

Plausibilität im Planungsprozess - Digitale Planungshilfen für die Bebaubarkeit von Grundstücken

M. Sc. Arch. Thorsten M. Lömker
loemker@archit.uni-weimar.de
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Informatik in der Architektur

Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath
donath@archit.uni-weimar.de
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Informatik in der Architektur

Einleitung

Mit den steigenden Anforderungen an Bauwerke ist auch für Planungsaufgaben im Baubereich eine zunehmende Komplexität zu verzeichnen. Dies gilt sowohl für den Neubau, als auch besonders für den Altbau, der durch unsichere Kenngrößen besondere Schwierigkeiten an die Planung stellt. Zur Bewältigung dieser Planungsaufgaben gebietet sich die fachliche Unterstützung durch digitale Systeme und Werkzeuge. Entsprechende Systeme, die den Planer unterstützen existieren nicht oder nur unzureichend.

Die digitale Unterstützung der Planung ist Forschungs- und Arbeitsschwerpunkt der Professur Informatik in der Architektur (InfAR) der Bauhaus-Universität Weimar. Seit 1998 ist diese Forschungsarbeit in den Sonderforschungsbereich 524 'Werkzeuge und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken' durch ein eigenes Teilprojekt (D2) integriert. Die Installation einer Juniorprofessur 'Architekturinformatik' 2002 verstärkt die Bearbeitung in Forschung und Praxis.

Die in dem Tagungsband vorgestellten Arbeiten 'Architekturplanung im Bestand', 'Neue Techniken in der Bestandserfassung', 'Das Bauwerk als Informationscontainer in den frühen Phasen der Bauaufnahme', 'Plausibilität im Planungsprozess - Digitale Planungshilfen für die Revitalisierung von Gebäuden', 'Computernetzwerke als Integrations- und Planungswerkzeuge', 'Vision eines mitwachsenden Geometriemodells für die computergestützte Bauaufnahme' und 'Integrated Planning Support System for Low-Income Housing' sind weitere Bausteine des Forschungsgebietes und stehen in unmittelbarem Zusammenhang zum hier präsentierten Thema.

In dem nachfolgenden Beitrag wird EIN Schwerpunkt aus diesem Forschungskomplex „Planen und Bauen im Bestand“ näher diskutiert.

Kontext

Die Erneuerung, Umnutzung und Revitalisierung vorhandener Bausubstanz ist ein Vorgang, der in der Geschichte des privaten und öffentlichen Gebäudebestandes schon immer zu beobachten war. Umbauten haben zu jeder Zeit und in allen gesellschaftlichen und kulturellen Kreisen statt gefunden. Die Gründe die zu Umbauten führten waren vielfältig. Veraltete und nicht mehr zeitgemäße Bausubstanz, veränderte Nutzungsanforderungen oder auch der Wandel ästhetischer Vorlieben und Grundpositionen veranlassten die Besitzer der Gebäude dazu, Umgestaltungen vorzunehmen. Auch in der heutigen Zeit haben sich diese Faktoren die zu Umnutzungen führten fortgesetzt. Es sind jedoch auch eine Reihe von Faktoren hinzugekommen, die die Nutzung und Weiterentwicklung existenter Bausubstanz unter geänderten Rahmenbedingungen rechtfertigen. Ökonomische und ökologische Größen spielen heute mehr denn je eine gewichtige Rolle bei der Instandsetzung und Revitalisierung existierender Bausubstanz. Die nachhaltige Nutzung unserer gebauten Umwelt ist zu einem wichtigen Themenbereich in der Gesellschaft und der Architektur geworden. Doch auch wirtschaftliche Interessen prägen den Umgang in der Auseinandersetzung mit den baulichen Erzeugnissen der Vergangenheit und somit werden vielfältige Anforderungen an diejenigen gestellt, die die Erneuerung und Revitalisierung der Bausubstanz zu verantworten und planerisch zu begleiten haben. Revitalisierungsmaßnahmen beschränken sich dabei nicht auf die bloße Instandsetzung des Gebäudebestands. Vielmehr geht es bei den einzuleitenden Schritten um die, unter vielfältigen Gesichtspunkten zu betrachtende, Wiederbelebung eines Gebäudes, welches heutige Anforderungen aus wiederum mannigfaltigen Gründen nicht mehr erfüllen kann. Die Durchführung erfolgreicher Revitalisierungsmaßnahmen durch einen Architekten bedarf demnach nicht nur konstruktiver, sondern auch wirtschaftlicher und ökonomischer Kenntnisse. Der Architekt ist mehr denn je gefordert fachübergreifend zu denken und zu handeln und in Kooperation mit Spezialisten eine Gesamtlösung herbeizuführen. Diese interdisziplinäre Tätigkeit verlangt Vorgehensweisen und Fertigkeiten, die an den Architekten hohe Anforderungen stellen, die nicht selten zu Unsicherheiten im Planungsprozess führen. Im Gegensatz zur Planung von Neubauvorhaben, sind die Rahmenbedingungen einer Revitalisierung oftmals ungewiss und schwierig zu kalkulieren. Die erfolgreiche Planung verlangt genaue Kenntnisse des Revitalisierungsobjektes sowie die exakte Definition der Zielvorstellungen, Vorgehensweisen und Durchführung einer Revitalisierungsmaßnahme.

Eingrenzung

Der architektonische Planungsprozess eines Bauwerkes ist charakterisiert durch ein anfängliches Defizit an planungsrelevanten Informationen während der Ermittlung der Grundlagen, gefolgt von einem sehr hoch verdichteten Informationsaufkommen gegen Ende der Vorplanung mit dem Eintritt in die Entwurfsplanung. Der Abschluss dieser Planungsstufe ist normalerweise entscheidend für die Weiterentwicklung eines Projektes. Für alle am Planungsprozess eines Bauwerkes in dieser Phase beteiligten Parteien, u.a. Architekt, Bauherr, Planungsbehörde, Fachingenieure und die Öffentlichkeit, ist die Entscheidung über die Fortsetzung der Planungstätigkeit auf größtmögliche Informationsvielfalt zu stützen. Die Zusammenstellung der Ergebnisse der Vorplanung hat für den Architekten zudem erhebliche haftungsrechtliche Konsequenzen. Für den Bauherren stehen gerade zu diesem Zeitpunkt oft wirtschaftliche Überlegungen im Vordergrund des Interesses. Die Größe des Informationsangebotes gegen Ende der Vorplanung ist also von entscheidender Bedeutung für die Weiterentwicklung eines Bauvorhabens. Es ist offensichtlich, dass mit dem Abschluss

der Vorplanung die grundlegenden Entscheidungen über die Ausprägung des architektonischen Entwurfes getroffen werden müssen, ohne dass der Architekt objektiv in der Lage wäre, sämtliche planungsrelevanten Daten und Informationen in den Vorplanungsprozess zu integrieren. Die Deckung des Informationsbedarfs zu Beginn der Grundlagenermittlung und das hohe Informationsaufkommen gegen Ende der haftungsrechtlich sensitiven und arbeitsaufwendigen Vorplanungsphase kann durch die dem Architekten zur Verfügung stehenden Hilfsmittel oftmals nicht sachgerecht gewährleistet werden. Eine Vielzahl von Einflussfaktoren auf den Entstehungsprozess eines Bauwerkes werden daher schlichtweg vernachlässigt oder in Gänze ignoriert.

Die digital unterstützte Bauplanung – ein Plädoyer für mehr Plausibilität

Die Vielfalt der unterschiedlichen Faktoren, die Einfluss auf den Planungsprozess nehmen können, sowie deren Abhängigkeiten voneinander werden von heutigen Planungssystemen in nur unzureichender Weise aufbereitet und verwaltet. Diese Faktoren bedingen Planungstools, deren Aufgabe die Beschaffung, Verarbeitung, Integration und Verwaltung von Informationen sowie die Veranschaulichung der komplexen Informationszusammenhänge ist. Die Entwicklung solcher Systeme ist technisch möglich. Die Schwierigkeit liegt in der Beschaffung und Strukturierung der für den Planungsprozess relevanten Informationen sowie ihrer Aufbereitung und Integration in eine digitale Planungsumgebung. Das Ziel des Einsatzes digitaler Werkzeuge besteht in der Schaffung von Transparenz sowie in der Erhöhung von Verständnis und Plausibilität im architektonischen Planungs- und Bauprozess und in der Bewirtschaftung von Bauwerken. Die Umsetzung dieses Zieles ist hier auf die Einbeziehung, Adaption, Entwicklung und Erprobung von informationstechnologischen Produkten orientiert. Vorhandenes ebenso wie Neues, Bewährtes wie Unerprobtes.

Letztendlich geht es um die Prozess- und Bauwerksinformationen, die:

- schnell erstellt und geändert werden müssen,
- in einem Zusammenhang stehen müssen,
- gemeinschaftlich von verschiedenen Orten aus bearbeitet werden müssen.

Alle Überlegungen und Entwicklungen zielen auf eine Balance und auf das Angleichen zwischen den bestehenden hochgradig-komplexen Prozessen bzw. den Informationszusammenhängen und einem VERSTÄNDNIS dazu. Hier kann der Begriff der PLAUSIBILITÄT hinzugezogen werden. Plausibilität ist das Verständnis und die Berücksichtigung von planerischen Randbedingungen durch Sichtbarmachen, Begreifen und nachvollziehbares Dokumentieren von technischen, technologischen, objektiven wie subjektiven Kriterien, die zu einer Planungslösung führen. Die Absicht liegt im Vermeiden von Erklärungsnot und Zufälligkeiten zu einer Planungslösung. Ein direktes, beeinflussendes oder informierendes Einbeziehen von formalisierbaren Randbedingungen muss durch:

- **regelbasierende Planungsunterstützung**
 - z. B. Abstandsflächenermittlung, Kostenermittlung
- **physikalisch, technisch orientiertes Modellieren**
 - Kosten auf Vergleichs- oder Bauteilbasis
 - physikalische Umgebungsbedingungen wie Wind- und Regeneinfallrichtung
 - Brandschutz durch Fluchtweg- und Personenstromanalyse

- Funktionsbeziehungen und –anforderungen)
 - **informierende Planungsagenten, wie**
 - aktuell gültige Bauordnungen (Verknüpfen von entsprechenden Bestimmungen zum Teilen des Planungsergebnisses)
 - historische, denkmalbezogene Kriterien der Standortwahl
 - bautechnische Bewertung der einzubeziehenden Gebäudesubstanz und –geometrie
- erfolgen.

Der Planungsprozess lässt sich hierzu in kleine Abschnitte aufteilen. Diese modularen Bereiche des Planens können hinsichtlich einer wirksamen fachlichen Unterstützung durch modulare Computerprogramme aufgearbeitet werden. Der oft anzutreffende Versuch die generelle und zusammenhängende Unterstützung des gesamten Prozesses abzubilden ist nicht sinnvoll und nicht realisierbar. Es ist (im ersten Schritt) ausreichend, die in einem bestimmten Abschnitt des Planens produzierten Informationen, klar zu beschreiben und nebeneinander abzulegen. (Der Mensch selbst ist in der Lage, die komplexen Zusammenhänge zu erkennen und Schlüsse daraus zu ziehen.) Dies muss nicht den digitalen Werkzeugen überlassen werden. In einem zweiten Schritt sind die Prozesse bzw. Informationen zusammenzubringen und in eine Einheit zu setzen, wo der Zusammenhang am Offensichtlichsten bzw. Sinnvollsten ist. Voraussetzung für den zweiten Schritt ist, dass dies ‚an sich‘ passiert und nicht in getrennten Systemen, d. h. man beschreibt z.B. Bauleistungen im CAAD-System, erstellt dort die Raumbücher etc. anstatt irgendeine „Kopplung“ vorzunehmen. Die Schwerpunkte sind vor allem bei den offensichtlichen, dem Planer Vertrauen erweckenden Tätigkeiten und Anforderungen im Planen zu setzen. Bereits die ersten Ergebnisse aus der Benutzung der Werkzeuge müssen verständlich, einfach und das bisherige offensichtlich verbessernd sein.

Prototypen

Ein wesentlicher Aspekt der Gestaltung digitaler Planungssysteme für den Architekturbereich ist die Einfachheit der Handhabung und die Adaptation oder Re-Interpretation der Vorgehensweise des Architekten. Aufbauend auf den vg. Thesen wurden prototypische Software-Module entwickelt, die sich mit der Problematik des Maßes der baulichen Nutzung einer Grundstücksfläche gem. Baunutzungsverordnung auseinander setzen.

Prototyp 1 - BauNVO:

Die nachfolgende Abbildung zeigt das prototypische System BauNVO, welches dem Architekten bei grundlegenden Entscheidungen bezüglich der Maximalnutzung einer Baufläche Unterstützung bietet.

Prototyp BauNVO: Alphanumerische Ein- und Ausgabe des Maßes der baulichen Nutzung

Der Prototyp BauNVO (Donath, Lömker et al. 2002) ist ein Programm mit einer textbasierten Oberfläche, welches die aus den zulässigen Baumaßzahlen eines Flurstückes resultierenden bebaubaren Flächen und Volumina ermittelt und in Beziehung setzt. BauNVO dient der Ermittlung möglicher Bebauungsalternativen und berücksichtigt die Vorgaben eines vorliegenden Bebauungsplanes und der Baunutzungsverordnung. Das Konzept von BauNVO stützt sich auf die Tatsache, dass der Architekt zu Beginn der Planung eines Bauvorhabens die Flächenmaßzahlen zur Bestimmung der Obergrenzen des Maßes der baulichen Nutzung ermitteln muss. Die rechnerische Ermittlung ist denkbar einfach und basiert auf den Angaben der rechtsverbindlichen Bebauungspläne. Aus der praktischen Erfahrung heraus ist jedoch die Einhaltung der in den oft mehrere Jahrzehnte alten BPläne genannten Maßzahlen nicht immer zwingend erforderlich, so dass die maßgeblichen Faktoren für die Flächenmaßzahlen im Regelfall aus den Vorgaben des Bauherren oder aus Wirtschaftlichkeitsberechnungen resultieren, die an die BPläne angelehnt werden müssen. Das bedeutet für den Architekten einen ständigen Abgleich zwischen Bauherrenforderung und Anpassung an die Vorgaben des BPlanes bzw. der umgebenden Bebauung (vgl. dazu §34 BauGB). BauNVO ermittelt daher Flächenmaßzahlen, die sich aus den eingegebenen Werten ergeben und vergleicht diese mit den Werten des Bebauungsplanes und der Baunutzungsverordnung. Eventuelle Überschreitungen der zulässigen Maßzahlen werden in einer Prozentskala angezeigt.

Prototyp 2 - SPACEplan:

Die grafische Weiterentwicklung von BauNVO stellt SPACEplan dar, welches als Modul auf der Experimentalplattform FREAK (Donath, Petzold et al. 2002) realisiert worden ist. SPACEplan ermittelt grafisch die maximal bebaubare Fläche eines Baugrundstückes sowie das maximale Bauvolumen unter Berücksichtigung wesentlicher Aspekte der Abstandsflächenregelungen der Bauordnungen der jeweiligen Bundesländer. Es dient der schnellen Ermittlung einer Gebäudekubatur innerhalb derer regelkonform geplant und gebaut werden kann. Mit Hilfe von SPACEplan sind einerseits bereits zu Beginn der Planung sehr

schnell verbindliche Aussagen über die maximale Geschossfläche realisierbar, auf deren Grundlage Entscheidungen über die wirtschaftliche Realisierung eines Bauvorhabens getroffen werden können. Andererseits gewährleistet das Modul die rechtsichere Beplanung eines Flurstückes durch den Architekten, da die Ermittlung der Flächen und Volumina unter Berücksichtigung wesentlicher Aspekte der Abstandsflächenverordnung erfolgt.

The screenshot shows a dialog box titled "maximum building space". It has a blue title bar with a close button (X). The main area is titled "input of site properties" and contains a table with three rows of input fields. The first row is for "number of floors", with an initial value of 1 and an accumulated value of 99. The second row is for "floor height [m]", with an initial value of 2.75 and an accumulated value of 4. The third row is for "height multiplier", with an initial value of 0.4. Below the table, there is a section titled "enable the radio-buttons for:" with three radio buttons: "regular calculation with constant height of buildings and number of floors", "optimized calculation to obtain maximum usable floor-space", and "optimized calculation to obtain maximum building volume". At the bottom, there are two buttons: "Calculate" and "Abort".

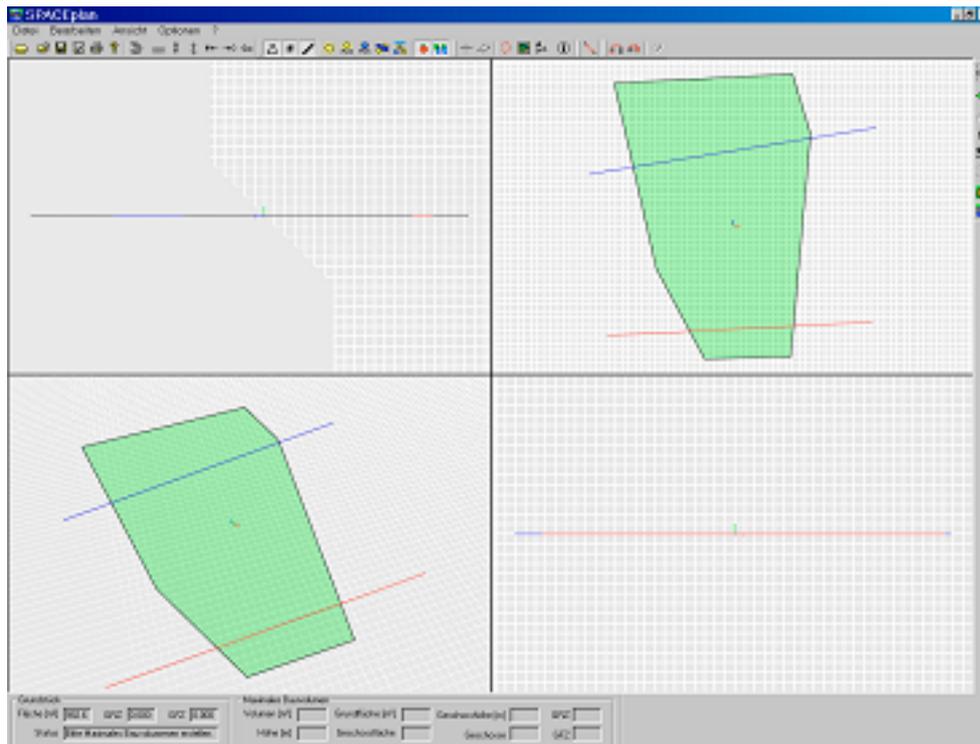
	initial value	accumulated value
number of floors	1	99
floor height [m]	2.75	4
height multiplier	0.4	

enable the radio-buttons for:

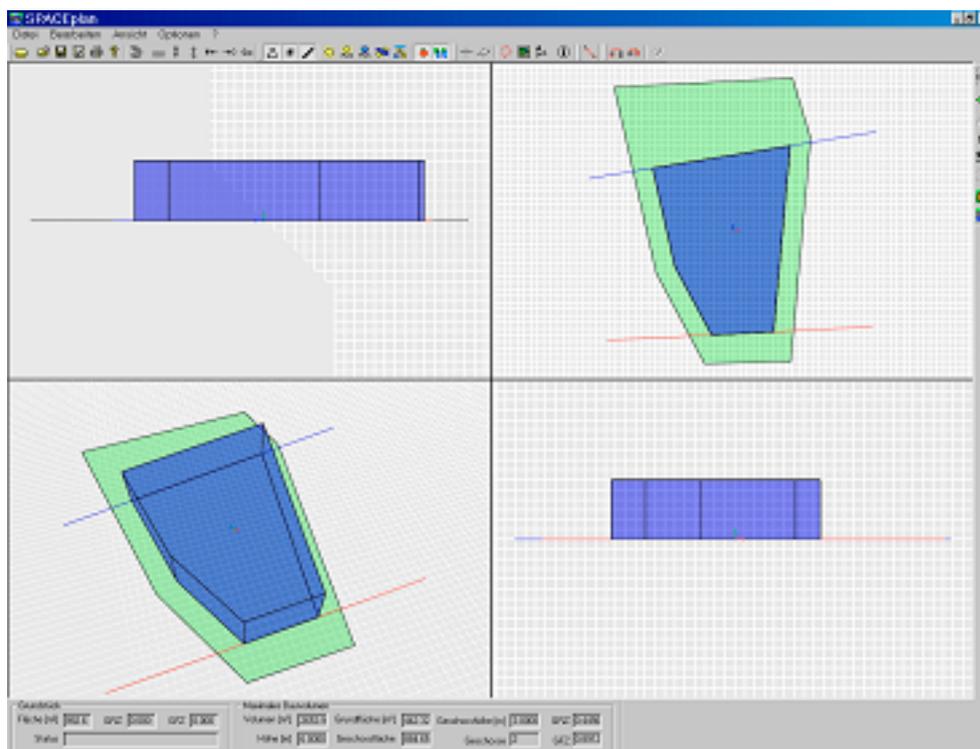
- regular calculation with constant height of buildings and number of floors
- optimized calculation to obtain maximum usable floor-space
- optimized calculation to obtain maximum building volume

Calculate Abort

Prototyp SPACEplan - Eingabe objektbezogener Rahmenbedingungen



Prototyp SPACEplan - Definition grundstücksbezogener Constraints



Prototyp SPACEplan - Berechnung und Anzeige der maximalen Gebäudekubatur

Als Ergebnis der Prototypen BauNVO und SPACEplan lässt sich zweifelsfrei festhalten, dass der modulare Aufbau eine gute Basis für prototypische Realisierungen bietet, da die Entwicklung überschaubar ist und relativ schnell nachvollziehbare und bewertbare

Ergebnisse erzielt werden können. Während BauNVO als Einzelapplikation entwickelt worden ist, stellt SPACEplan einen Ansatz dar, der durch die modulare Einbindung in die Experimentalplattform FREAK erweiterbar ist. Ein dritter untersuchter Ansatz zur Ermittlung des Maßes der baulichen Nutzung ist die Verwendung regelbasierter parametrisch-assoziativer Modelle, wie sie bisher fast ausschließlich im Fahrzeugbau, der Luft- und Raumfahrttechnik und dem Maschinenbau Verwendung finden.

Prototyp 3 – Regelbasierte parametrisch-assoziative Modelle:

Obwohl der Planungsprozess in der Architektur häufig als heterogener und nicht formalisierbarer (Donath 2002) Prozess beschrieben wird, gibt es eine Reihe von Planungscharakteristiken, die auf eine formalisierbare Vorgehensweise zurückführbar sind. In diesem Zusammenhang wird auf die Vielfalt der einzuhaltenden Normen und Verordnungen verwiesen, deren Anwendung Grundbestandteil jeglicher Planung ist. Die Bestrebungen diese Normen und Richtlinien auf Grund ihres teilweise widersprüchlichen Inhaltes (Portmann and Portmann 1998) und der damit verbundenen Auslegung zu vereinheitlichen wird am Beispiel der Erarbeitung der Musterbauordnung (MBO) durch die Gremien der Länder verdeutlicht. Die Musterbauordnung beinhaltet verbindliche Rahmenbedingungen zu deren Einhaltung der Planer verpflichtet ist. Bei der erarbeiteten Modellbildung wird auf diese und weitere Rahmenbedingungen zurück gegriffen, da sie das formale Grundgerüst des zu konzipierenden Modells bilden. Das Modell basiert auf der Annahme, dass durch die Integration von Regelwerken wie sie in den einschlägigen Verordnungen, Normen und Richtlinien aufgestellt werden, die Lösung einer Planungsaufgabe durch Einschränkung des Lösungsraumes bei der Anwendung der Regeln herbeigeführt werden kann. Da die in der Planung existenten Rahmenbedingungen unterschiedlicher Natur sind, müssen sowohl numerische als auch alphanumerische und grafische Bedingungen (Constraints) definiert werden können, um dem Planer größtmögliche Freiheit bei der Anwendung der Regelwerke zu geben. Die Übersetzung der Regelwerke in eine einheitliche und somit allgemeingültige Form ist auf Grund ihrer syntaktischen Diversifikation nicht durchführbar. Es ist den Regelwerken jedoch gemeinsam, dass sie zusätzlich zur eigentlichen Bedingung auch die Anleitung zur Lösung der entsprechenden Bedingung beinhalten. Das Wissen zur Anwendung einer Bedingung eines Regelwerkes ist also impliziert. Da die Regelwerke in der Architektur jedoch unterschiedlicher Ausprägung sind, können die Lösungsmechanismen nicht vereinheitlicht dargestellt werden. Es ist also notwendig die Teilbereiche einer zu lösenden Planungsaufgabe mit Hilfe unterschiedlicher Problemlösungstechniken zu bearbeiten.

- Parametrisierung -

Die Verwendung parametrischer Strukturen in CAD-Systemen erlaubt es, Bauteile oder Bauteilgruppen zu definieren, deren Handhabung hoch flexibel gestaltet werden kann. Eine Konstruktion kann dann als parametrisch bezeichnet werden, wenn die Dimensionierung eines Bauteiles zumindest teilweise über benannte Maßangaben erfolgen kann und die Zusammenhänge der Gesamtkonstruktion bei Veränderungen einzelner Parameter erhalten bleiben. Ein auf parametrischer Modellierung basierendes Bauteil kann auf diese Weise zu jedem Zeitpunkt der Konstruktion verändert und an die Erfordernisse der Planung angepasst werden. Die Vorgehensweise bei der Erstellung parametrischer Konstruktionen unterscheidet sich von der herkömmlichen Vorgehensweise bei der Erstellung von CAD-Modellen dadurch, dass das Bauteil anfänglich ohne genaue maßliche Festlegungen konstruiert werden kann. Wichtiger als die maßliche Bindung sind bei der parametrischen Konstruktion die Zusammenhänge zwischen den einzelnen geometrischen Komponenten des Bauteils. Die in CAAD-Systemen der heutigen Generation Verwendung findenden parametrischen Konstruktionen bestehen im Regelfall aus vorgefertigten Bauteilelementen

wie z.B. Wänden, Fenstern, Türen und Treppen. Die Funktionalität einer parametrischen Konstruktion lässt sich am Beispiel eines Fensters verdeutlichen: Der Planer hat die Möglichkeit aus einer Vielzahl unterschiedlicher Fenstergrößen ein Maß des Fensters bezüglich der Länge und Breite zu wählen. Ferner kann die Öffnungsart, die Tiefe des Fensterrahmens sowie die Anzahl und Dimensionierung der Sprossen bestimmt werden. Das Fensterbauteil ist in Elemente unterteilt, die parametrisiert sind und mit unterschiedlichen Attributen belegt werden können. (Dimensionen, Material, Farbe, Anzahl). Die Zusammenhänge zwischen diesen einzelnen Elementen bleiben nun fortan bestehen und Änderungen eines Einzelelementes wirken sich auf die Gesamtkonstruktion eines Bauteiles aus. Wird beispielsweise die Größe des Fensters verändert, ändern sich durch die Beziehungen der einzelnen Bauteile untereinander auch automatisch die Größen der Fenstersprossen. Diese Änderungsmechanismen basieren auf der hierarchischen Verknüpfung der Teilkomponenten eines Bauteils. Die hierarchische Verknüpfung ist dergestalt ausgeprägt, dass Änderungen der Bauteilgeometrie eines Eltern-Objektes direkten Einfluss auf die Parameter der zugehörigen Kind-Objekte haben. Dieser Vorgang ist nicht rekursiv, d.h. die Veränderung eines Kind-Objektes hat nur in Ausnahmefällen Einfluss auf die Gestalt des Eltern-Objektes.

Die Konstruktionsbeziehungen der Einzelkomponenten sind in CAAD-Systemen üblicherweise fest verankert und können weder verändert noch auf andere Gegenstände übertragen werden. Dennoch wird klar, dass der parametrische Ansatz großes Potenzial besitzt, welches auch auf andere Bauteile oder Elemente der Gesamtkonstruktion übertragen werden könnte. Voraussetzung dafür ist jedoch die Möglichkeit alle Elemente eines CAAD-Modells grundsätzlich parametrisch definieren und bearbeiten zu können, sowie das Vorhandensein von Assoziativität zwischen diesen Elementen. Dabei darf die Parametrisierung jedoch nicht beschränkt werden auf Bauelemente im herkömmlichen Sinn. Der in CATIA realisierte Prototyp 3 zeigt, dass die Ausweitung der Parametrisierung auf weitere geometrische Bestandteile des Modells zu Abhängigkeiten führen kann, die dem Planer größere inhaltliche Unterstützung bei der Erarbeitung einer Planungsaufgabe bieten.

- Assoziativität -

Die Kombination des parametrischen Ansatzes mit dem assoziativen Aufbau eines Bauteils ermöglicht die Erstellung von Konstruktionen, welche sich intelligent verhalten und dem Planer ein Höchstmaß an Überprüfungsarbeit abnehmen. Assoziative Strukturen sind in CAAD-Systemen in besonderem Maße durch die Verwendung von Bemaßungsroutinen bekannt geworden. Bei der assoziativen Bemaßung existiert eine nicht sichtbare Verbindung zwischen dem bemaßten Bauteil und der Maßlinie. Die Veränderung eines Parameters des Bauteils, auf welche sich die erstellte Bemaßungslinie bezieht, wird an die Maßlinie weitergegeben, woraufhin diese sich den neuen Maßverhältnissen automatisch anpasst. Eine weitergehende Verwendung des parametrisch assoziativen Ansatzes findet sich auch in Normbauteilen wie Treppen oder Fenstern. Die Lage eines Fensters innerhalb einer Wand ist parametrisch durch die Länge und Breite des Fensters sowie die Abstandsmaße des Fensters zu weiteren Bezugspunkten auf der Wand bestimmt. Ändern sich die Größenverhältnisse des Fensters, werden – eine geeignete Parametrisierung vorausgesetzt – die Abstandsmaße zu den Bezugspunkten automatisch angepasst. Darüber hinaus werden auch davon abhängige Parameter, wie beispielsweise die Masse der Wand assoziiert, d.h. in Beziehung gesetzt und neu berechnet.

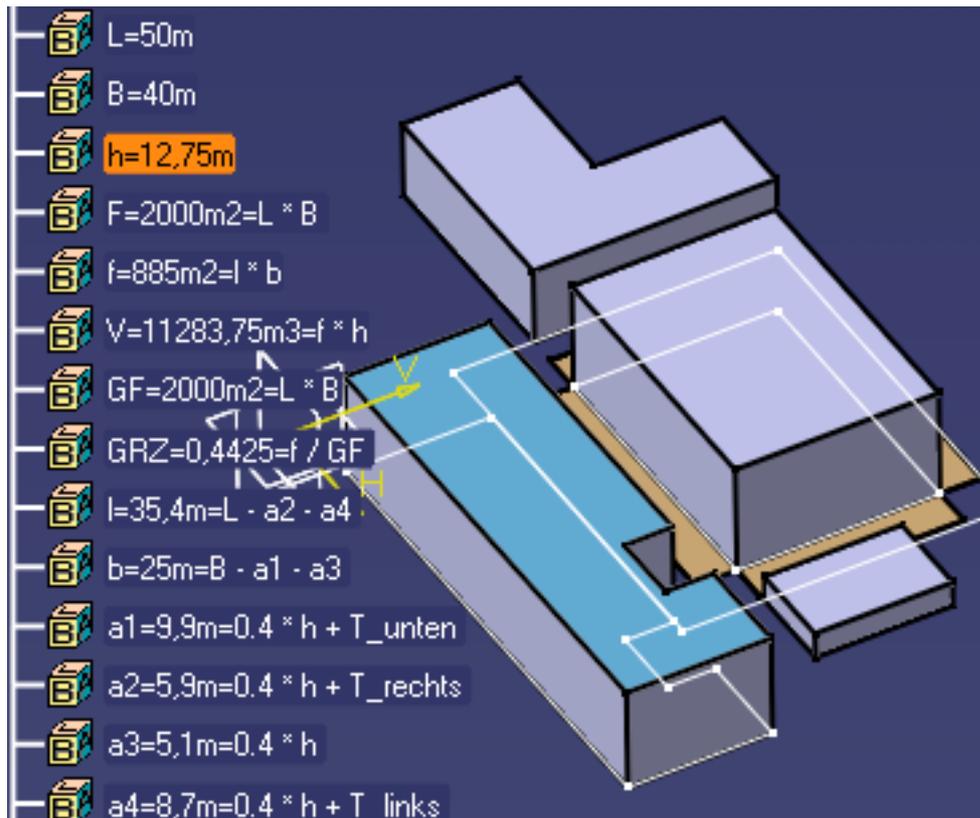
- Regelintegration -

Bei der Betrachtung assoziativ-parametrischer Strukturen wird deutlich, dass eine funktionsfähige Konstruktion nur durch die Aufstellung von Beziehungen zwischen den

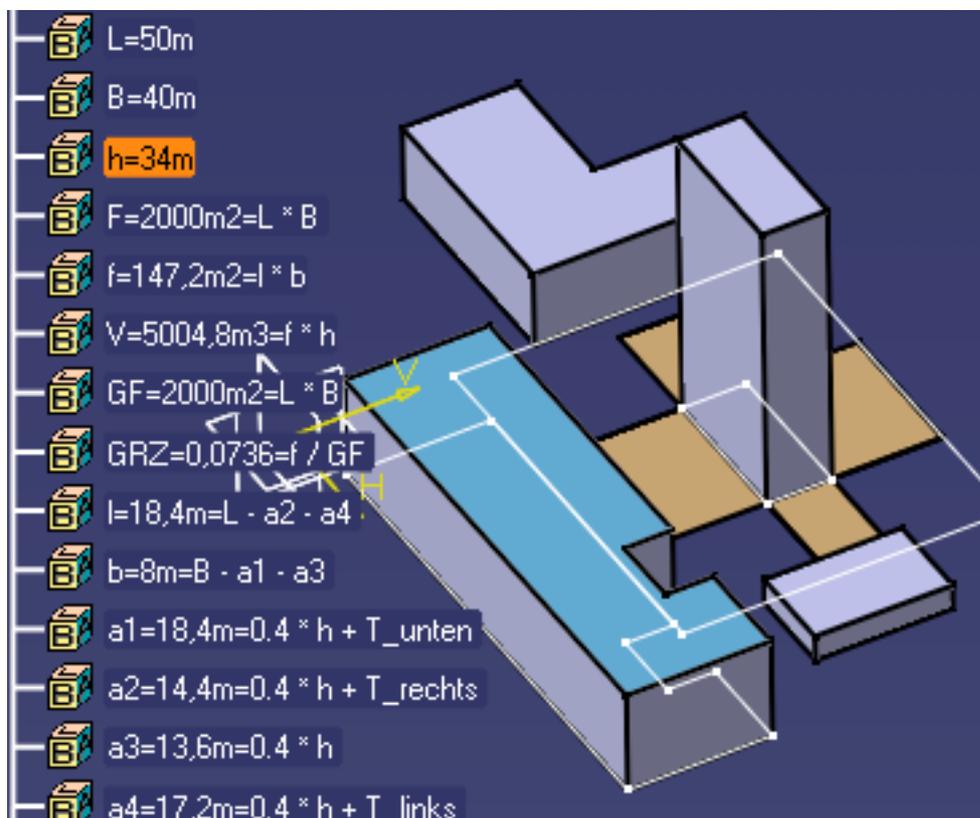
einzelnen Bauteilkomponenten entstehen kann. Diese Beziehungen sind in Normbauteilen wie sie aus CAAD-Systemen bekannt sind in Form mathematischer Formeln bereits integriert. Am Beispiel einer Treppe wird deutlich, wie sich die Ausprägung assoziativ-parametrischer Strukturen in CAAD-Systemen darstellt. Die Treppenanlagen bestehen im Regelfall aus der Treppenwange, den Tritt- und Setzstufen, dem Treppengeländer und einem Handlauf. Diese Bauteile werden durch Benutzereingaben definiert, die sich im wesentlichen auf die Treppenlaufbreite, Treppenauflänge, Geschosshöhe, Art der geometrischen Formgebung und die Verwendung der Schrittmaßregel beschränken. Durch die vom Programmierer integrierten parametrischen Abhängigkeiten der Treppenelemente untereinander, entsteht eine flexible Konstruktion, die sich im wesentlichen aus den vgl. Benutzereingaben sowie den Vorzugsmaßen für Steigungshöhe, Auftrittsweite und Auftrittstiefe ableitet. Die Verwendung des fest integrierten Formelwerkes ermöglicht dem Planer somit Treppen für jegliche Geschosshöhen, Lauflängen und –breiten zu entwerfen. So bewirkt beispielsweise eine Veränderung der Lauflänge - bei entsprechender Parametrisierung - die automatische Anpassung der Anzahl der Treppenstufen. CAAD-Systeme, die eine assoziativ-parametrische Vorgehensweise unterstützen, existieren seit vielen Jahren. Dennoch lässt sich zweifelsfrei feststellen, dass sich die Anwendung solcher Strukturen auf einige wenige Bauteile beschränkt. Bei einfachen Konstruktionen ist der assoziativ-parametrische Ansatz leicht nachvollziehbar und durch den Planer zu beherrschen. Bei komplexen Objekten, die aus vielen miteinander in Beziehung stehenden Komponenten bestehen, zeigt sich allerdings, dass die assoziativ-parametrische Struktur sehr schnell unüberschaubar wird und Beziehungen zwischen einzelnen Komponenten nicht mehr nachvollziehbar sind. So lässt sich beispielhaft aufzeigen, dass die Veränderung der Treppenauflänge - bei entsprechender Assoziation des An- und Austrittes mit den Geschossdecken - Auswirkungen auf die Tiefe der Treppenpodeste hat. Diese Auswirkungen bedingen möglicherweise eine Veränderung der Abmessungen der Treppenraumbegrenzungen, die sich ihrerseits auf die Ausprägung der umgebenden Bauteile auswirkt. Es wird deutlich, dass die Veränderung einer Kenngröße der Konstruktion eine unabsehbare Anzahl von Folgeänderungen nach sich ziehen kann. Dabei können die Abhängigkeitsketten einer komplexen Konstruktion sehr lang werden und Abhängigkeiten mit sich bringen, die sich nicht immer mit mathematischen Zusammenhängen darstellen lassen. So werden im Beispiel der Treppenfunktion in CAAD-Systemen die maßgeblichen Normen (MBO §31, DIN 18064, DIN 18065 und DIN 18025 u.a.) fast vollständig außer Acht gelassen. Ändert sich nun beispielsweise die Nutzungsart eines Gebäudes, wie es bei Revitalisierungsmaßnahmen häufig der Fall ist, gelten u.U. andere Bestimmungen für die Konstruktion einer Treppenanlage. Mit Hilfe eines ausschließlich assoziativ-parametrischen Systems würde demnach an dieser Stelle eine konstruierbare aber nicht genehmigungsfähige Lösung generiert werden.

Ein möglicher Lösungsansatz sind wissensbasierte Komponenten innerhalb der Modelle, die in der Lage sind Konstruktionsregeln zu erfassen, zu interpretieren und zu evaluieren (Glymph, Shelden et al. 2002). Diese Konstruktionsregeln dürfen nicht allein bauteilspezifisch ausgeprägt sein. Vielmehr ist ein Modell anzustreben, welches in der Lage ist Informationen unterschiedlichster Ausprägung zu integrieren. Auf Grund des Stellenwertes des CAAD-Modells als durchgängiges Modell der Planungspraxis, ist jedoch die Integration wissensbasierter Komponenten in das CAAD-Modell unabdingbar. Die Aufgabe der wissensbasierten Komponente (Knowledgeware) ist die Erfassung von Regeln, die Interpretation der Regeln in einem Konstruktionskontext und die kontinuierliche Evaluierung der Regel im Gesamtkontext. Die während des gesamten Planungsprozesses durchgeführte Evaluierung der Konstruktion würde durch die Anwendung entsprechender Prüfmechanismen zur Einhaltung der festgelegten Regeln und somit zu 'regelgerechtem'

Planen führen. Die sich für diese Vorgehensweise in besonderer Weise anbietenden Regeln sind Normen und Richtlinien aus der Planungspraxis, die mathematisch formalisierbar sind. Die in CATIA realisierten Konstruktionsregeln bezüglich der Abstandsflächenregelung reagieren sowohl auf die Veränderung der Gebäudegeometrie des geplanten Gebäudes als auch auf event. Veränderungen des Gebäudebestands. Durch die Verwendung von Optimierungsverfahren können in dem Modell freie Variablen definiert werden, die mit Hilfe verschiedener Algorithmen (Gradient, Simulated Annealing) (Randelman and Grest 1986) optimiert werden können. In diesem Optimierungsprozess können Zielvorgaben erstellt werden, die den Vorgaben des Bebauungsplanes entsprechen. Die Gebäudegeometrie des zu revitalisierenden Bauwerks oder neu zu errichtende Gebäudeteile werden in ihren freien Parametern an die Ergebnisse des Optimierungsprozesses angepasst. Abhängige Parameter können in Konstruktionstabellen gespeichert und in jedem Modell aufgerufen und verwendet werden. Durch die Einbindung von Prüffunktionen in das Gebäudemodell werden Regelverletzungen aufgezeigt, so dass die Gesamtkonstruktion jederzeit nachvollziehbar und plausibel ist. Durch den Einsatz der Optimierungsverfahren ergibt sich eine von herkömmlichen Verfahren vollkommen unterschiedliche Vorgehensweise bei der Suche nach einer Planungslösung. Während der Architekt traditionell einen Gebäudeentwurf erstellt und anschließend die Lösung auf Konformität zur Gesetzestexten und Normen überprüft, wird bei regelbasierten parametrisch-assoziativen Strukturen ein Optimierungsraum definiert, dessen Bestandteile die einzuhaltenden Bedingungen (Constraints) sind. Die Parameter einer Konstruktion erfahren keine maßlichen Bindungen sondern werden durch Formeln und Abhängigkeiten definiert. Der Vorteil einer solchen Konstruktion ist der Freiheitsgrad, welcher zwischen den Einzelkomponenten existiert, der jedoch einen hohen Aufwand bei der Erstellung der Konstruktionsregeln bedingt. Ist eine Konstruktion jedoch vollständig parametrisiert und an Regeln gebunden, werden jegliche Veränderungen durch Prüfmechanismen kontinuierlich evaluiert. Die von den freien Parametern abgedeckten Bereiche dienen dem Gradienten-Algorithmus oder dem Simulierten Ausglühen als Grundlage für die Optimierung der Konstruktion. Auf diese Weise können Konstruktionsparameter wie Grundflächenzahl (vgl. Abb. Prototyp 3), Höhe des Gebäudes, Umbauter Raum oder Baukosten schrittweise optimiert und an die bestmögliche Planungslösung angenähert werden.



Prototyp 3 – Die beigefarbenen Abstandsflächen sind parametrisch-assoziativ



Prototyp 3 - Parametrische Änderung der Abstandsfläche durch Veränderung der Gebäudehöhe

	A	B	C	
1	'Nb evals'	Best	GRZ	'Part1\Beziehunge
2	0	0,200000806	0,200000806	
3	1	0,200000806	0,20975491	
4	2	0,200000806	0,196307279	

Optimierung

Aktueller bester Wert: 0,200000806

Name	Körper	Erfüllt	Abstand bis Erfüllung	Aktivität
Bedingun..	$L - 0,8 * h - 1 == 0m$	Ja	0m	False
Bedingun..	$B - 0,8 * h - b == 0m$	Ja	0m	False
Bedingun..	$a1 >= 3m$	Ja	0m	True
Bedingun..	$a2 >= 3m$	Ja	0m	True

Erfolgte Aktualisierungen: 116/200

Aktualisierungen ohne Verbesserung: 5/50

Verstrichene Zeit: 0.50/5.00

Abgebrochene Aktualisierungen: 0

Stopp

16	14	0,200000806	0,19932277	
----	----	-------------	------------	--

Prototyp 3 – Optimierung freier Parameter durch Simuliertes Ausglühen

Zusammenfassung

Die Verwendung von CAD-Systemen zur Planung von Bauwerken hat sich zu einem unerlässlichen Hilfsmittel der Architekten entwickelt. Von den ersten Phasen des frühen Entwurfs bis hin zur ausführungsfähigen Planung und Darstellung des Bauwerkes reicht das Potenzial der gängigen CAD-Systeme. Es ist jedoch fest zu halten, dass sich dieses Potenzial hauptsächlich auf die zeichnerische Bearbeitung der Planungsaufgabe erstreckt. Inhaltliche Unterstützung bietet keines der in der Praxis eingesetzten Programme. Vorgehensweisen, die für den Bereich der Revitalisierung von Baumaßnahmen Relevanz besitzen werden ebenfalls nicht unterstützt. Planungssicherheit bedeutet für den Architekten jedoch, dass Programmsysteme dem Architekten bei der Entscheidungsfindung während der Bearbeitung von Planungsleistungen dergestalt Unterstützung bieten, dass ein entwickelter Lösungsweg als plausibel, begründbar und nachvollziehbar angesehen werden kann. Ein entwickelter Lösungsweg ist erst dann als plausibel anzusehen, wenn die erzeugte Lösung den wesentlichen für die erfolgreiche Lösung einer Bauaufgabe zu beachtenden Regeln entspricht und die Lösungsfindung in geeigneter Form nachweislich nachvollziehbar und begründbar ist. In diesem Sinn ist ein Planungssystem ein digitales Hilfsmittel, dass den Architekten kontextbezogen bei der Bearbeitung der Planungsleistungen - durch die Bereitstellung von Informationen und die Erzeugung von Vorschlägen zur Lösung einer Planungsaufgabe - unterstützt. Die Integration von Regelwerken in Planungssysteme besitzt unter diesem Aspekt großes Potenzial.

Literatur

Donath, D. (2002). SFB 524, Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken, Arbeits- und Ergebnisbericht für die 1. Förderperiode. Weimar, Bauhaus-Universität Weimar: 319-361.

Donath, D., T. M. Lömker, et al. (2002). Plausibility in the Planning Process - Reason and Confidence in the Computer-Aided Design and Planning of Buildings. ACADIA 2002 - Thresholds - Design, Research, Education and Practice, in the Space Between the Physical and the Virtual.

Donath, D., F. Petzold, et al. (2002). A building information system based on a planning relevant surveying system - a module in a comprehensive computer aided project planning. Proceedings of the 9th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE), Taipei, Taiwan.

Glymph, J., D. Shelden, et al. (2002). A Parametric Strategy for Freeform Glass Structures Using Quadrilateral Planar Facets. ACADIA 2002, Thresholds. Design, Research, Education and Practice in the Space Between the Physical and the Virtual, California State Polytechnic University, Pomona, USA, ACADIA, Association for Computer-Aided Design in Architecture.

Portmann, U. and K. D. Portmann (1998). Vorschriftsgemäßes Entwerfen nach Bauordnungen, Normen, Richtlinien und Regeln : Anforderungskatalog mit Textauszügen und Hinweisen. Wiesbaden [u.a.], Bauverl.

Randelman, R. E. and G. S. Grest (1986). Optimization by Simulated Annealings, N-City Traveling Salesman Problem, J.Stat. Phys. 45: 885-890.