

(R)evolution in der Planung durch CAE

In allen Bereichen des täglichen Lebens übernehmen Werkzeuge im weitesten Sinne eine wichtige Rolle. Die Kunst besteht darin, zur Lösung einer Aufgabe das richtige Werkzeug zu wählen und korrekt anzuwenden. Ohne darüber nachzudenken, werden einige Werkzeuge intuitiv korrekt eingesetzt, z.B. bei der Wahl des richtigen Fahrzeuges, das ein Objekt von A nach B transportieren soll. Ist die Entfernung von A nach B groß, wird ein Auto oder evtl. ein Zug gewählt. Ist der nächste Briefkasten das Ziel, kommen die eigenen Beine oder das Fahrrad zum Einsatz. Zum Transport eines großen Gutes wird ein LKW gewählt.

Komplizierter wird die Sache bereits, wenn mehrere Transportmittel (Werkzeuge) kombiniert werden, wie z.B. bei einer kostengünstigen und zeitsparenden Fahrt zur Arbeitsstelle. Soll zum Bahnhof ein Fahrrad oder die Straßenbahn genutzt werden? Sollte am Zielbahnhof ein Zweifahrrad deponiert oder auf den Bus umgestiegen werden? Ist es günstiger ein kleines sparsames Auto anzuschaffen, obwohl mit ständigen Staus zu rechnen und zudem ein längerer Weg vom Parkplatz zur Arbeitsstelle zurückzulegen ist?

Zur Bearbeitung von Planungsaufgaben stehen Planern ebenfalls unterschiedliche Werkzeuge zur Verfügung: CAD-Systeme zum Zeichnen und verschiedene Berechnungsprogramme für Dimensionierungen.

In diesem Artikel soll gezeigt werden, dass durch die Verwendung eines CAE-Werkzeuges größere Einsparpotentiale erschlossen werden, bei gleichzeitiger Steigerung der Planungsqualität. Jedoch bieten nicht alle mit „CAE“ gekennzeichneten Werkzeuge die erforderliche Funktionalität.

Im Planungsalltag sind heute CAD-Systeme und Berechnungsprogramme unverzichtbare Werkzeuge, ohne die Planungen nicht kostendeckend durchführbar sind. Immer leistungsfähigere Programme tragen zu einem effektiveren Arbeitsablauf bei. Doch was seit Jahren gleich geblieben ist und auch in Zukunft eine feste Größe sein wird, sind die von Planern so geliebten Änderungen der Architekten. Als „Schuldige“ die Architekten auszumachen wäre jedoch grundlegend falsch, da es sich wohl kein Architekt zur Aufgabe macht, Planer mit Änderungen zu „ärgern“.

Jeder Planer wird - auch ohne Änderungen des Architekten - schon die Erfahrung gemacht haben, seine Planungen teilweise nochmals überarbeiten oder schlimmstenfalls verwerfen zu müssen. Es ist daher sinnvoll, die Existenz nachträglicher Änderungen wie eine Naturkonstante zu akzeptieren und ein Konzept zu erarbeiten, mit dem die Auswirkungen und die Kosten durch Änderungen minimiert werden.

Die Zahl der Änderungen ist in der Entwurfsplanung am höchsten und nimmt bis zur Ausführungsplanung ab. Für die einzelnen Planungsphasen werden unterstützende Werkzeuge eingesetzt.

Hierbei gilt die Regel: Je komplexer ein Werkzeug, umso aufwändiger sind grundlegende Änderungen. Änderungen in der Vorplanung kosten weniger Zeit, als gleiche Änderungen während der Ausführungsplanung. Für den Planer besteht die Aufgabe, die richtigen Werkzeuge zum geeigneten Zeitpunkt einzusetzen. Dies hört sich trivial an. Die Praxis zeigt jedoch, dass gerade in diesem Punkt noch ein enormes Einsparungspotential schlummert.

Die große Bedeutung von Berechnungen

Die im Planungsprozess erforderlichen Berechnungen nehmen einen besonderen Stellenwert ein. Je genauer die Randbedingungen erfassbar sind, umso exakter sind die Ergebnisse. In der frühen Planungsphasen kann jedoch in vielen Fällen nur auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Genaue Berechnungsergebnisse kann der Planer eigentlich erst mit der Ausführungsplanung liefern. Trotzdem ist er gezwungen, dem Architekt bereits sehr frühzeitig Angaben z.B. über die Größe der Versorgungsschächte, Heiz-/Lüftungszentralen,

Mauerdurchbrüche usw. zu liefern. Auch sollten die Daten für eine Ausschreibung meist lange vor der Ausführungsplanung vorliegen.

Idealerweise sollten Berechnungen und Massenzusammenstellungen bereits frühzeitig und ohne großen Aufwand, möglichst als „Abfallprodukt“ einer mehr oder weniger genauen Zeichnung (Skizze) erstellt werden können.

Werkzeuge des Planungsablaufs

Zu Beginn des Planungsablaufs steht die Idee. Verschiedene Lösungen der Problemstellung werden im Kopf durchgespielt, teilweise wieder verworfen, verbessert und neu gestaltet. Um seinen Gedanken die notwendige Form, Struktur und Ordnung zu verleihen, greift man im nächsten Schritt auch heute noch zu Papier und Bleistift. Diese einfachen Werkzeuge sind in der Entwurfsphase immer noch - und wohl auch in Zukunft - unschlagbar. Danach folgt häufig bereits in einer frühen Planungsphase ein gewaltiger Schritt: der Einsatz eines CAD-Systems.

Es bleibt festzuhalten, dass verschiedene Varianten im Kopf deutlich schneller erarbeitet werden können, als in einer Skizze oder gar in einem CAD-System. Mit der Komplexität eines Werkzeuges steigt der Detaillierungsgrad und damit der Aufwand für die Bearbeitung. Das Ziel muss folglich sein, ein mächtigeres und dadurch trägeres Werkzeug erst so spät wie möglich einzusetzen. Aber wie kann der Einsatz eines CAD-Systems hinausgezögert werden?

Ein weiterer Grund verführt dazu, CAD-Systeme frühzeitig einzusetzen: In vielen Planungsbüros werden heute Berechnungsprogramme direkt in Verbindung mit CAD Programmen verwendet. Um dem Architekten die gewünschten Daten liefern zu können, werden gleich die mächtigen und für grundlegende Änderungen weniger geeigneten CAD-Systeme verwendet. Unausbleibliche Änderungen werden teuer bezahlt.



Bild 1: Anzahl der durchführbaren Änderungen pro Zeiteinheit



Bild 2: Zeitaufwand für Änderungen mit den jeweiligen Hilfsmitteln/Werkzeugen

Das CAE-System

Die Lösung dieser Problematik besteht darin, die im Planungsablauf zwischen den Hilfsmitteln Bleistift und Papier sowie CAD-System existierende technologische Lücke durch ein weiteres Werkzeug zu schließen. Hierzu bietet sich ein CAE-System an (Computer Aided Engineering), dessen Schwerpunkt im Engineering liegt. CAE deckt die Bedürfnisse des Ingenieurs besser ab, als ein CAD-System, das den Anforderungen eines Zeichners/Konstrukteurs gerecht wird. Da der Begriff CAE unterschiedlich verwendet wird, soll zunächst eine kurze Definition die Verwendung des Begriffs in diesem Artikel klarstellen. Folgende wesentliche Eigenschaften werden vorausgesetzt:

- Grafische Eingabemöglichkeiten mit Fähigkeiten, die zwischen Bleistiftskizze und CAD-System liegen (Einstrich-Darstellung, keine Volumendarstellung). Nur wenige aber dafür leistungsstarke Zeichenfunktionen.
- Schnelle Dateneingaben und leistungsfähige Änderungsmöglichkeiten.
- Nahtlose Integration der Berechnungsprogramme. Zeichnung und Berechnung bilden eine Einheit. Berechnungen können sofort nach dem Zeichnen ohne Datenübergaben durchgeführt werden.
- Erstellen von Massenauszügen für die Ausschreibung.

Im Gegensatz zum CAD-System wird bei einem CAE-System kein gesteigerter Wert auf die exakte Darstellung der Rohre und Komponenten einer Anlage gelegt. Wie in einem CAD-System können (Heizung-/Trinkwasser- Abwasser- /Luftkanal-) Netze 3-dimensional in die Grundrisspläne gezeichnet werden, jedoch nur in einer Strichdarstellung. Auf die räumliche Ausdehnung, z.B. von Luftkanälen, wird bei der Darstellung bewusst verzichtet. Somit ist die in einem CAE-System erstellte Zeichnung vergleichbar mit der vom Planer per Bleistift in den Grundriss gezeichneten Trassenführung, die für den Zeichner als Vorlage zur Bearbeitung in einem CAD-System dienen soll. Die in CAE-Systemen angebotenen Befehle zum Zeichnen beschränken sich auf ein erforderliches Minimum, sodass die Einarbeitungsphase im Vergleich zu einem CAD-System deutlich kürzer ausfällt.

Im CAE-System werden alle für eine Berechnung erforderlichen Daten erfasst. Im Gegensatz zu den an CAD-Systemen angekoppelten externen Berechnungsprogrammen sind keine Datenübergaben und –übernahmen erforderlich, was sich bei den zu erwartenden nachträglichen Änderungen positiv auswirkt.

In vielen Programmsystemen wird von integrierten Berechnungen gesprochen, obwohl keine echte Integration vorliegt. Die in diesem Artikel verstandene Integration soll an einem kleinen Beispiel verdeutlicht werden: Eine Heizungsplanung wurde ausgehend von der Heizlastberechnung über die Heizkörperauslegung bis hin zu Plänen in der Rohrnetzberechnung durchgeführt, in denen die Rohre mit Nennweiten beschriftet sind. Durch eine Änderung z.B. des U-Wertes einzelner Fenster müssen jetzt nur die Berechnungsteile der einzelnen Programm-Module aufgerufen werden. Ohne weitere Aktionen, wie z.B. Datenübertragungen zwischen verschiedenen Berechnungsteilen und dem CAE-System, werden automatisch in den Plänen die veränderten Nennweiten der Rohre dargestellt. Nur durch diese Form der Integration verlieren die gefürchteten Planungsänderungen zumindest teilweise ihren Schrecken.

Ein weiteres wesentliches Merkmal unterscheidet CAD- und CAE-Systeme: Bei der Entwicklung von CAD-Systemen wird der Schwerpunkt auf die graphisch exakte Darstellung einer Anlage gelegt, wobei Berechnungen in irgendeiner Form nachträglich angekoppelt sind. Dagegen sind CAE-Systeme vom Kern her Berechnungsprogramme, die zeichnerische Fähigkeiten besitzen, um die Datenerfassung und die Ergebniskontrolle zu vereinfachen.

Die Stärken eines CAE-Systems

Mit einem im Vergleich zu einem CAD-System deutlich geringeren Aufwand werden die für den Architekten oder das LV erforderlichen Daten ermittelt (siehe Bild 3+4). Ein Datenaustausch mit Berechnungsprogrammen entfällt vollständig. Sämtliche Daten und Berechnungsergebnisse werden direkt an den Objekten ein- bzw. ausgegeben. Im Gegensatz zu externen an CAD-Systemen gekoppelten Berechnungsprogrammen bleibt der Bezug der Daten zur Zeichnung immer erhalten. Fehleingaben werden schneller lokalisiert und behoben.

Einem CAE-System stehen alle für die Berechnung erforderlichen Daten und Berechnungsergebnisse und die zeichnerisch erfasste Anlage direkt und ohne Umwege zur Verfügung, wodurch bisher ungeahnte Möglichkeiten zur Analyse verschiedener Fragestellungen genutzt werden können. So kann z.B. das Netz mit beliebigen Werten eingefärbt werden, wobei die Farben über die Größe des Wertes Auskunft geben.

Hierzu einige Beispiele:

- Gibt es in einem Rohrnetz noch Teilstrecken mit nicht abgedrosselten Drücken?
- Wo sind die Stellen mit den höchsten Strömungsgeschwindigkeiten?
- Wird für Sammelleitungen Stahlrohr als Rohrmaterial verwendet?
- In der Materialzusammenfassung wurde festgestellt, dass teilweise versehentlich Ventile eines falschen Herstellers verwendet wurden. Wo sitzen diese Ventile?
- Mit welchen Nennweiten wurden die Verteil- und Steigleitungen ausgelegt?

Diese und ähnliche Fragestellungen lassen sich mit einem CAE-System in kürzester Zeit direkt über die Grafik beantworten.

CAE – das Ingenieur-Werkzeug

Mit einem CAE-System wird dem Planer / Ingenieur ein Werkzeug an die Hand gegeben, das seinen Bedürfnissen gerecht wird. Die zeichnerische Erfassung im CAE-System kann er bei Bedarf dem Zeichner überlassen, um sich anschließend um die Details der Berechnung zu kümmern. Und das direkt in der 3-dimensionalen Strichdarstellung des realen Netzes, ohne die sonst üblichen Datenübertragungen an externe Berechnungsprogramme. Die Planung besitzt automatisch eine höhere Qualität, da die Daten direkt in der Zeichnung bearbeitet und überprüft werden, ohne die lästigen und fehleranfälligen Abstraktionen, die beim Umweg über den Einsatz externer Berechnungsprogramme anfallen.

Planungsstadium	Werkzeug	Bearbeiter
Vorplanung	Kopf	Planer
Vorplanung	Skizze	Planer
Entwurf / Ausführung	CAE	Planer / Zeichner
Ausführung	CAD	Zeichner

Typische Arbeitsteilung zwischen Planer (Ingenieur) und Zeichner

CAE ersetzt CAD nicht vollständig

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die zeichnerischen Fähigkeiten von CAE häufig sogar zum Erstellen von Ausführungsplanungen geeignet sind, insbesondere für die Einstrich-Darstellung von Heizungs- und Trink-/Abwassernetzen. In diesem Fall kann sogar auf den abschließenden Einsatz eines CAD-Systems verzichtet werden, was sich dann nochmals in einer Zeit-/Kostensparnis niederschlägt. Für Lüftungsnetze ist die Einstrich-Darstellung in CAE hervorragend geeignet, um schnell Berechnungsergebnisse und Material-Zusammenstellungen zu erhalten. Für eine Zweistrich-Darstellung ist jedoch eine Nachbearbeitung in CAD erforderlich.

Für einen höheren Detaillierungsgrad, wie z.B. bei der Planung einer Heizzentrale oder für Kollisionsprüfungen, kann auf den Einsatz eines CAD-Systems nicht verzichtet werden.

Positive Erfahrung mit CAE-Systemen

Planungsbüros, die ein CAE-Werkzeug (z.B. von *mh-software*, Karlsruhe) einsetzen, berichten über erhebliche Zeiteinsparungen. Im Gegensatz zu CAD-Systemen bilden Zeichnungs- und Berechnungsdaten eine Einheit, was sich positiv auf die Qualität der Planung auswirkt. Hierdurch sind Fehleingaben schneller zu lokalisieren und zu korrigieren.

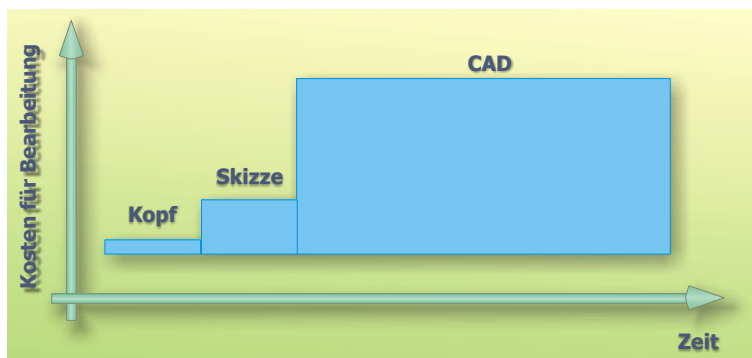


Bild 3: Gesamtkosten sind geprägt von hohem CAD-Anteil

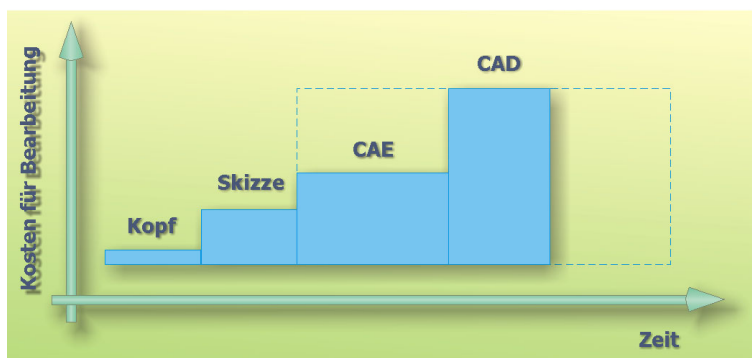


Bild 4: Reduktion der Gesamtkosten durch den alternativen CAE-Einsatz

Fazit:

Im Planungsablauf ist der Einsatz der geeigneten Werkzeuge entscheidend für den Zeitaufwand. Durch die zu erwartenden Planungsänderungen ist es sinnvoll, mächtige und dadurch trägere Werkzeuge, wie z.B. CAD-Systeme, möglichst spät einzusetzen. Durch die Einbeziehung eines ‚schlankeren‘ und dadurch flexibleren CAE-Werkzeuges werden erhebliche Einsparungspotentiale genutzt.