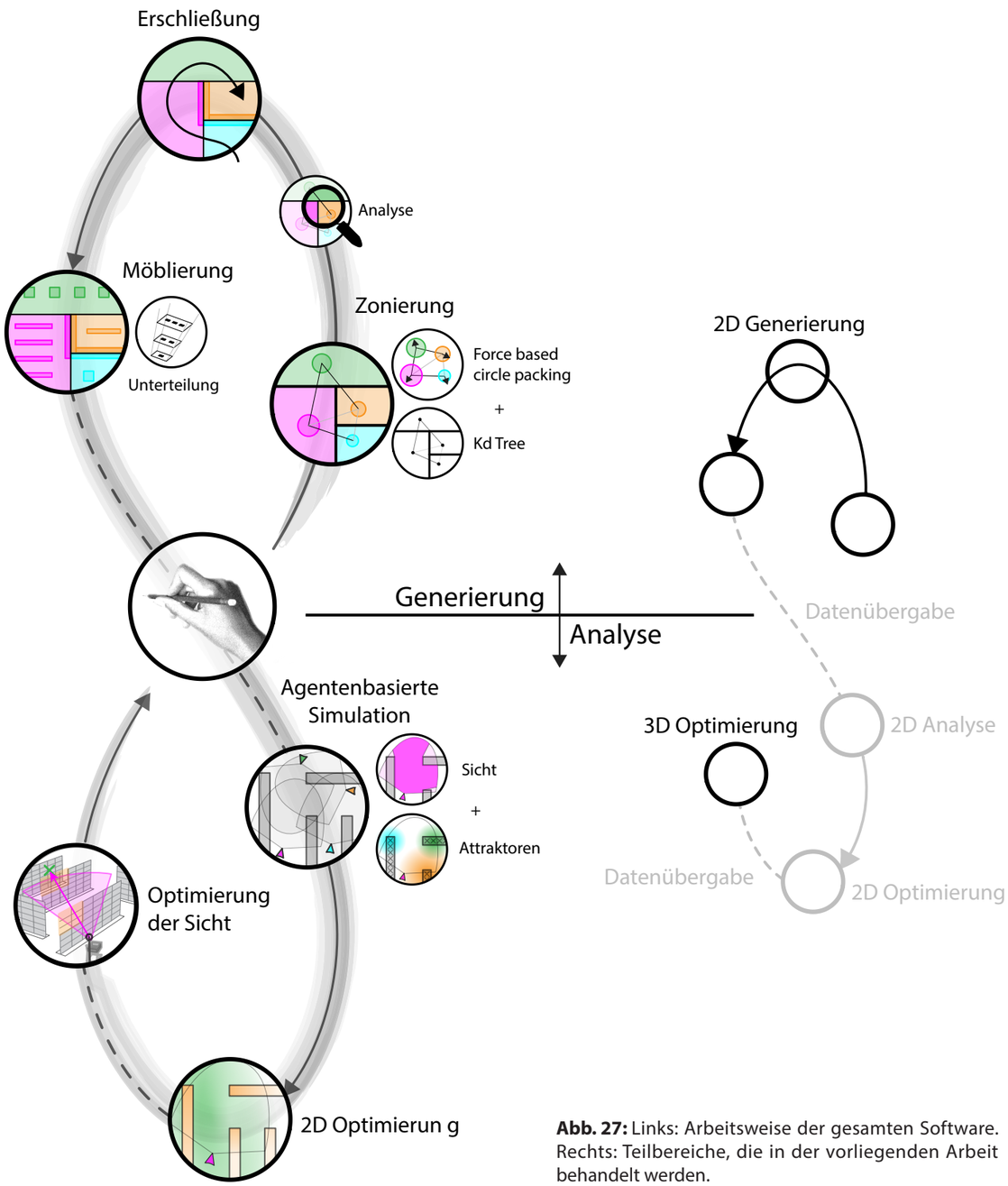


Abb. 27: Links: Arbeitsweise der gesamten Software. Rechts: Teilbereiche, die in der vorliegenden Arbeit behandelt werden.

Durch die Kombination eines *Force based circle packing*-Algorithmus und eines *Kd-Tree*-Algorithmus wird die Zonierung der einzelnen Produktgruppen errechnet. Die anschließende Analyse untersucht die erzeugte Struktur, um daraus die Erschließung der Geschäftsfläche und die Sortimentsreihenfolge zu definieren. Durch eine Verkleinerung des Sortimentsbereiches wird an den Bereichsgrenzen der *Kd-Struktur* der Hauptleitweg generiert. Abhängig von den eingegebenen Parametern der jeweiligen Produktgruppen werden die Innenmöbel generiert, wodurch die Layoutierung der Geschäftsfläche abgeschlossen wird. Zum Exportieren wird der erzeugte Grundriss in verschiedene Layer zerlegt und für die Weiterbearbeitung vorbereitet.

Die Evaluierung des erzeugten Geschäftsgrundriss wird mit Hilfe einer agentenbasierten Simulation durchgeführt. Diese Analyse kann nach verschiedenen Kriterien optimiert werden und zur weiteren Bearbeitung wieder importiert werden. Die Funktionsweise und die technische Umsetzung der Analyse sind in der Masterarbeit *„Agentenbasierte Analyse und Optimierung von Geschäftsgrundrissen“* von Moritz Rosenberg (2015) beschrieben. Durch die Bewertung der erzeugten Verkaufsgrundrisse werden diese vergleichbar und es kann eine Variante ausgewählt werden, die für die Umsetzung relevant ist. Mit der agentenbasierten Analyse des von der Software vorgeschlagenen Entwurfes werden die Hotspots des Geschäfts herausgefunden. Das bedeutet, dass jene Punkte im Raum, die den größten Besucherstrom aufweisen und die dazugehörigen Blickrichtungen aufgezeigt werden. Aufbauend auf diesen Daten wird eine dreidimensionale Regalflächenanalyse durchgeführt. Die bewerteten Regalflächen können nicht nur Aufschluss über die Platzierung des Sortiments und der Warenleitbilder geben, sondern auch in den gestalterischen Designprozess des Warenträgers integriert werden.

Im nächsten Kapitel werden die verschiedenen Computermodelle, die für die Realisierung des Programms nötig sind, beschrieben. Diese werden als Grundlage für die Entwicklung des Algorithmus implementiert und für die Erstellung der Grundrisse adaptiert. Die genaue Arbeitsweise des Entwurfswerkzeuges ist im sechsten Kapitel beschrieben.

5. Beschreibung der verwendeten Computermodelle

Ausgehend von den Überlegungen zur Entwicklung des Entwurfswerkzeuges werden in diesem Kapitel die Grundlagen der für die Software relevanten Computermodelle erklärt. Zur Lösung von Layoutproblemen in der Architektur wurden seit Anfang der 1960er Jahre verschiedene computergestützte Entwurfssysteme entwickelt. Dabei wird grundsätzlich zwischen direkten und iterativen Verfahren unterschieden. Durch eine umfassende Analyse eines Problems können durch direkte Verfahren Lösungen nach endlicher Zeit generiert werden. Iterative Verfahren hingegen nähern sich den Ideallösungen nur schrittweise und erzielen in der Regel nur Annäherungen an eine optimalen Lösung (vgl. König, Schneider und Knecht 2012: 24). Durch die Kombination von direkten (*Delauney Triangulation* und *Kd-Tree*) und iterativen (*Force based circle packing*) Prozessen kann eine schnelle Generierung von Lösungsvarianten erzielt werden.

5.1 Delauney Triangulation

Mit diesem mathematischen Verfahren kann für eine Punktmenge ein Dreiecksnetz erstellt werden bei dem das erzeugte Netz durch die größtmöglichen Winkel innerhalb der Dreiecke beschrieben wird, wodurch Verbindungslinien erzeugt werden, die durch die nächsten Nachbarn der Punktmenge definiert sind. Für die Berechnung der *Delauney Triangulation* können verschiedene Methoden angewendet werden. Hier wird nur die Umwandlung aus einem Voronoi-Diagramm beschrieben. Zur Konstruktion eines Voronoi-Diagramms werden zwei benach-

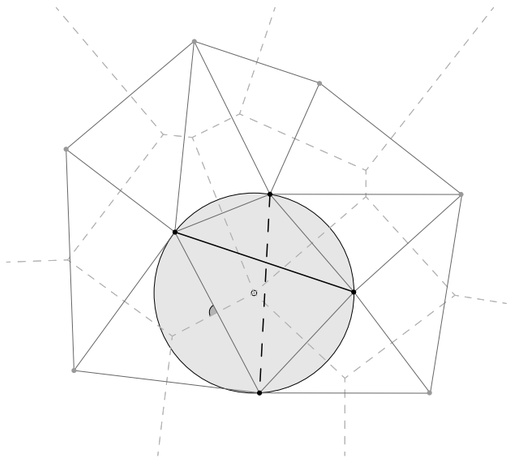


Abb. 28: Erstellung einer *Delauney Triangulation* durch ein Voronoi Diagramm.

barte Punkte einer Punktmenge durch eine Linie miteinander verbunden. Wird auf der halben Strecke dieser Verbindungslinie eine orthogonale Linie generiert, wird der Raum in zwei Bereiche geteilt, die dem jeweiligen Ausgangspunkt am nächsten sind. Wendet man dieses Prinzip für alle Punkte der Punktmenge an, entsteht eine Bereichsunterteilung, die für jeden Punkt die Region einfasst die ihr am nächsten ist. Um daraus die *Delauney Triangulation* abzuleiten werden die Punkte durch eine orthogonale Verbindungslinie auf den Voronoi-Kanten miteinander verbunden. Eine eindeutige Triangulierung ist dann gegeben, wenn die erzeugten Dreiecke im Netz durch einen Umkreis beschrieben werden können, der nur drei Punkte der Punktmenge beinhaltet. Sind mehr Punkte innerhalb des Umkreises, besitzen mehr als drei Voronoi-Zellen einen gemeinsamen Eckpunkt und es stehen für diesen Bereich zwei unterschiedliche Triangulierungsvarianten zur Auswahl (vgl. Abb. 28) (vgl. Pottmann et al. 2007: 615ff.).

5.2 Force based circle packing

In der Geometrie beschäftigt sich das *circle packing*-Problem mit der Anordnung von Kreisen an einer Oberfläche. Um die Kreise ohne Überlappung anzuordnen, müssen die möglichen tangentialen Verbindungen der Kreise untersucht werden (vgl. Stephenson 2005: 62f.).

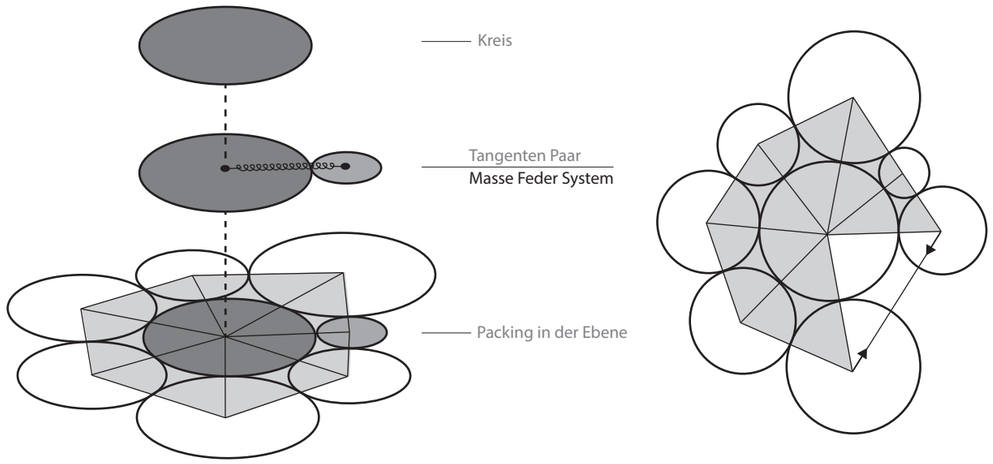


Abb. 29: *Force based circle packing* in der Ebene.

Die Simulation von physikalischen Prozessen wird als kräftebasiertes System bezeichnet. Durch Kraftfelder, die sich anziehen beziehungsweise abstoßen, können die topologischen Beziehungen und die geometrische Form von Elementen beeinflusst werden. Die Designabsichten können in ein Masse-Feder-System übersetzt werden, wobei der Anfangszustand in einem kraftmäßigen Ungleichgewicht startet und ein Simulationsprozess durch mehrere Iterationen ein Gleichgewicht erzeugt (vgl. König, Schneider und Knecht 2012: 28). Durch die Kombination dieser Prozesse können die Verbindungen, die die Kreispaare aufweisen, nach eigenen Vorstellungen verändert werden (vgl. Abb. 29).

5.3 Kd-Tree

Ein k-dimensionaler Baum (englisch *Kd-Tree*) ist nach J. L. Bentley eine simple Datenstruktur, die für Such- und Partionierungsaufgaben eingesetzt wird. Dieser Algorithmus ist eine dividierende Methode, die eine rechteckige Fläche durch bestimmte Regeln teilt. Ursprünglich wurden *Kd-Trees* zur Suche des nächsten Nachbarn in einer Datenstruktur oder als Suchalgorithmus in Datenbankapplikationen eingesetzt. Aufgrund ihrer hohen Durchsuchungsgeschwindigkeit, ihrer Effizienz und ihrer Genauigkeit werden sie auch für andere Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel bei der Gesichtserkennung oder für Raytracing Verfahren eingesetzt (vgl. Knecht und König 2012: 89f.).

Um eine *Kd-Tree* Struktur zu erzeugen wird eine begrenzte Punktmenge durch Schnittebenen, die parallel zu den Koordinatenachsen sind, unterteilt. Für die Erstellung eines *Kd-Trees* in der zweiten Dimension werden zur Unterteilung Linien eingefügt, für die dritte Dimension werden hierfür Ebenen ausgerichtet. Zur Bestimmung der Lage der Schnittlinie wird der Median- oder Mittelwert der Punktmenge berechnet. Für die Medianberechnung werden die Punkte zuerst abhängig von der Schnittdimension sortiert, um den mittleren Punkt in der Punktmenge zu bestimmen. Die Schnittebene wird anschließend durch den Medianpunkt geführt. Bei der Mittelwertberechnung wird die Position der Schnittlinie durch das arithmetische Mittel der Punktkoordinaten abhängig von ihrer Schnittdimension definiert (vgl. Abb. 30). Durch die Positionierung der Schnittlinie wird die Struktur an einem Knotenpunkt in zwei Untermengen, den sogenannten *sub trees*, geteilt. Die Punkte, die kleiner als der Schnittlinienwert sind, bilden den linken Ast und sind Bestandteil des *sub tree 1*. Die Punkte, deren Koordinaten größer sind, bilden den rechten Ast und sind Bestandteil des zweiten *sub trees*.

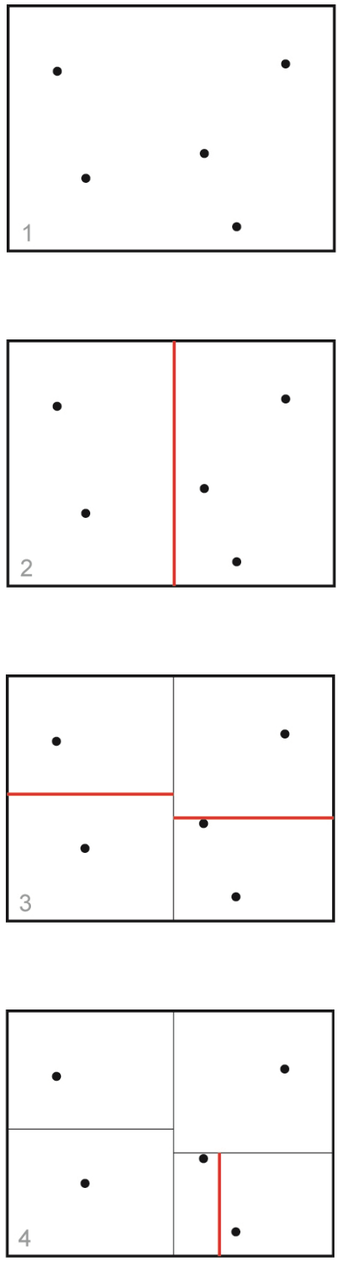


Abb. 30: Raumunterteilung durch einen *Kd-Tree* Algorithmus mithilfe der Mittelwertberechnung.

Nach diesem Prinzip wird die Unterteilung fortgeführt bis keine weitere Unterteilung mehr möglich ist oder ein bestimmter Grenzwert erreicht ist. Den erzeugten Schnittebenen wird jeweils eine Region zugeordnet, die wiederum Unterknoten und Unterregionen enthalten können. Die erzeugte Datenstruktur speichert den Datensatz durch eine Unterteilung des Raumes und liefert somit gleichzeitig ein Verzeichnis über ihren Speicherort (vgl. Abb. 31). Die Struktur und die geometrische Repräsentation des Baumes werden durch die Wahl der Unterteilungsregeln beeinflusst. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen punkt- und raumbasierten *Kd-Trees*. Dem punktbasierten *Kd-Tree* liegen einfache Schnittregeln zugrunde, welche die Reihenfolge der Schnittdimension als kontinuierliche Abfolge von Schnitten in x-, y- bis n- Richtungen festlegen. Nach dem Schnitt in der n-ten Dimension beginnt der Zyklus wieder von vorne. Eine grundlegende Schnittregel ist die *Standard Splitting Rule* nach Friedman, Bentley und Finkel. Dabei wird die Schnittdimension so gewählt, dass die Punktemenge die größte Verteilung aufweist. Zur Platzierung der Schnittlinie werden die Punktkoordinaten sortiert und der Medianwert berechnet. Um einen raumbasierten *Kd-Tree* zu erzeugen, wird die *Midpoint Splitting Rule* angewendet. Bei dieser wird die Schnittebene durch den Mittelpunkt der zu unterteilenden Fläche gelegt und schneidet diese entlang der längeren Seite. Die *Sliding Midpoint Rule* von Maneewongvatana und Mount (1999) stellt eine Weiterentwicklung dar, die sowohl punkt- als auch raumbasierte Eigenschaften aufweist.

Die Unterteilung erfolgt zunächst mittig, wird aber anschließend zum nächstgelegenen Punkt verschoben, um keine leeren Zellen zu generieren. Die Schnittlinienwerte können als Median- oder Mittelwertbildung der Punktkoordinaten errechnet werden (vgl. Knecht und König 2012: 90ff.; Maneewongvatana und Mount 1999: 3ff.).

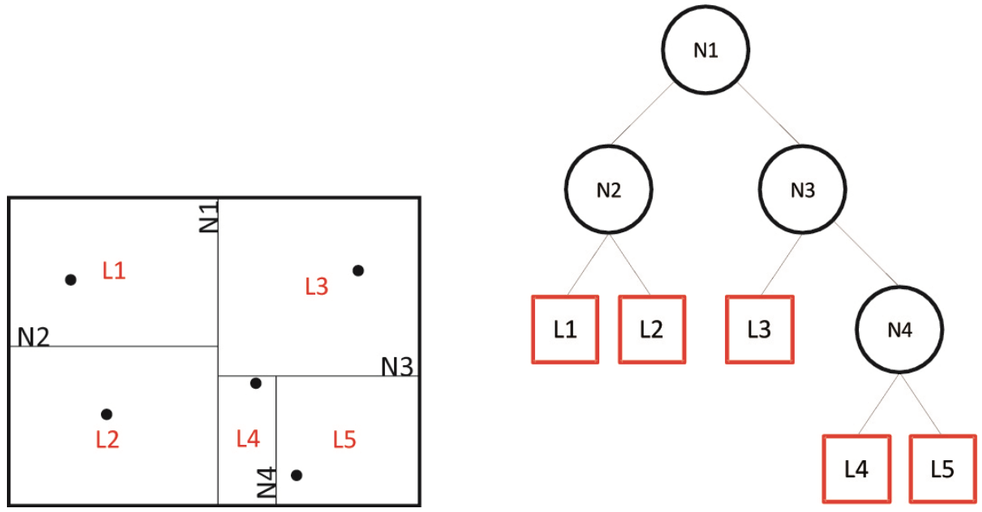


Abb. 31: Geometrische und grafische Darstellung der Unterteilung.

6. Funktionsweise des Entwurfswerkzeuges

Im folgenden Kapitel wird die Erzeugung eines Geschäftsgrundrisses anhand eines Beispiels dargestellt. Die einzelnen Teilbereiche des Entwurfswerkzeuges werden dazu Schritt für Schritt erklärt, um die Arbeitsweise des Entwurfwerkzeuges zu veranschaulichen. Anhand des durchgespielten Szenarios wird ein mögliches Userinterface gestaltet, das eine logische Abfolge der Inputparameter aufweisen soll. Dadurch kann eine intuitive Bedienung gewährleistet werden, die es erlaubt über spielerisches Experimentieren eine Vielzahl von Lösungsvarianten zu generieren. Die Ausarbeitung der einzelnen Ebenen ist nur ein Anfang und kann durch weitere Bedingungen ergänzt werden. Um eine schnelle Arbeitsweise zu erzielen, wurden bei der Entwicklung der angewendeten Algorithmen Vereinfachungsmaßnahmen eingeführt, die einer genaueren Untersuchung unterzogen werden könnten. Dazu werden im neunten Kapitel Denkansätze für Erweiterungs- und Verbesserungsmöglichkeiten beschrieben, welche die Qualität und die Anwendungsbereiche der Software vergrößern, können.

6.1 Inputparameter

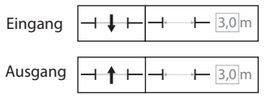


Abb. 32: Definieren der Position und der Breite des Ein- und Ausgangs.

Als erstes wird die Größe der Verkaufsfläche eingegeben, diese wird als rechteckige Fläche dargestellt. Entlang der Seitenlinien der Verkaufsfläche kann die Lage des Ein- und Ausgangs bestimmt werden. Die jeweiligen Breiten können von dem/der Benutzer/in unterschiedlich eingestellt werden (vgl. Abb. 32).

Abb. 33: Hinzufügen von Produktgruppen und Einstellen der verhältnismäßigen Größe.

Nachdem der Sortimentsplan erstellt und in Bedarfsgruppen eingeteilt wurde, können die Produktgruppen innerhalb der Verkaufsfläche *vorpositioniert* werden. Diese grobe Positionierung soll nur die Abfolge der Sortimentsbereiche sichtbar machen. Die Größe der Sortimentsbereiche wird durch einen Kreis dargestellt und ist nur als Verhältnis der Bereichsgrößen zueinander zu interpretieren. Deswegen wird auf eine genaue Eingabe der Flächenzahl verzichtet und durch einen prozentuellen Vergleichswert ersetzt, der das ausgestellte Warenangebot der jeweiligen Sortimentsgruppen zeigt(vgl. Abb. 33). Sind alle gewünschten Produktgruppen platziert, wird eine davon als Kassensortiment deklariert. Die Verbindungen der Zentrumsmittelpunkte der Sortimente werden durch eine *Delauney Triangulation* erzeugt. Kann das Verbindungsnetz der Triangulierung nicht eindeutig bestimmt werden, muss der/die Bediener/in eine Variante auswählen (vgl. Abb. 34). Zur Steuerung der Erschließung und der daraus resultierenden Produktgruppenabfolge der einzelnen Bereiche

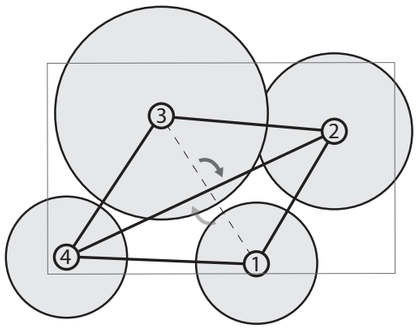


Abb. 34: Auswahlmöglichkeit für nicht eindeutige Triangulierungen.

können die erzeugten Verbindungen gelöscht werden. Dadurch wird der Zugang aus einer benachbarten Sortimentsgruppe unterbunden (vgl. Abb. 35).

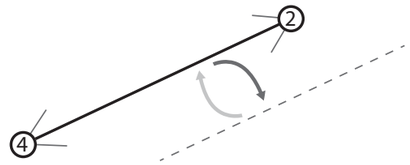


Abb. 35: Auswählen ob die Sortimentsgruppen verbunden sein sollen.

Die Verbindungseingabe der Nachbarschaftsverhältnisse hat nicht nur Einfluss auf deren Platzierung, sondern auch die Generierung des Hauptweges hängt davon ab (vgl. Abb. 36).

Abb. 36: Einstellen der Hauptwegbreite für den Verkaufsraum.

Abbildung 37 zeigt die Eingabeparameter innerhalb einer Produktgruppe, die die Art und Weise der Platzierung der Innenmöbel regelen. Neben Regalen können auch Tische, die eine ungehinderte Sicht in die Tiefe erlauben, generiert werden. Die Anordnung der Innenmöbel kann als horizontale oder vertikale Struktur realisiert werden. Die Gangbreite innerhalb einer Sortimentsgruppe kann als Mindestwert (mittige Bebauung) oder als fixer Wert eingestellt werden. Die eingegebene Regalbreite gibt die Breite eines freistehenden Regals an, dieser Wert kann somit für die Ausführung als Tischmöbel ebenfalls herangezogen werden. Da die Trenn- und Wandregale nur eine Seite bedienen können, wird eine optionale Halbierung dieser Regale als Auswahlfunktion eingeführt. Durch die Beschränkung einer maximal erlaubten Regallänge kann die Möblierungsdichte der Produktgruppen weiter verfeinert werden.

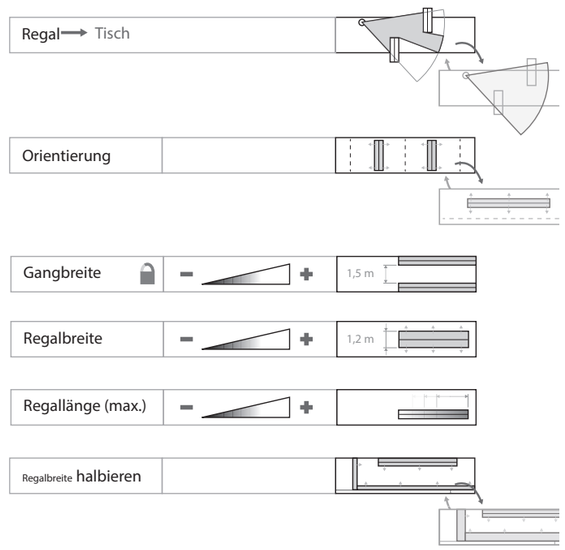


Abb. 37: Inputparameter für die jeweiligen Sortimentsgruppen.

6.2 Zonierung der Sortimentsgruppen

Für die Errechnung der genauen Platzierung der Sortimentsgruppen wird ein *Force based circle packing*-Algorithmus angewendet. Dieses System läuft in einem iterativen Prozess ab, bei dem verschieden Kraftfelder in einer Ebene durch eine Überlagerung einen Verschiebevektor generieren, der das gesamte System solange verändert, bis es in einen Gleichgewichtszustand kommt (vgl. Abb. 38).

Ein Gleichgewichtszustand ist erreicht, wenn sich die Positionen der Produktgruppen nur mehr geringfügig verändern. Dazu werden die Positionen aller Mittelpunkte aus den vorigen Iterationen gespeichert, um zu überprüfen, ob diese innerhalb einer Toleranzgrenze von 0,3 m liegen (vgl. Abb. 39). Diese Größenordnung und die daraus resultierende Laufzeit des *Circle Packing*-Algorithmus erwiesen sich in den Testläufen als ausreichend genau, um eine weitere rechteckige Zonierung durch einen *Kd-Tree* Algorithmus zu realisieren.

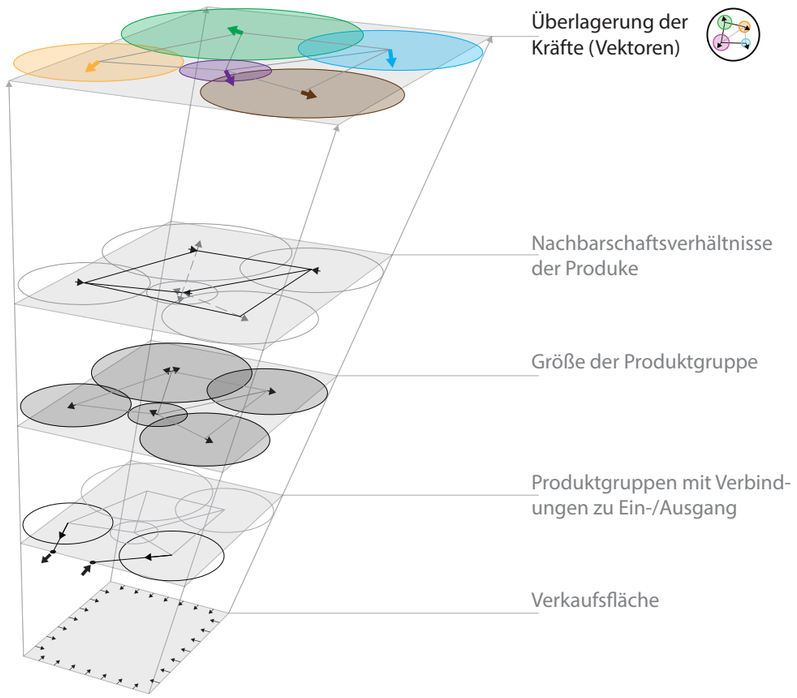


Abb. 38: Wirkungskräfte für den *Force based circle packing*-Algorithmus.

Die zugrundeliegende Unterteilungsregel für den Algorithmus ist die *Sliding Midpoint Rule*. Diese wird jedoch mit eigenen Regeln erweitert, wodurch der Generierungsprozess genauer gesteuert werden kann. Zu diesem Zeitpunkt wird noch nicht entschieden, in welcher Dimension die Teilung durchgeführt wird. Deswegen werden beide Varianten (x- und y- paralleler Schnitt) simultan ausgeführt. Die erste Unterteilung wird durch die Sortierung der Punktkoordinaten und anschließende Medianwertbildung in Abhängigkeit von der Orientierung der Schnittebene ermittelt. Um die Zugehörigkeit der Produktgruppe zur jeweiligen Seite zu ermitteln, werden die eingegebenen Verbindungswünsche zu den anderen Produktgruppen abgefragt, folglich wird die Produktgruppe jener Seite zugerechnet, die mehr Verbindungen aufweist. Kann aufgrund der Anzahl keine eindeutige Entscheidung getroffen werden, wird als nächster Faktor der Abstand der Mittelpunkte zwischen den beteiligten Sortimentsbereichen herangezogen (vgl. Abb. 40).

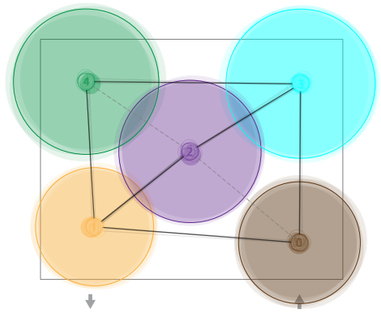


Abb. 39: Gleichgewichtszustand wird zum Ausgangspunkt des *Kd-Tree*-Algorithmus.

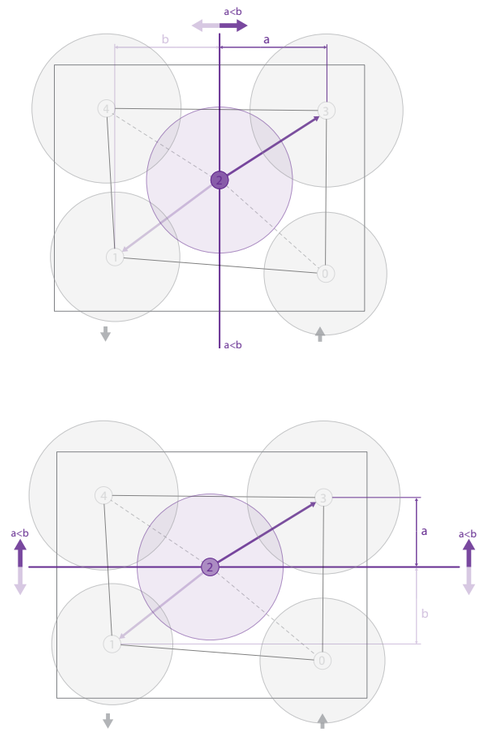


Abb. 40: Ermittlung der Zugehörigkeit des Medianpunktes in beiden Schnittdimensionen.

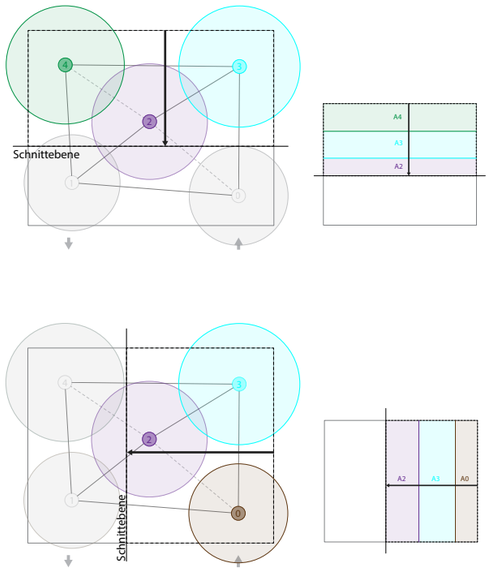


Abb. 41: Abhängig von der Schnittdimension wird die Schnittebene exakt platziert.

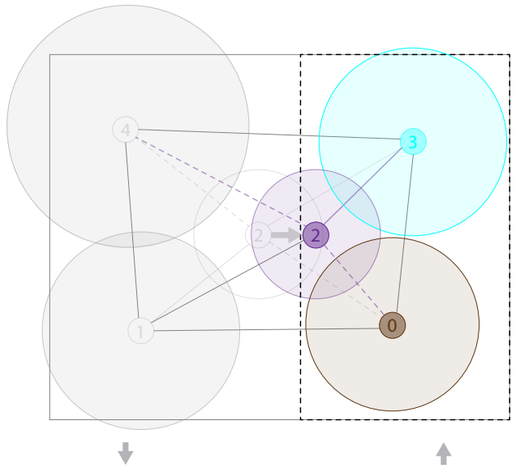


Abb. 42: Überprüfen (ggf. verschieben), ob alle Produktgruppen auf der vorgesehenen Seite liegen.

Für die Bestimmung der genauen Position der Schnittebene werden die eingegebenen Flächen der Sortimentsbereiche entsprechend der jeweiligen Seite addiert. Daraus kann die Schnittebene platziert werden und es wird gewährleistet, dass den beiden Seiten genügend Raum für die weiteren Unterteilungen zur Verfügung steht (vgl. Abb. 41).

In speziellen Testfällen wurde die Lage der Schnittebene so positioniert, dass nicht mehr alle Mittelpunkte der Produktgruppen inner halb des gewünschten Bereichs lagen, dadurch konnte die angestrebte Zonierung der Sortimente nicht mehr realisiert werden. Deswegen muss in einem weiteren Schritt überprüft werden, ob alle Produktgruppenmittelpunkte, des jeweiligen Teilungsbereichs, auf der richtigen Seite liegen. Ist dies nicht der Fall, werden die beteiligten Mittelpunkte mit den zugehörigen Verbindungen auf die andere Seite verschoben. Sind mehrere Produktgruppen von einer Verschiebung betroffen, müssen diese in der gleichen Reihenfolge verschoben werden, in der sie vorher platziert waren. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Medianwertberechnung der Mittelpunkte in den tieferen Ebenen des *Kd-Tree*-Algorithmus korrekt durchgeführt werden und eine sinnvolle Unterteilung entsteht (vgl. Abb. 42).

Für die weitere Unterteilung wird die Schnittdimension ausgewählt, die weniger der eingegebenen Verbindungen trennt. Werden bei beiden Varianten gleich viele Verbindungen getrennt, wird das Verhältnis zwischen der langen und der kurzen Seite des geteilten Bereichs als Entscheidungskriterium herangezogen (vgl. Abb. 43-46). Dadurch werden zwei gleichwertige, aber unterschiedliche Grundrisslayouts erzeugt. Diese können simultan weiterentwickelt werden und am Ende des Planungsvorgangs kann eine davon für die weitere Bearbeitung ausgewählt werden. Für alle weiteren Unterteilungen, die nicht durch die Anzahl der Schnittpunkte zu einem Ergebnis kommen, wird das gleiche Verhältnis zur Entscheidungsfindung herangezogen. Diese Vereinfachung wurde als Bedingung in den Programmcode eingeführt, weil sich bei einer großen Anzahl an Produktgruppen die Anzahl der Lösungsvarianten erheblich vergrößert, wenn alle möglichen Varianten bis zum Ende parallel berechnet werden. Für weitere Untersuchungen zu dieser Vereinfachungsmaßnahme hätten andere Bereiche, die für die Entwicklung dieser Software notwendig sind, nicht mehr mit der notwendigen Beachtung bearbeitet werden können, da sie den Rahmen dieser Arbeit überschritten hätten. Für die getesteten Varianten konnte durch diese Vereinfachung jedoch eine kurze Laufzeit des Codes und eine vernünftige Zonierung des Grundrisslayouts erzielt werden.

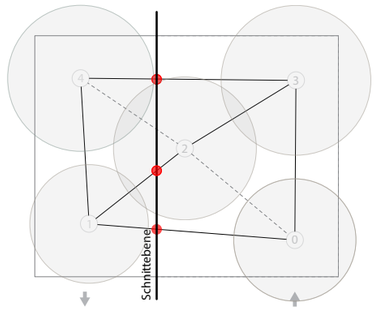


Abb. 43: Getrennte Verbindungen der y parallelen Schnittdimension.

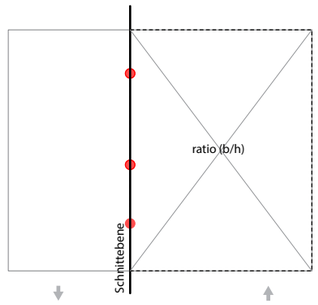


Abb. 44: Seitenlängenverhältnis des geteilten Bereichs.

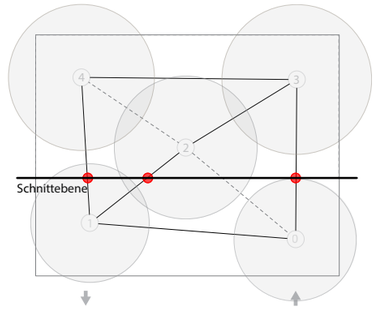


Abb. 45: Getrennte Verbindungen der x parallelen Schnittdimension.

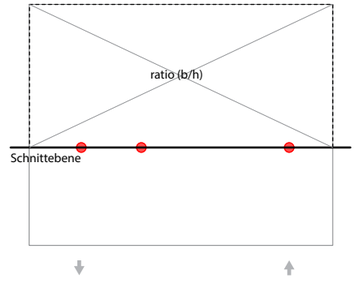


Abb. 46: Seitenlängenverhältnis des geteilten Bereichs.

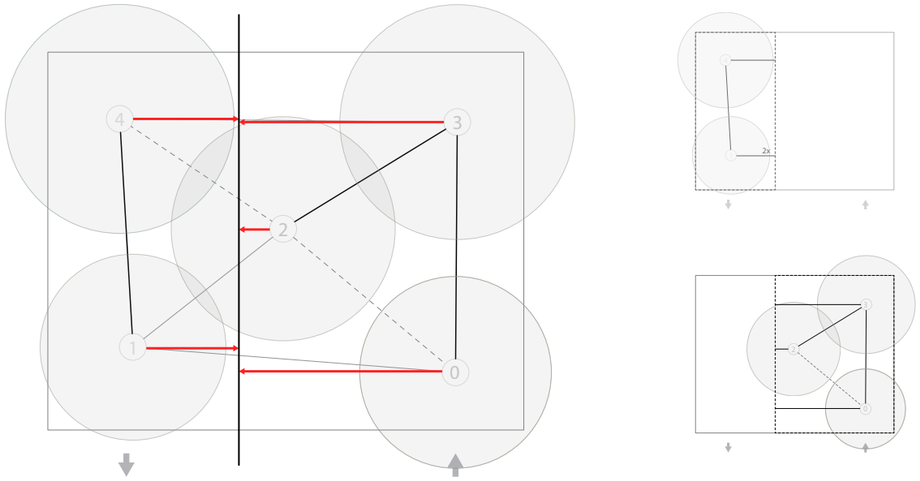


Abb. 47: Speichern der getrennten Verbindungen zur Berechnung der Schnittpunkte in den weiteren Ebenen.

Nachdem die besser geeignete Schnittdimension ermittelt wurde, müssen die beiden Äste für die Unterteilung der tieferen Ebenen vorbereitet werden. Sobald eine Teilung in einer Ebene erfolgt is, kann der *Kd-Tree*-Algorithmus nicht mehr auf Informationen der vorigen Ebenen zurückgreifen. Deswegen werden die getrennten Verbindungen auf die Schnittebene projiziert und als waagrechte beziehungsweise senkrechte Verbindungen aufrecht erhalten, damit diese in den tieferen Ebenen für die Auswahl der Orientation der Schnittebene berücksichtigt werden können (vgl. Abb. 47). Der entstandene rechte und linke Ast wird durch den gleichen Algorithmus weiter unterteilt bis nur mehr eine Sortimentsgruppe innerhalb eines Teilungsbereiches übrig bleibt (vgl. Abb. 48, 49 und 51).

Da die genaue Position der Schnittebene durch die Aufsummierung der jeweiligen Flächen innerhalb des Teilungsbereiches definiert wird, kann es passieren, dass sich parallele Schnitte ergeben, die um einen kleinen Wert versetzt sind. Wenn dieser Bereich kleiner als die eingegebenen Regalflächen ist, führt dies zu einer unruhigen Layoutierung im Geschäftsgrundriss.

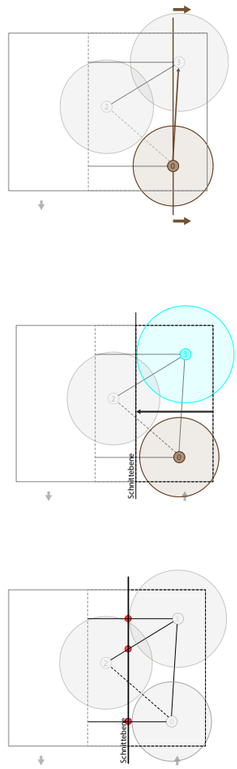


Abb. 48: Weiterer Verlauf des *Kd-Tree*-Algorithmus in der y parallelen Schnittdimension (rechter Ast) .

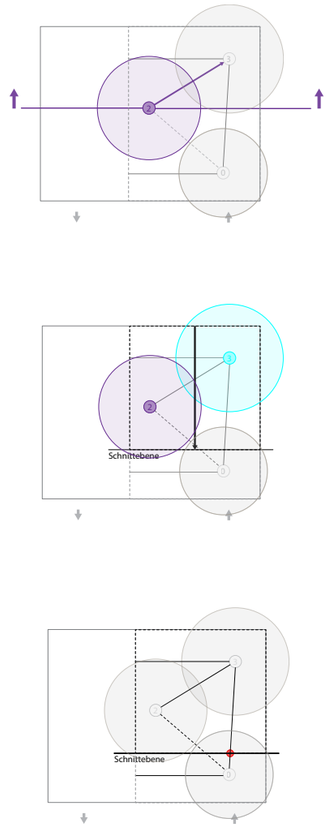


Abb. 49: Weiterer Verlauf des *Kd-Tree*-Algorithmus in der x parallelen Schnittdimension (rechter Ast) .

Aus diesem Grund wird die Unterteilung der Verkaufsfläche in zwei aufeinander aufbauenden Schritte ausgeführt. Neben den erzeugten Schnittlinien wird eine Liste angelegt, in der die Position der einzelnen Schnittlinien und deren Abfolge als Ebenen gespeichert werden. Bevor die Unterteilung tatsächlich ausgeführt wird, werden alle Ebenen, die parallel und durch eine orthogonale Ebene getrennt sind, überprüft. Sind diese parallelen Ebenen nicht weiter entfernt als die kleinere der beiden eingegebenen Regalbreiten, werden diese neu platziert. Dazu werden die Positionen der Ebenen auf das Mittelmaß der Distanz zwischen ihnen verschoben. Somit kann eine Zonierung erzeugt werden, die fließende Übergänge zwischen den einzelnen Bereichen erstellt (vgl. Abb. 50).

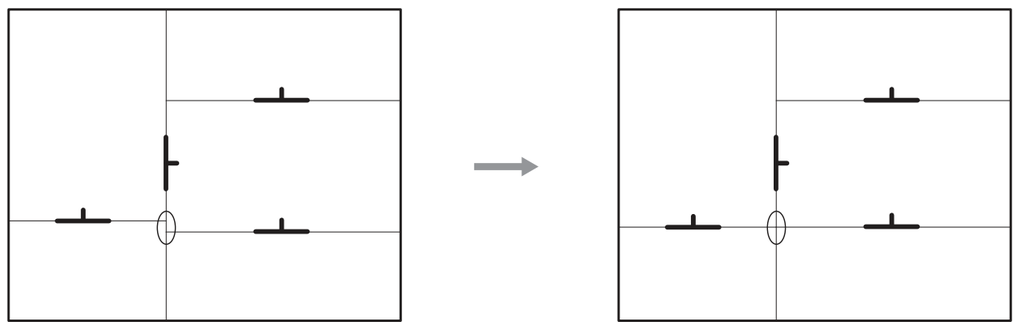
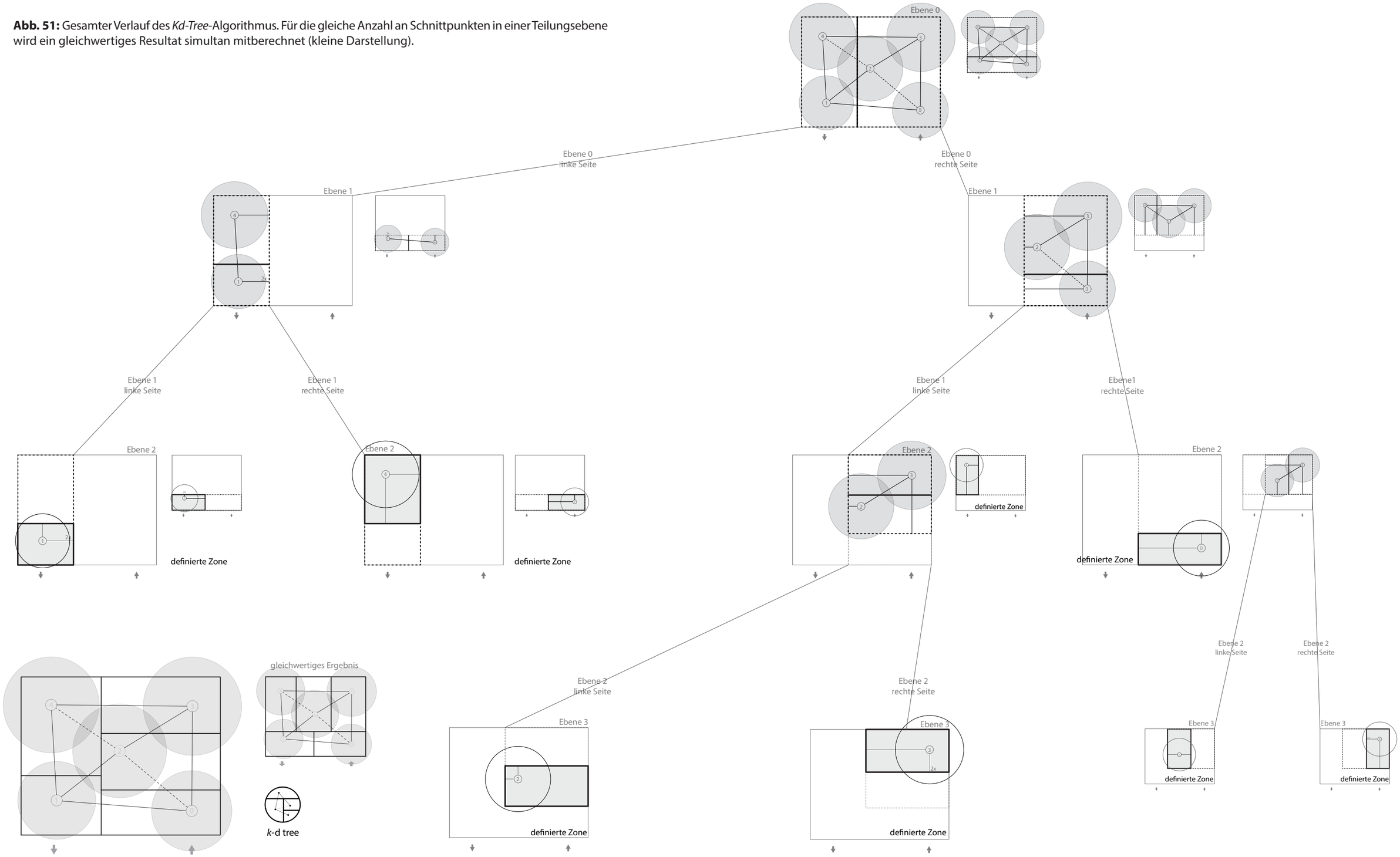


Abb. 50: Homogenisieren der erzeugten *Kd*-Struktur.

Abb. 51: Gesamter Verlauf des *Kd-Tree*-Algorithmus. Für die gleiche Anzahl an Schnittpunkten in einer Teilungsebene wird ein gleichwertiges Resultat simultan mitberechnet (kleine Darstellung).



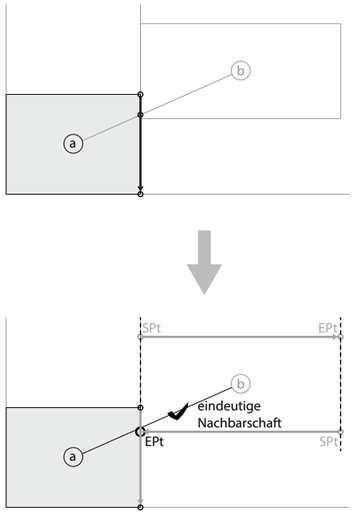


Abb. 52: Nachbarschaftsanalyse der erzeugten *Kd*-Struktur.

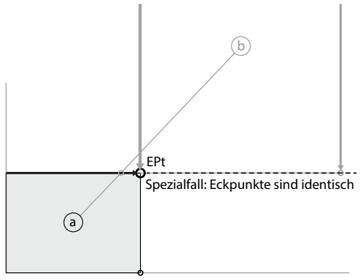


Abb. 53: Für Bereiche die sich an einem gemeinsamen Eckpunkt berühren wird eiene gesonderte Erchließungsform benötigt.

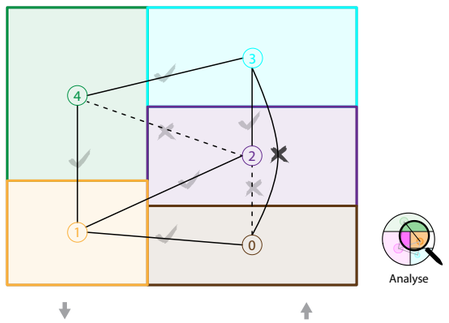


Abb. 54: Speichern in einer Datenbank für die Generierung der Erschließung.

6.3 Analyse der Zonierung

In dem darauffolgenden Schritt wird die Unterteilung auf die generierten Nachbarschaftsbeziehungen der Produktgruppen analysiert (vgl. Abb. 52). Dazu wird eine Verbindungslinie vom Mittelpunkt des ausgewählten Sortiments (a) zum Mittelpunkt einer anderen Sortimentsgruppe (b) generiert. Die Begrenzungslinie, die von der generierten Linie geschnitten wird, wird durch einen Vektor ersetzt. Um die Laufzeit des Analysecodes zu beschleunigen werden jetzt nur mehr die orthogonalen Begrenzungsvektoren der zu überprüfenden Sortimentsgruppe (b) untersucht. Ist der Start- oder Endpunkt einer der beiden Begrenzungsvektoren (b) innerhalb des ausgewählten Vektors (a) werden die Produktgruppen als Nachbarn/innen bezeichnet.

Abbildung 53 zeigt einen Fall, der genauer untersucht werden muss. Dieser ergibt sich, wenn die beiden Sortimentsgruppen durch einen gemeinsamen Start- oder Endpunkt miteinander verbunden sind. Abhängig von den eingegebenen Sortimentsverbindungen der Nachbarschaftsgruppen, muss dadurch der Erschließungsalgorithmus angepasst werden.

Nachdem die Nachbarschaftsbeziehungen der Sortimentsgruppen analysiert wurden, werden diese in eine Datenbank eingetragen (vgl. Abb. 54). Aus dem Abgleich mit der gewünschten Eingabe des/der Bedieners/in können die weiteren Maßnahmen für die Grundrissgestaltung bestimmt werden.

6.3.1 Optimierung

Da der *Kd-Tree*-Algorithmus in der hier entwickelten Weise bei der Erzeugung von Grundrissen bestimmten Beschränkungen unterworfen ist, die abhängig von der gesetzten Eingabe durch den/die Benutzer/in des Vorentwurfswerkzeuges sind, kann es zu Verbindungswünschen kommen, die nicht realisiert werden können. Deswegen wird aufbauend auf die Analyse eine Optimierung implementiert. Die Anwendungsbedingung dafür wird vereinfacht umgesetzt und kann nur angewendet werden, wenn zwei Produktgruppen, die am Rand der Verkaufsfläche liegen und benachbart sein sollen, durch eine einzige Produktgruppe getrennt sind (vgl. Abb. 55). In diesem Fall wird die dazwischen liegende Produktgruppe verkleinert, um eine Verbindung zwischen den beiden Sortimentsgruppen (a, b) erstellen zu können. Dadurch ist die gewünschte Nachbarschaft erfüllt. Wie die Sortimentsgruppen (a, b) mit der Adaptierung der zur Verfügung gestellten Fläche umgehen, ist abhängig von den eingegebenen Nachbarschaftsbeziehungen.

Durch diesen Vorgang wird die Zonierung der Sortimentsbereiche abgeschlossen und kann für die Weiterbearbeitung an die nächste Ebene weitergegeben werden (vgl. Abb. 56).

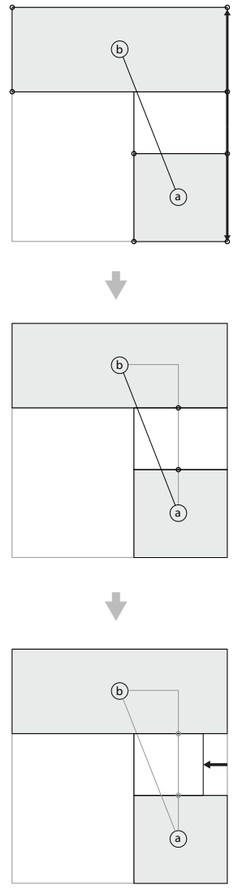


Abb. 55: In besonderen Fällen kann die Struktur optimiert werden, um die gewünschte Eingabe zu erzeugen.

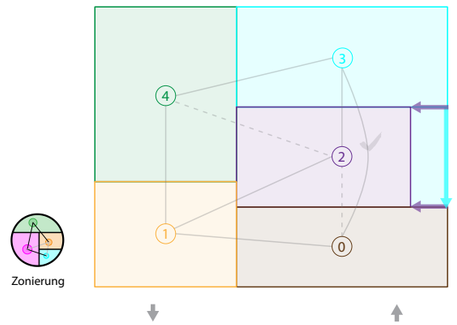


Abb. 56: Abschließen des Zonierungsvorgangs.

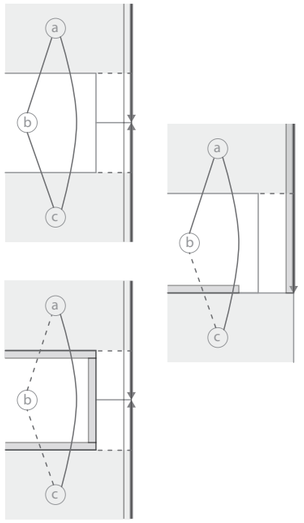


Abb. 57: Erzeugen der Trennregale in optimierten Bereichen.

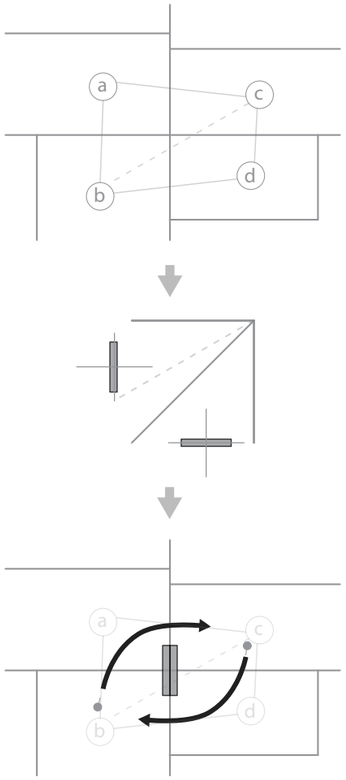


Abb. 58: Erzeugen des Trennregals für Bereiche, die einen gemeinsamen Eckpunkt haben.

6.4 Erschließung

Um den Kunden durch das Geschäft zu den einzelnen Produktgruppen zu leiten, wird die Liste der analysierten Nachbarschaftsbeziehungen herangezogen. Zwischen allen Produktgruppen, die keine Nachbarschaft aufweisen sollen und durch den Zonierungsalgorithmus trotzdem nebeneinander platziert wurden, wird eine Trennwand an beiden Seiten der Sortimentsgrenze eingeführt. Um die Kunden/innen fließend in andere Bereiche zu leiten, werden die Eckpunkte der Sortimentsgruppen freigestellt. Dazu wird das Trennregal um die Breite des Hauptweges verkürzt. Wurde die Zonierung nachträglich optimiert, sind für die Generierung der Trennregale der mittigen Sortimentsgruppe (b) die Verbindungen zu den angrenzenden Produktgruppen (a, c) ausschlaggebend (vgl. Abb. 57).

Abbildung 58 zeigt den speziellen Fall, dass zwei diagonal versetzte Produktgruppen einen gemeinsamen Kreuzungspunkt aufweisen und nicht benachbart sein sollen. Hierfür wird das Trennregal gesondert berechnet. Dazu wird eine Linie zwischen den Mittelpunkten generiert (b, c), diese Linie wird auf ihre Neigung getestet, um zu entscheiden in welcher Achse das Trennregal ausgerichtet werden soll. Dadurch wird eine Sichteinschränkung erstellt, die die Konsumenten/innen durch die eingegebene Abfolge der Sortimentsgruppen weiterleitet.

Die Verkaufsfläche wird von Wandregalen eingefasst, die an den definierten Ein- und Ausgängen durch deren eingestellte Breite freigestellt werden (vgl. Abb. 59). Die Grenzen der Produktgruppen werden gleichzeitig für die Generierung des Hauptleitweges im Geschäft übernommen. Dazu werden die Bereiche der Sortimentsgruppen verkleinert, um ein Möblierungsfeld zu erzeugen in dem die Innenmöbel platziert werden können. Die Verkleinerung auf das Möblierungsfeld ist dabei abhängig von den generierten Trenn- und Wandregalen der Sortimentsgruppen. An den Begrenzungslinien, an denen Regale platziert sind, wird der Bereich um die eingestellte Gangbreite der Produktgruppe verkleinert. An allen anderen Seiten wird die Sortimentszone um die halbe Hauptwegbreite verkleinert (vgl. Abb. 60). Durch die unterschiedliche Verkleinerung der einzelnen Zonen wird der Hauptweg zusätzlich akzentuiert. Des Weiteren rückt das Möblierungsfeld näher zu den sortimentseigenen Begrenzungsregalen, was die Zugehörigkeit zur Produktgruppe weiter stärkt (vgl. Abb. 61).

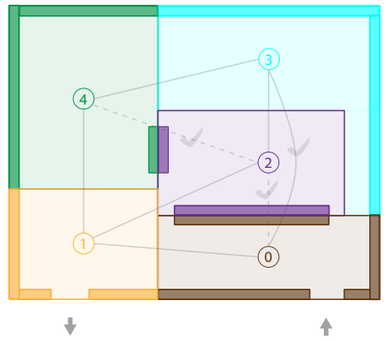


Abb. 59: Durch die Trennregale an den Sortimentsgrenzen wird die Abfolge der Produktgruppen gesteuert.

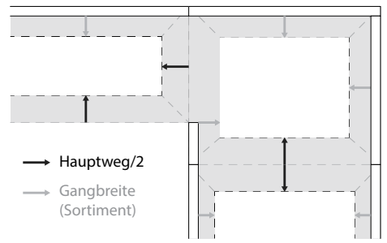


Abb. 60: Verkleinerung der Sortimentsbereiche auf ein Möblierungsfeld.

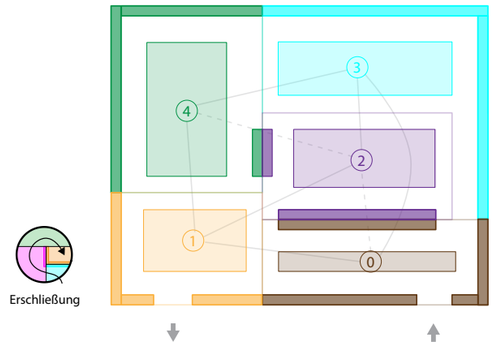


Abb. 61: Durch die Verkleinerung (vgl. Abb. 60) wird der Hauptweg des Geschäfts generiert.

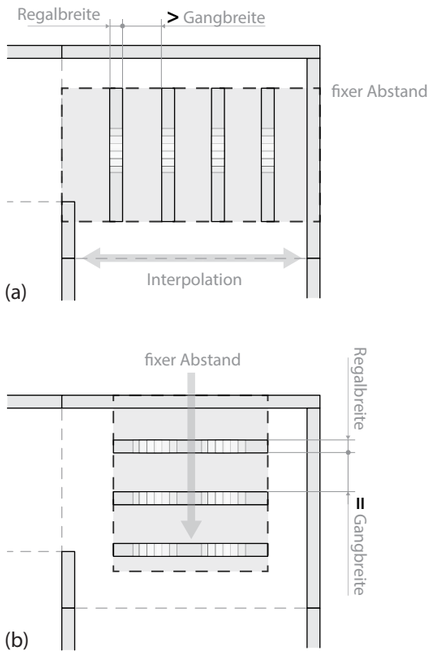


Abb. 62: Platzierungsregeln für die Innenmöbel.

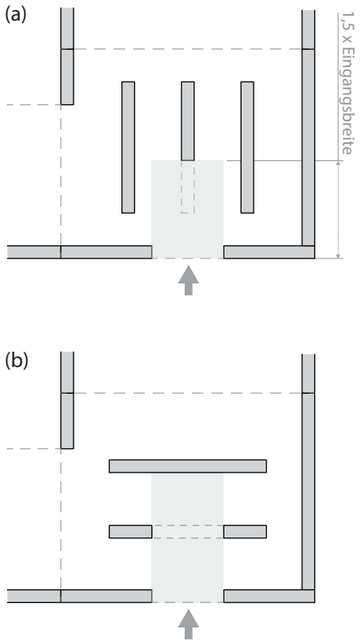


Abb. 63: Gestaltung der Eingangszone.

6.5 Platzieren der Innenmöbel

Aufgrund der Eingabeparameter, die die Bebauung des Sortimentsbereiches regeln, kann ermittelt werden wie viele Regale abhängig von der gewünschten Orientierung platziert werden müssen, damit die eingestellte Gangbreite der Produktgruppe nicht unterschritten wird (vgl. Abb. 62a).

Ist das Bebauungsfeld nur an einer Seite durch ein Trennregal begrenzt, können die Innenmöbel durch den genauen Abstand der Gangbreite platziert werden, wodurch der Hauptweg deutlicher inszeniert und die ausgewählte Sortimentsgruppe kompakter platziert (vgl. Abb. 62b).

Eingangssortiment

Die Produktgruppe, die dem Eingang am nächsten ist, wird zum Eingangssortiment und zur Generierung eines einladenden Eingangsbereichs verwendet. Ist die Orientierung der Regale orthogonal zum Eingang platziert, werden die Regale die sich innerhalb der Eingangszone befinden verkürzt. Die Tiefe dieser Zone wird durch den eineinhalbfachen Wert der Eingangsbreite errechnet (vgl. Abb. 62a).

Für eine parallele Möblierung wird das dem Eingang nächste Regal aufgelöst um daraus die Eingangszone zu gestalten (vgl. Abb. 62b).

6.6 Kassa

Die Generierung der Kassen ist abhängig von der Platzierung des Kassensortiments. Dies erlaubt die Gestaltung von zwei unterschiedlichen Kassentypen. Die Ausführung als Reihenkassa wird realisiert, wenn der Kassenbereich direkt an den platzierten Ausgang anschließt. Es wird der gleiche Algorithmus wie für die Innenmöbel angewendet. Die Eingabeparameter der Regalbreite und der Gangbreite werden hierfür zur Breite der Kassa und der Durchgangsbreite des Weges zwischen den Kassen. Die Orientierungsrichtung der Reihenkassen wird entlang der längeren Seite ausgeführt (vgl. Abb. 64). Ist der Kassenbereich innerhalb der Verkaufsfläche platziert, wird ein freistehendes Kassenmöbel generiert. Abhängig von der Größe werden zwei unterschiedliche Kassensysteme umgesetzt (vgl. Abb. 65). Um einen Ausgangsbereich zu gestalten, wird in diesem Fall derselbe Algorithmus, der für die Generierung des Eingangsbereiches zuständig ist, angewendet. Schließt das Kassensortiment an die Grenzen der Verkaufsfläche an, wird das Kassenmöbel nicht in der Mitte platziert, sondern bis zur angrenzenden Wand erweitert, wodurch es möglich wird, angrenzende Nebenräume über die Kassa zu erschließen.

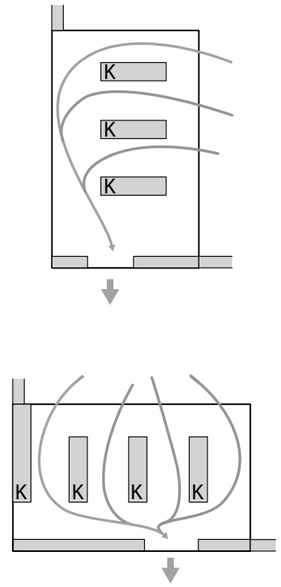


Abb. 64: Die Reihenkassen werden parallel zur kurzen Seite des Bereichs generiert.

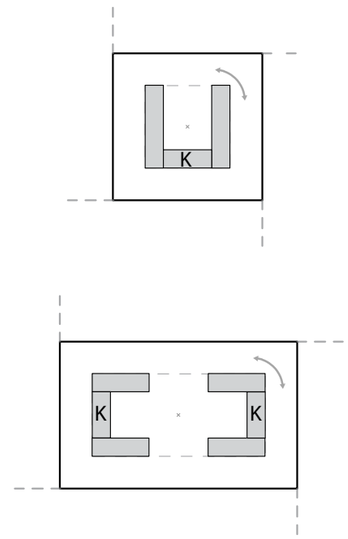
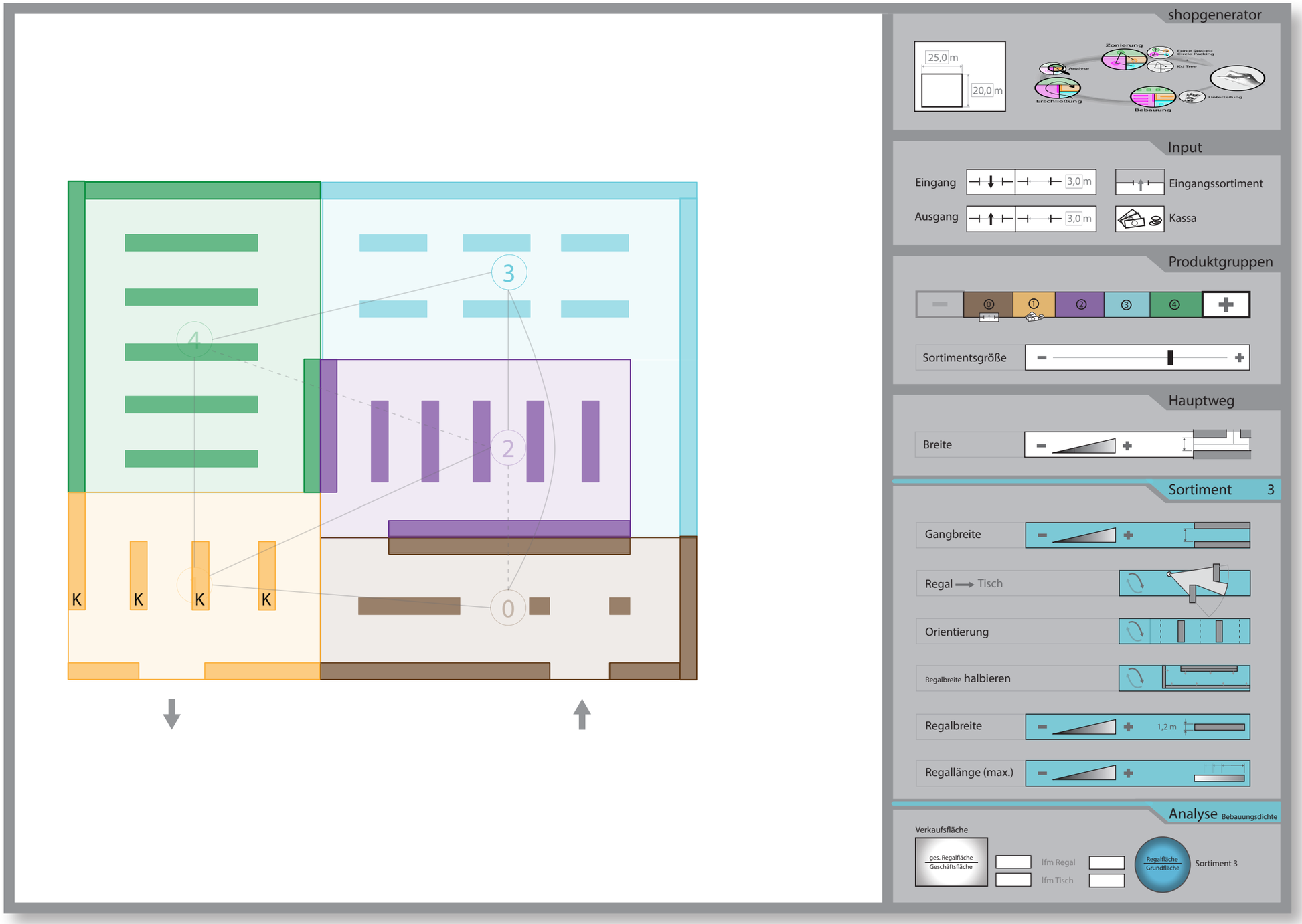


Abb. 65: Mittelkassen werden abhängig von der Größe des Bereichs gestaltet. Die Orientierung kann beliebig verändert werden.

6.7 Userinterface



Bebauung

Abb. 66: Darstellung des möglichen Userinterface für die entworfene Software. Um die erzeugte Möblierung zu vergleichen, wird eine Analyse der Möblierungsdichte für die gesamte Verkaufsfläche und die jeweiligen Produktrgruppen implementiert.

7. Auswertung und Datenübergabe

Der Datenaustausch wird über Bilddateien (*bitmap images*), die in das Analyseprogramm gespielt werden, realisiert. Dazu wird der erzeugte Grundriss auf einen Pixel Raster von 0,3 m übertragen. Neben den erzeugten Regalflächen wird ein Image mit den Sortimentsbereichen generiert, damit die Geometrie den einzelnen Produktgruppen zugeordnet werden kann. Da im Zuge der Simulation auch Optimierungsvorgänge behandelt werden, wird eine weitere Bilddatei übergeben, in der jene Regale gekennzeichnet sind, welche optimiert werden dürfen. Diese Bilddatei wird über Graustufen erstellt, wobei schwarz jene Bereiche kennzeichnet, die von einer Optimierung ausgeschlossen werden sollen (vgl. Abb. 67). Für den Exportvorgang wird abgefragt, ob die Trennregale der Sortimentsbereiche von einer Optimierung ausgeschlossen werden sollen oder nicht.

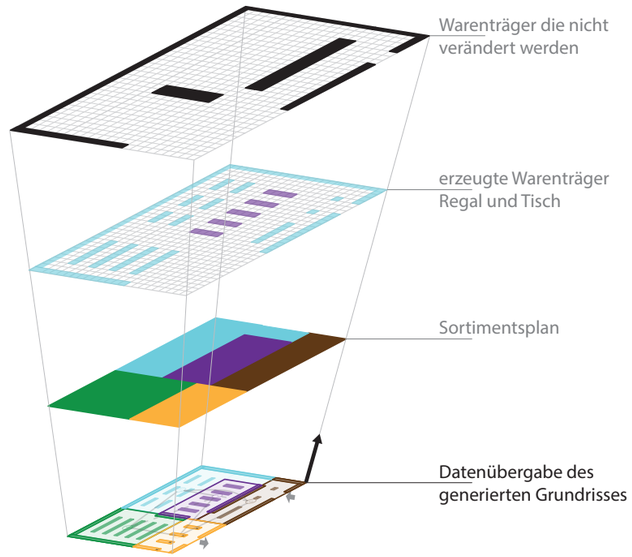


Abb. 67: Export der unterschiedlichen *bitmap images* für das Analysewerkzeug.

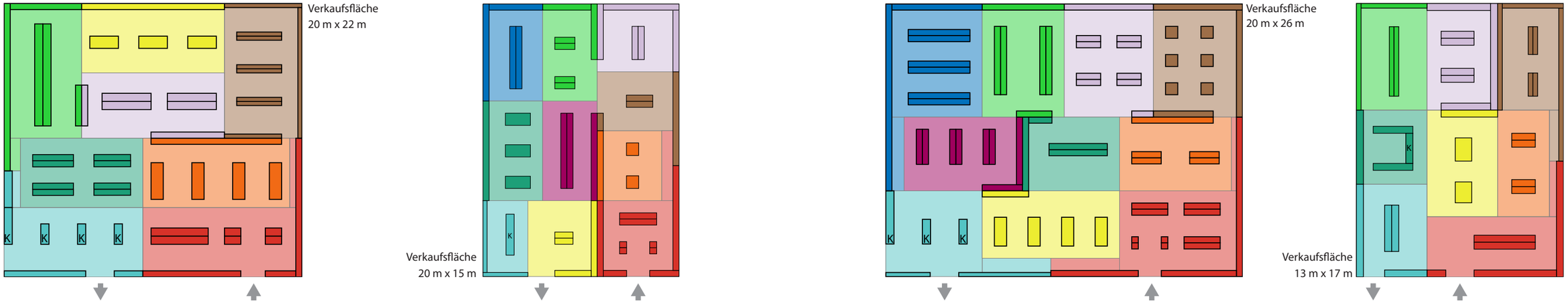


Abb. 68: Geschäftsgrundrisse die mithilfe des Generierungswerkzeugs erzeugt wurden.

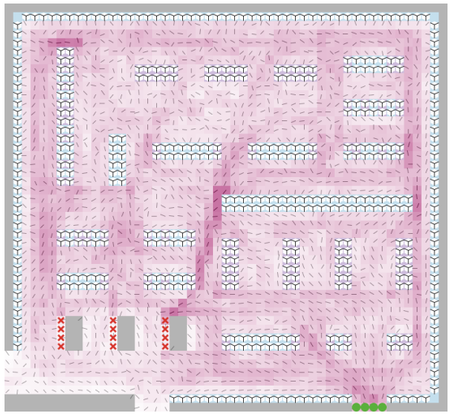


Abb. 69: Bewegungs- und Sichtanalyse.

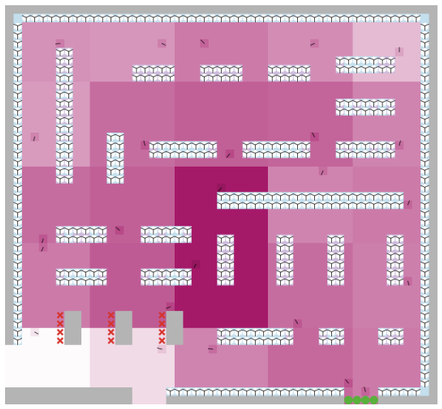


Abb. 70: Hotspots der unterteilten Zonen für die dreidimensionale Regalflächenanalyse.

7.1 Agentenbasierte Simulation

Für die dynamische Simulation der Einkaufsagenten werden drei verschiedene Agenten eingesetzt:

- Agenten, die nach Produkten suchen.
- Agenten, die den Standort der Produkte kennen.
- Agenten, die spontan Einkäufe tätigen.

Durch diese Herangehensweise können unterschiedliche Einkaufsverhalten simuliert werden.

Nachdem die verschiedenen Agenten die individuellen Einkaufslisten abgearbeitet haben, werden die Rasterfelder im Geschäft erkenntlich, die den meisten Besucherkontakt aufweisen. Die dazugehörige Blickrichtung beim Betreten der einzelnen Felder wird durch ein Vektorfeld dargestellt (vgl Abb. 69 und 71).

Um daraus die *Hotspots* des Geschäfts zu finden, wird ein weiteres Unterteilungsfeld darübergelegt. In jedem Unterteilungsbereich wird anschließend das Feld ausgewählt, das am öftesten betreten wurde (vgl Abb. 70 und 72).

Diese Rasterfelder und die dazugehörigen Vektorfelder können in das Generierungstool zurückgespielt werden, um an den *Hotspots* eine genaue dreidimensionale Analyse der Regalflächen durchzuführen. Die einzelnen *Dummies* für die dreidimensionale Regalflächenanalyse werden abhängig davon, wie oft sie begangen wurden, gewichtet.

Genauere Informationen zu diesem Aspekt werden in der Diplomarbeit *„Agentenbasierte Analyse und Optimierung von Geschäftsgrundrissen“* von Moritz Rosenberg (2015) beschrieben

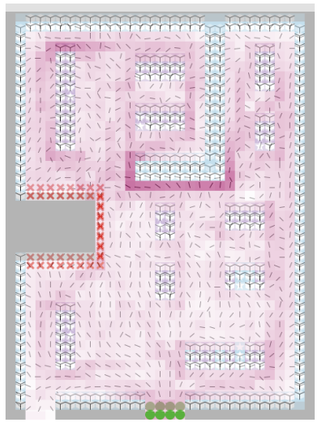


Abb. 71: Bewegungs- und Sichtanalyse.

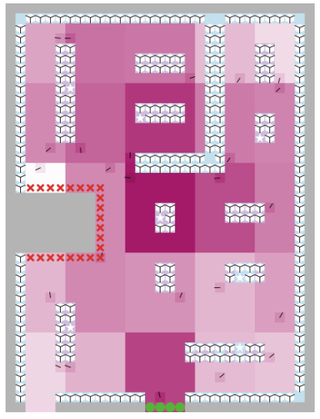


Abb. 72: Hotspots der unterteilten Zonen für die dreidimensionale Regalflächenanalyse.

7.2 3D Analyse der Regalflächen

Für die Analyse der Regalflächen muss als erstes die Höhe der Regale definiert werden. Zur Steuerung der Feinheit werden die Regale in Regalplatten unterteilt. An den Hotspots können durch die dazugehörigen Blickrichtungen Testpersonen (*Dummies*) für die Analyse platziert werden. Ausgehend vom Standpunkt der Testpersonen und ihrer Blickrichtungen werden innerhalb eines Radius von 10 m Sehstrahlen zum Mittelpunkt aller betroffenen Regalplatten erzeugt. Durch die Analyse der Länge und des Winkels im Grund- sowie Aufriss kann die Sichtbarkeit der einzelnen Platten bewertet werden. Diese Bewertung der Regalplatten kann als Grundlage für den Designprozess des Warenträgers oder für Änderungen im Sortimentsplan hergenommen werden (vgl. Abb. 68 bis 71).

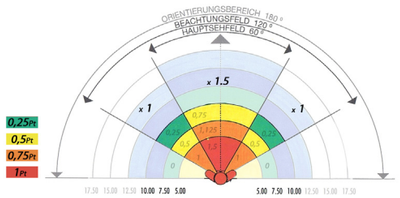


Abb. 73: Bewertungswerte der Sehstrahlen im Grundriss.

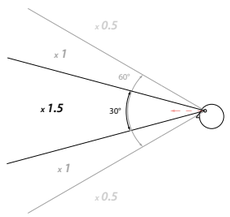


Abb. 74: Bewertungswerte der Sehstrahlen im Aufriss.

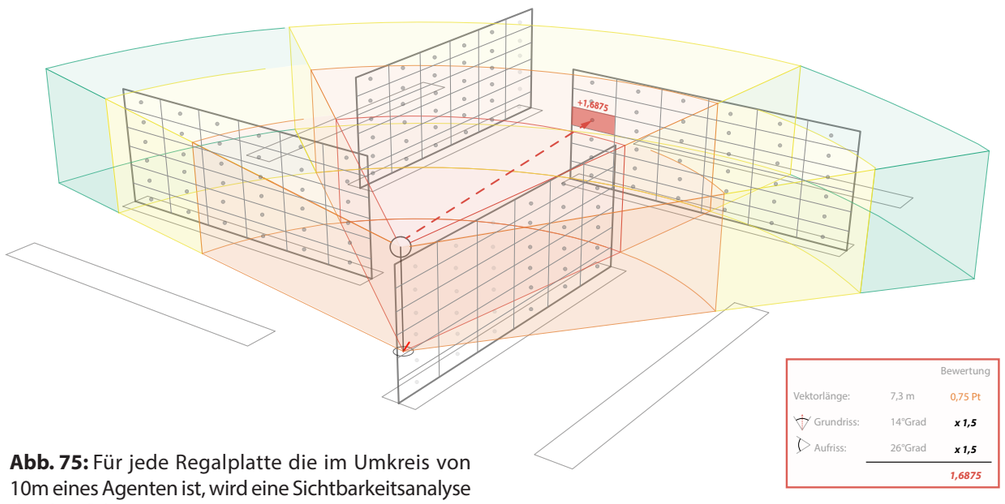


Abb. 75: Für jede Regalplatte die im Umkreis von 10m eines Agenten ist, wird eine Sichtbarkeitsanalyse durchgeführt.

Aufbauend auf die Analyse der Regalplatten können die Sichtbeziehungen im Warenraum erweitert werden. Dazu wird neben der Sichtanalyse eine Verdeckungsanalyse durchgeführt (vgl. Abb. 72). Dadurch können die Regalplatten ermittelt werden, welche die Sicht am meisten einschränken (vgl. Abb. 73). Durch den Abgleich der beiden Analysen kann entschieden werden, welche Regalplatten gelöscht werden müssen um die Sichtbarkeit der *Hotspots* im Geschäft zu verbessern (vgl. Abb. 74).

Für die Optimierung der Sicht muss ausgewählt werden, ob Trennregale zwischen zwei Sortimentsbereichen in die Optimierung miteinbezogen werden. Da beim Löschen von Regalplatten aufgrund der höheren Wertigkeit diejenigen betroffen sind, die über der Tischgrenze liegen, werden Blickrichtungen in andere Bereiche ermöglicht. Die Abfolge der Erschließung wird dadurch jedoch nicht verändert, da ein Tisch als Barriere übrig bleibt. Dadurch kann der Konsument gezielt in Bereiche gelenkt werden, die weniger Beachtung erfahren.

Im nächsten Kapitel wird die gesamte Arbeitsweise des Entwurfswerkzeuges nochmals schematisch dargestellt.

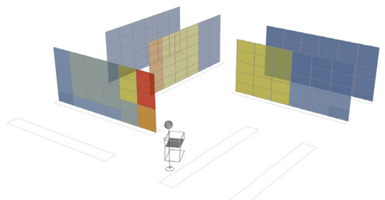


Abb. 76: Sichtbarkeitsbewertung der Regalplatten.

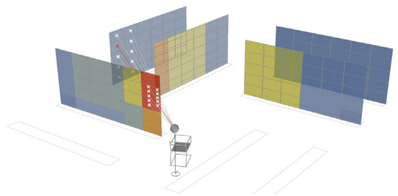


Abb. 77: Bewerten der Sehstrahlen, welche durch Regalplatten getrennt sind.

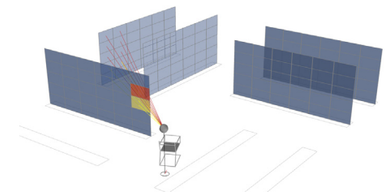


Abb. 78: Verdeckungsanalyse der Platten durch die die Sicht verbessert werden kann.

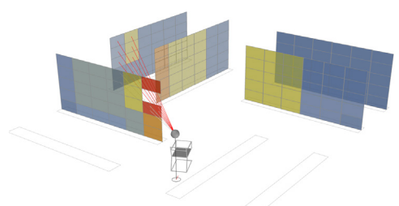


Abb. 79: Durch das gezielte Löschen kann die Sichtbarkeit der Regalplatten erhöht werden.

8. Entwurfsprozess

In den bisherigen Kapiteln wurde die Funktionsweise des erarbeiteten Entwurfswerkzeuges beschrieben, an dieser Stelle wird ein grafisches Resümee des gesamten Entwurfsprozesses bei der Gestaltung einer Verkaufsfläche gegeben (vgl. Abb. 80).

Nachdem der/die Ladenplaner/in den Sortimentsplan, also die Größen der einzelnen Produktgruppen sowie deren Erschließungsabfolge definiert hat, können diese innerhalb der Verkaufsfläche platziert werden. Die rechteckige Layoutierung und die tatsächliche Platzierung der Produktgruppen im Verkaufsraum werden hauptsächlich von den eingegebenen Verbindungswünschen der Sortimentsbereiche zueinander bestimmt. Wie in Kapitel 6.2 beschrieben wurde, haben die eingegebenen Beziehungen nicht nur Einfluss auf die Platzierung durch den *Force based circle packing*-Algorithmus sondern auch die Unterteilung des *Kd-Tree*-Algorithmus wird dadurch beeinflusst. Somit führt eine Änderung einer einzigen Nachbarschaftsbeziehung zu einer völlig neuen Strukturierung der Verkaufsfläche. Da alle weiteren Schritte auf diese Zonierung aufbauen, kann durch die Veränderung eines einzigen Eingabeparameters ein alternativer Lösungsvorschlag generiert werden.

Nachdem die Verkaufsfläche unterteilt wurde, wodurch gleichzeitig die Haupterschließung bestimmt wird, kann die weitere Gestaltung des Verkaufsgrundrisses durch die Platzierung der Innenmöbel weiter verfeinert werden. Diese Möblierung wird dabei für jede Sortimentsgruppe individuell gestaltet, wodurch eine interessante Verkaufslandschaft entsteht. Durch die schnelle Generierung von Grundrissen können verschieden Ansätze erarbeitet werden. Die anschließende agentenbasierte Simulation macht die verschiedenen Lösungsvarianten vergleichbar. In der Folge kann der/die Ladenplaner/in die Variante auswählen, die für die detaillierte Entwurfsausarbeitung in Betracht gezogen werden soll.

Um eine Entscheidungshilfe für den Designprozess des Warenträgers zu erhalten, wird der finale Grundriss einer genauen Regalflächen-Analyse unterzogen, wobei es den Bedienern/innen selbst überlassen ist, ob diese die Sichtbarkeit der Regalflächen im Verkaufsraum nur analysieren, oder durch gezieltes Löschen die Sichtbarkeit im Verkaufsraum gesteigert wird.

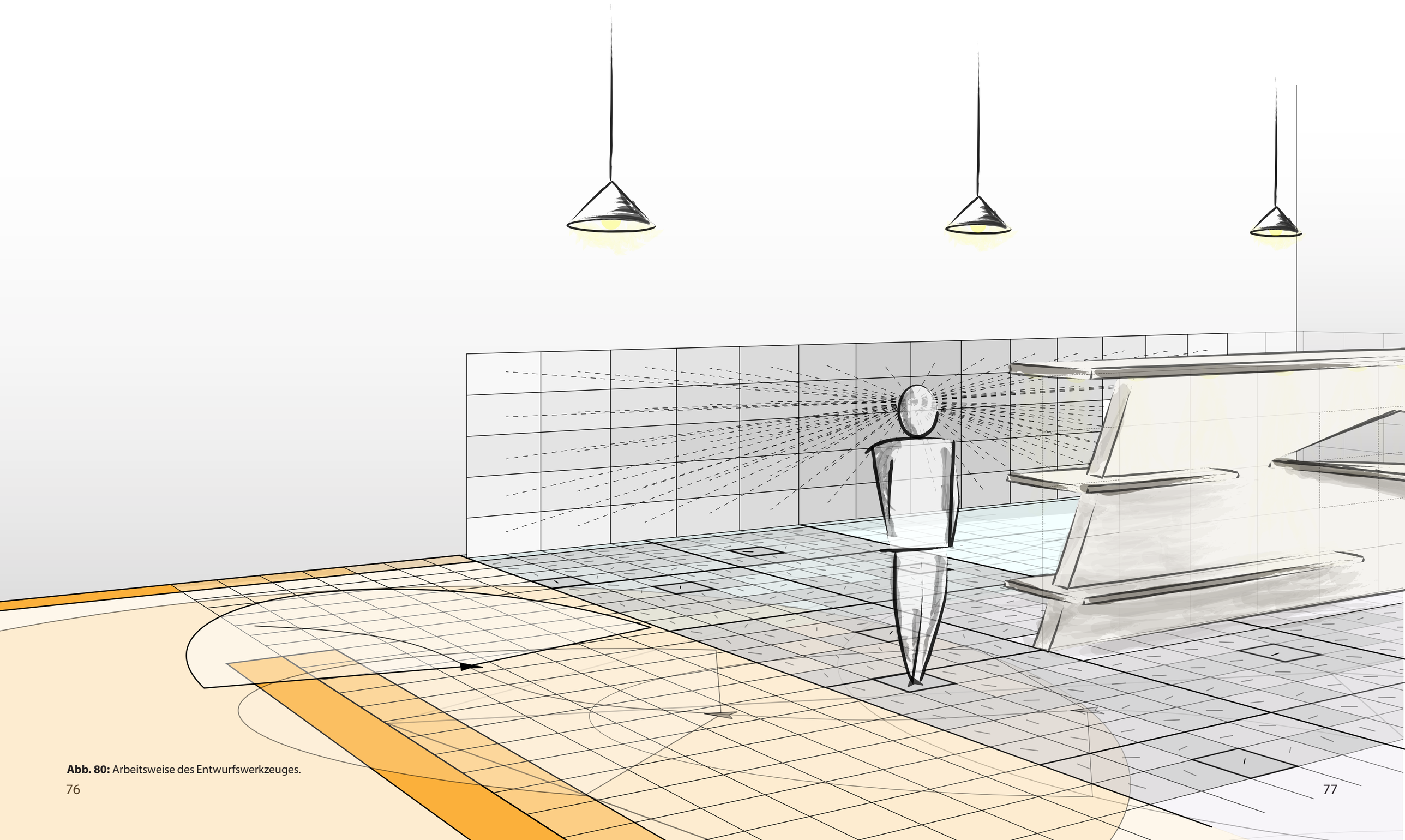


Abb. 80: Arbeitsweise des Entwurfswerkzeuges.

9. Schlussbetrachtung

Die Grundrissgenerierung des *shopgenerator v1* wurde durch ein vorher definiertes Möblierungskonzept abgeleitet. Durch die Bereichsunterteilung der Verkaufsfläche konnten zwei Hauptplätze definiert werden, an den Überschneidungen und den Restflächen entstanden weitere Plätze. Die Möblierung an diesen Plätzen wurde durch einen Unterteilungsalgorithmus, der durch die Einstellung der Gang- und Regalbreiten definiert wurde, realisiert. Dadurch konnten zwar für gegebene Verkaufsflächen verschiedene Layouts erzeugt werden, jedoch wurde die Anzahl der unterschiedlichen Lösungsvarianten durch das immer gleiche Möblierungskonzept eingeschränkt. Die Produktgruppenplatzierung wurde mithilfe einer Eingabematrix nachträglich auf den erzeugten Grundriss übertragen.

Für die Weiterentwicklung der Software wurde die Platzierung der Produktgruppen an den Beginn gestellt, wovon in der Folge die Regalplatzierung abgeleitet wird. Somit kann für eine vorhandene Verkaufsfläche die Anzahl, Größe und Abfolge der Sortimentsbereiche selbst bestimmt werden. Diese Herangehensweise lässt nicht nur eine größere Anzahl an unterschiedlichen Lösungen zu, sondern auch eine freiere Gestaltung der Verkaufsfläche, die in einem engen Bezug zu den Vorstellungen der Ladenplaner/innen steht.

Durch den Aufbau des Entwurfswerkzeuges mithilfe einer Ebenenstruktur, welche Lösungsvorschläge in den unterschiedlichen Teilbereichen der Zonierung, Erschließung und Möblierung bereitstellt, kann die Software schrittweise erweitert werden. In jeder Ebene können somit weitere Algorithmen implementiert werden, welche die Steuerung der Software weiter verfeinern und somit die Anzahl der möglichen Lösungsvarianten steigert. Einige dieser Erweiterungsmöglichkeiten sollen im Folgenden diskutiert werden.

9.1 Erweiterungsmöglichkeiten

Die Platzierung der Sortimentsgruppen wurde nicht wie bei der Software *KaisersRot* realisiert, da es bei der Planung von Verkaufsflächen in der Größenordnung, die dieses Programm bedienen kann, zu keiner so großen Anzahl an Sortimentsgruppen kommt, wodurch eine computergestützte Platzierung der Sortimente sinnvoll wäre. Dies kann von dem/der Planer/in schneller erledigt werden, wenn die Bereiche ungefähr in der Verkaufsfläche platziert werden.

Um die Zonierung durch den *Kd-Tree*-Algorithmus in der jetzigen Form noch weiter zu verbessern, könnte die Vereinfachungsmaßnahme, die als Entscheidungsfindung für die Auswahl der Schnittdimension bei gleicher Anzahl der getrennten Verbindungen eingeführt wurde, weiter untersucht werden (vgl. Kapitel 6, S.55). Dazu müssen in allen Unterteilungsebenen des *Kd-Trees*, in denen keine eindeutige Auswahl getroffen werden kann, die jeweiligen Varianten mitgespeichert werden und nach Abschluss der Unterteilung jene Variante ausgewählt werden, welche die wenigsten Verbindungswünsche zwischen den Produktgruppen getrennt hat.

Für die Strukturierung von größeren Verkaufsflächen, könnte eine eigene Erschließungsstruktur entwickelt werden, die sich nicht mehr von den Begrenzungslinien der *Kd-Tree* Struktur ableitet. Vor allem bei der Erzeugung von sehr großen Sortimentsbereichen wäre die Generierung des Hauptweges nur an den Grenzen der Produktgruppen nicht ausreichend.

Durch weitere Implementierung von verschiedenen Möblierungsstrukturen, kann die Platzierung der Innenmöbel innerhalb der Produktgruppen abwechslungsreicher gestaltet werden. Neben dem Platzkonzept, das für die Möblierung im *shopgenerator v1* angewendet wurde, könnten auch Strukturen wie sie in Kapitel 2 (vgl. Seite 20) dargestellt sind, integriert werden. Das Diagonalprinzip könnte durch eine einstellbare Drehung des Möblierungsfeldes und der Anwendung des jetzigen Möblierungsalgorithmus erzeugt werden. Die Anwendung des Kojenprinzips wäre hauptsächlich für Produktgruppen am Rand oder zur Vergrößerung der Regalflächen sinnvoll. Für eine Umsetzung des Sternprinzips könnte der Zonierungsalgorithmus adaptiert werden, da diese Layout Struktur nur für quadratische Sortimentsbereiche funktioniert.

All diese Erweiterungsmöglichkeiten würden die Software noch breiter anwendbar und nutzungsorientierter gestalten. Nichtsdestotrotz stellt die in dieser Arbeit vorgelegte Version des *shopgenerators* bereits eine deutliche Verbesserung des Ausgangsprojektes dar. Das Entwurfswerkzeug garantiert im Zusammenspiel mit dem Analysewerkzeug von Moritz Rosenberg die Generierung der optimalen Lösungsvorschläge entlang der berücksichtigten Parameter.

10. Quellenverzeichnis

Friedrich, Katja (2005): Stadt spielt Stadt. Experimente computer- und webgestützter Bürgerbeteiligung und Planung. Dresden: Thelem Verlag.

Gretz, Friedrich (2000): Läden richtig planen. Fehler vermeiden. Stuttgart + Zürich: Karl Krämer Verlag.

Hovestadt, Ludger (2010): Jenseits des Rasters - Architektur und Informationstechnologie. Anwendungen einer digitalen Architektonik. Basel. Birkhäuser Verlag.

Knecht, Katja; **König**, Reinhard (2012): Kapitel 6: Layouts mittels K-dimensionaler Bäume; in: Donath, Dirk; König, Reinhard; Petzold Frank (2012): KREMLAS. Entwicklung einer kreativen evolutionären Entwurfsmethode für Layoutprobleme in Architektur und Städtebau. Weimar: Bauhaus Universitätsverlag, 89 - 93.

König, Reinhard (2008): Der Computer in der Entwurfsphase. 10 Thesen zu seiner Nutzlosigkeit; in: GENERALIST 0/2008. vom Entwerfen. on Designing, 41-45.

König, Reinhard; **Bauriedel**, Christian (2004): Computergenerierte Stadtstrukturen v 1.0. Grundlegende Methoden für die Simulation städtischer Entwicklungsprozesse. Diplomarbeit Technische Universität Kaiserslautern.

König, Reinhard; **Schneider**, Sven; **Knecht**, Katja (2012): Kapitel 2: Stand der Forschung; in: Donath, Dirk; König, Reinhard; Petzold Frank (2012): KREMLAS. Entwicklung einer kreativen evolutionären Entwurfsmethode für Layoutprobleme in Architektur und Städtebau. Weimar: Bauhaus Universitätsverlag, 23 - 28.

Kreft, Wilhelm (2002 [1993]): Ladenplanung. Merchandising – Architektur. Strategien für Verkaufsräume: Gestaltungs-Grundlagen, Erlebnis-Inszenierung, Kundenleitweg-Planung. Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH.

Maneewongvatana, Songrit; **Mount**, David M. (1999): It's okay to be skinny, if your friends are fat. Paper presented at the Center for Geometric Computing 4th Annual Workshop on Computational Geometry, 3 - 5.

Pottmann, Helmut; **Asperl**, Andreas; **Hofer**, Michael; **Kilian**, Axel (2007): Architectural Geometry. Pennsylvania: Bentley Institute Press.

Pracht, Klaus (2001): Läden. Planung und Gestaltung. Basel: Birkhäuser Verlag für Architekten.

Rosenberg, Moritz (2015): Agentenbasierte Analyse und Optimierung. Masterarbeit Technische Universität Wien.

Schein, Markus (2007): Zur Konstruktion algorithmischer Entwurfsräume. Generative Methoden zur gestalterischen Interpretation von Freiformflächen. Dissertation Universität Wuppertal.

Schwanzer, Berthold (1988): Die Erlebniswelt von Geschäften und Schaufenstern. Die Werbewirksamkeit der Architektur im Einzelhandel, dargestellt anhand von empirischen Untersuchungen. Wien: Modulverlag.

Stephenson, Kenneth (2005): Introduction to circle packing. The theory of discrete analytic functions. Cambridge: University Press.

Vidmar, Jernej (2013): Parametric Maps for Performance-Based Urban Design. A lateral method for 3D urban design; in: Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe - 2013). Computation and Performance. Volume 1. Delft University of Technology.

Weinges, Burkhard (2002): Geleitwort: Schöne Läden lächeln immer; in: Kreft, Wilhelm (2002 [1993]): Ladenplanung. Merchandising – Architektur. Strategien für Verkaufsräume: Gestaltungs-Grundlagen, Erlebnis-Inszenierung, Kundenleitweg-Planung. Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, 12-14.

Wenz-Gahler, Ingrid (1992): Gestaltete Läden 2. Shop Design. Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH.

11. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-3	Eigene Darstellung in Zusammenarbeit mit Moritz Rosenberg *(shopgenerator v1)*.	2 - 3
Abb. 4	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 569.	9
Abb. 5	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 570.	9
Abb. 6	Gretz, Friedrich (2000): Seite 89.	11
Abb. 7	Gretz, Friedrich (2000): Seite 79.	13
Abb. 8	Gretz, Friedrich (2000): Seite 79.	14
Abb. 9	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 671.	14
Abb. 10	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 559.	16
Abb. 11	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 697.	18
Abb. 12	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 549.	19
Abb. 13	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 555.	20
Abb. 14	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 525.	22
Abb. 15	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 387.	24
Abb. 16	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 406.	25
Abb. 17	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 714, 716.	26
Abb. 18	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 716.	26
Abb. 19	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 406.	27
Abb. 20	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 406.	27
Abb. 21	Kreft, Wilhelm (2002): Seite 741.	28
Abb. 22	König, Reinhard; Bauriedel, Christian (2004): Seite 33.	33
Abb. 23	König, Reinhard; Bauriedel, Christian (2004): Seite 36.	35
Abb. 24	Vidmar, Jernej (2013): Seite 313.	37
Abb. 25	Vidmar, Jernej (2013): Seite 315.	37
Abb. 26	Vidmar, Jernej (2013): Seite 314.	37
Abb. 27	Eigene Darstellung in Zusammenarbeit mit Moritz Rosenberg.	40
Abb. 28	Eigene Darstellung nach: Pottmann et al. (2007): Seite 617.	43
Abb. 29	Eigene Darstellung nach: Stephenson, Kenneth (2005): Seite 7.	44
Abb. 30	Knecht, Katja; König, Reinhard (2012): Seite 90.	46
Abb. 31	Knecht, Katja; König, Reinhard (2012): Seite 91.	47
Abb. 32 - 68	Eigene Darstellung.	50 - 70
Abb. 69 - 70	Output Analysetool, Rosenberg Moritz.	70
Abb. 71	Rosenberg, Moritz (2015): Seite 71.	71
Abb. 72	Rosenberg, Moritz (2015): Seite 73.	71
Abb. 73	Eigene Darstellung nach Kreft, Wilhelm (2002): Seite 569.	72
Abb. 74 - 79	Eigene Darstellung in Zusammenarbeit mit Moritz Rosenberg *(shopgenerator v1)*.	72 - 73
Abb. 80	Eigene Darstellung in Zusammenarbeit mit Moritz Rosenberg.	76