



# White Paper

## Round-trip Engineering im Detail

SCIA Group International  
Industrieweg 1007  
3540 Herk-de-Stad (Belgium)  
Tel.: +32 13 55.17.75  
Fax: +32 13 55.41.75  
Email: [info@scia-online.com](mailto:info@scia-online.com)  
Website: [www.scia-online.com](http://www.scia-online.com)

Ir. H.J. Oogink CBO

## *Einleitung*

Dieses Whitepaper ist eine Fortsetzung des Dokuments „Round-Trip Engineering im Bauwesen“ von Dr. J.-P. Rammant ([www.scia-online.com](http://www.scia-online.com)). Im aktuellen Dokument werden die wesentlichen Vorteile von Round-Trip Engineering erläutert, also das nahtlose Zusammenspiel von CAD- und Statik-Software. Im Detail wird darauf eingegangen, welche Hindernisse zu überwinden sind und welche Lösungen Nemetschek und SCIA dafür entwickelt haben.

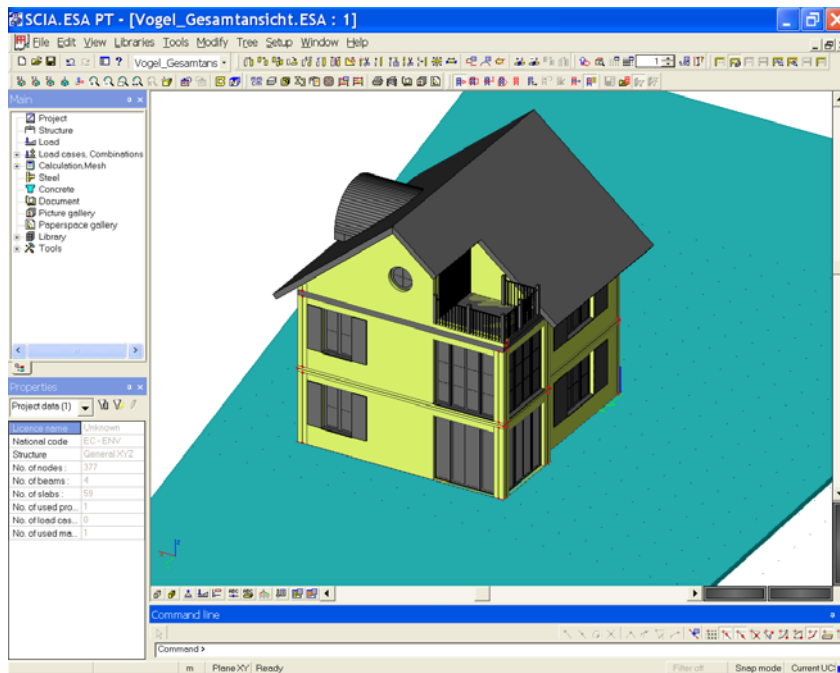
## *General*

**BIM** (Building Information Modeling) ist ein Konzept, das immer mehr Beachtung findet: Eine wachsende Zahl an Unternehmen hat bereits erste Erfahrung mit dieser Arbeitsweise gesammelt. Zurzeit findet eine Umstellung der Planungsmethoden statt, weg vom Arbeiten mit simplen zweidimensionalen Elementen, wie Linien, Kreisen und Schraffuren, hin zur Verwendung von intelligenten Bauteilen, wie Wänden, Decken und Stützen. Aus diesen intelligenten Bauteilen und Objekten wird ein virtuelles Modell des Bauvorhabens erstellt. Dieses virtuelle Gebäudemodell wird von allen am Planungsprozess Beteiligten genutzt. Es wird stets dasselbe Modell verwendet, jede Planungsdisziplin fügt die für sie relevanten Informationen hinzu. Im Regelfall erstellt der Architekt die erste Fassung des virtuellen Gebäudemodells. Im nächsten Schritt übernehmen die Fachplaner für Haustechnik das Modell und fügen ihre Information zu Heizung, Lüftung und Sanitärtechnik hinzu. Auf diese Weise können Konflikte frühzeitig erkannt und umgehend gelöst werden. Den verwendeten Bauteilen und Objekten sind Material- und Arbeitskosten hinterlegt, so dass komplette Ausschreibungsunterlagen aus dem virtuellen Gebäudemodell abgeleitet werden können.

Der Tragwerksplaner kann das virtuelle Gebäudemodell ebenfalls als Grundlage für den Nachweis von Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit verwenden. Allerdings benötigt er eine völlig andere Sichtweise auf das gemeinsame Modell. Der Statiker arbeitet mit dem so genannten Statikmodell. Dieses wird vom Architektur- oder Tragwerksmodell abgeleitet. Es ist offensichtlich, dass der Statiker nicht einfach das bereits vorhandene Architekturmodell verwenden kann, sondern vorher einige Arbeitsschritte ausführen muss. Beispielsweise ist es erforderlich, Lagerungsbedingungen und Einwirkungen zu spezifizieren. Außerdem ist es sehr wichtig, dass Änderungen am Architekturmodell nicht dazu führen, dass ein völlig neues Statikmodell erstellt werden muss. Round-Trip Engineering erfüllt genau diese Forderungen. Im Folgenden werden wir die Anforderungen der Tragwerksplaner an Round-Trip Engineering detailliert analysieren und auch darauf eingehen, wie Nemetschek und SCIA diese berücksichtigt haben.

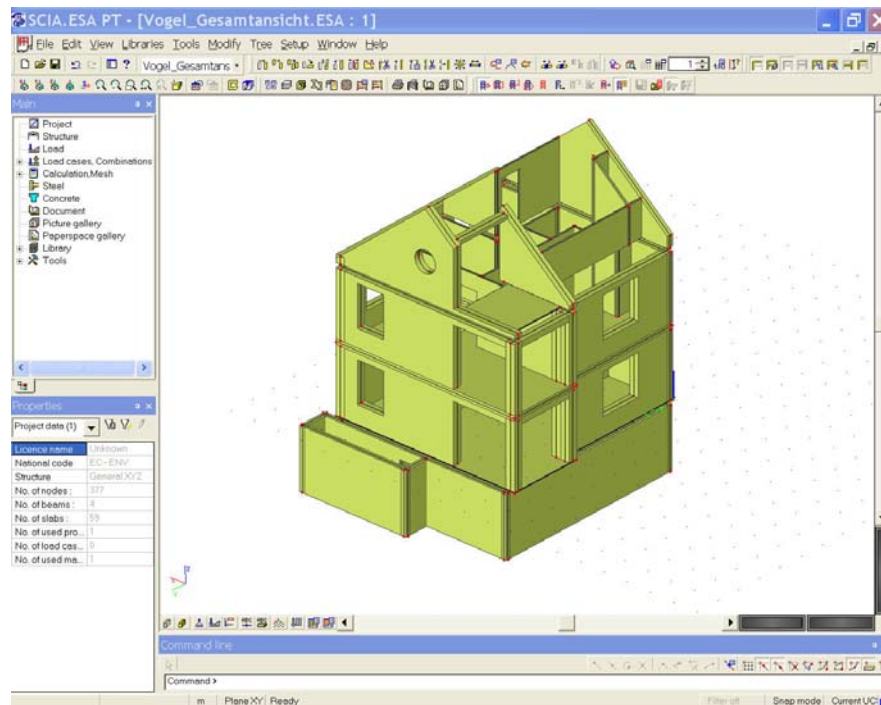
## **Vom Architekturmodell über das Tragwerksmodell zum Statikmodell**

Durch eine **intelligente Bauteilübernahme** (True-Analysis) ist es möglich, das gesamte Architekturmodell vom CAD-System Allplan an die Statik-Software SCIA • ESA PT (Engineering Structural Applications Professional Technology) zu übergeben. In SCIA • ESA PT wird das übergebene Modell überprüft und alle für den Lastabtrag relevanten Bauteile identifiziert. Die nicht relevanten Objekte werden nicht gelöscht, sondern bleiben zu Kontrollzwecken weiterhin anzeigbar. Dies ist sinnvoll, da daraus in vielen Fällen auch Einwirkungen und Lagerungsbedingungen abgeleitet werden können.



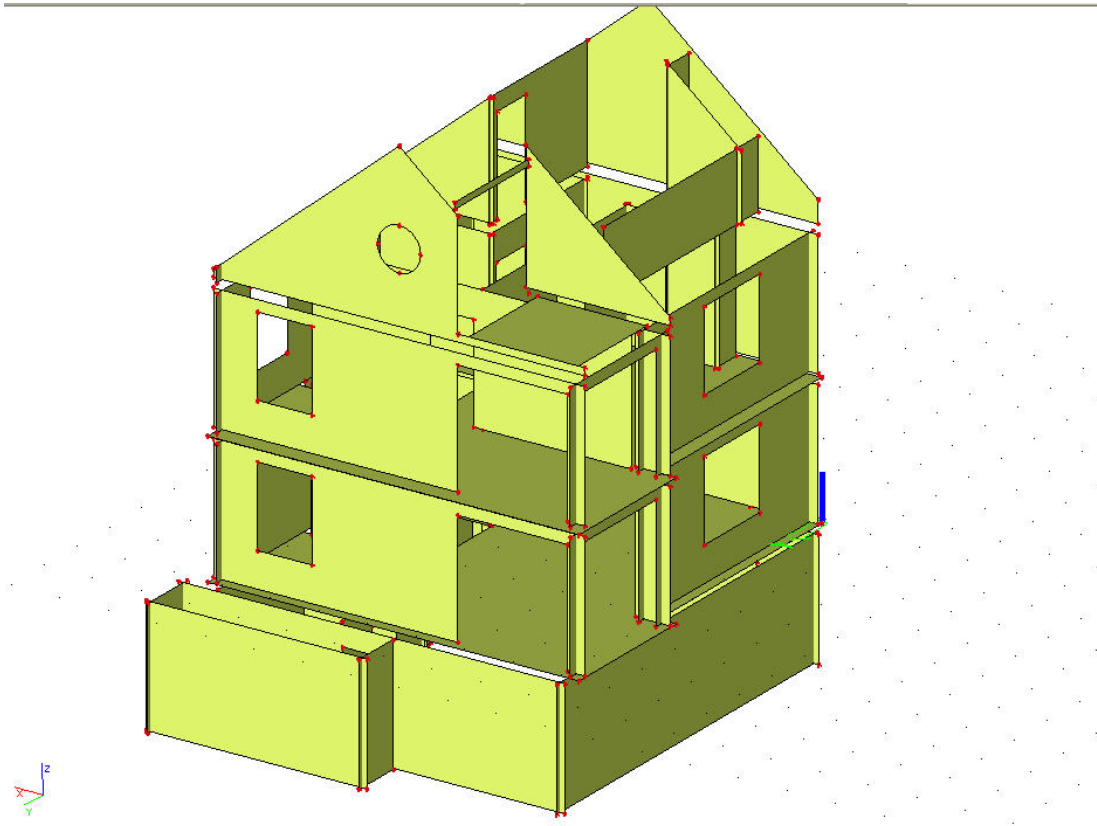
Beispiel für die Übergabe eines kompletten Architekturmodells vom CAD-System Allplan an die Statik-Software SCIA• ESA PT.

Um das Tragwerksmodell zu ermitteln, werden die nicht-tragenden Bauteile im Architekturmodell identifiziert und ausgeblendet.



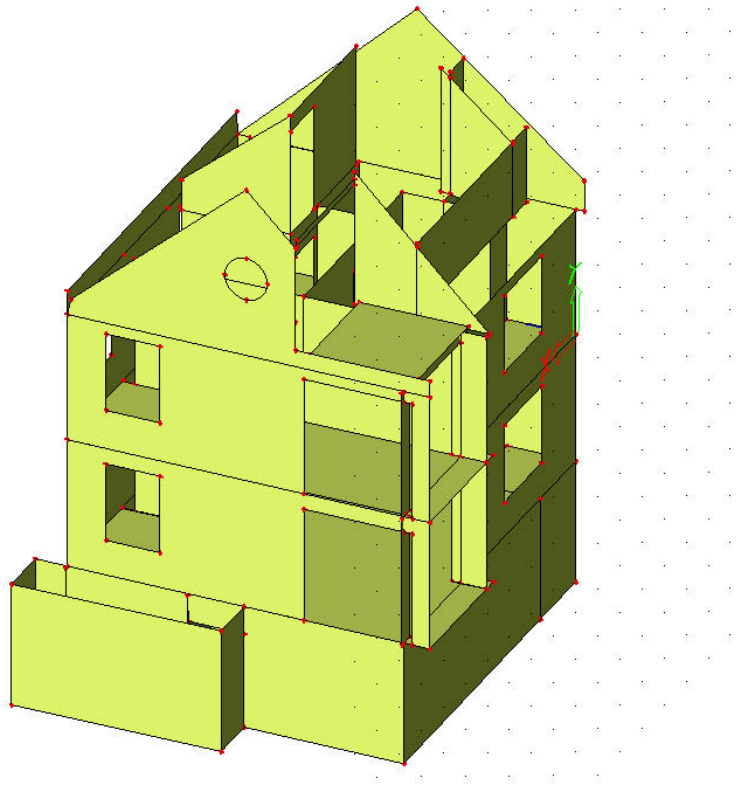
Das Tragwerksmodell enthält nur noch die tragenden Bauteile.

Das Tragwerksmodell ist der Ausgangspunkt für die weitere Arbeit des Tragwerkplaners. Im nächsten Schritt muss aus dem Tragwerksmodell das Statikmodell abgeleitet werden. Das klingt einfach, erfordert aber sehr viel Erfahrung und Hintergrundwissen. Es müssen zahlreiche Entscheidungen getroffen werden, z.B. wie die einzelnen Bauteile miteinander verbunden sind oder welche Idealisierungen gegenüber der Realität angenommen werden sollen. Für das Statikmodell müssen Systemlinien (für 1D-Bauteile wie Unterzüge und Stützen) und Systemebenen (für 2D-Bauteile wie Decken und Wände) betrachtet werden. Bei näherer Betrachtung des Statikmodells fällt auf, dass die einzelnen Elemente nicht mit einander verbunden sind. Damit ist kein ordnungsgemäßer Lastabtrag vom Dach bis zu den Fundamenten möglich.



*Das abgeleitete Statikmodell noch ohne weitere Anpassungen. Die Bauteile werden als Systemlinien und –ebenen dargestellt.*

Im Regelfall ist es viel zu aufwändig, aus dem Tragwerksmodell ein statisches Modell zu erzeugen. Dafür müsste eine Vielzahl von Systemlinien und –ebenen manuell verknüpft werden. Deshalb entscheidet sich der Tragwerkplaner häufig dafür, von vorn zu beginnen und das Statikmodell neu zu spezifizieren, da dies in den meisten Fällen schneller zum Ziel führt. Durch diese pragmatische Vorgehensweise geht jedoch die Verknüpfung zwischen Architektur- bzw. Tragwerksmodell und dem Statikmodell verloren. Das Statikmodell ist dann völlig eigenständig, Änderungen die im virtuellen Gebäudemodell vorgenommen werden, haben keinerlei Auswirkungen auf das Statikmodell und müssten von Hand eingepflegt werden. Damit ist die Integration zwischen CAD- und Statik-Software und damit der Grundgedanke des BIM gescheitert. Um dies zu vermeiden, hat SCIA einen Algorithmus zur **automatischen Erzeugung des statischen Systems** (Structure-2-Analysis) entwickelt. Damit kann aus dem Tragwerksmodell weitgehend automatisch das Statikmodell abgeleitet werden. Der Statiker hat umfangreiche Möglichkeiten den Prozess zu steuern und seinen Vorstellungen entsprechende Ergebnisse zu erhalten.

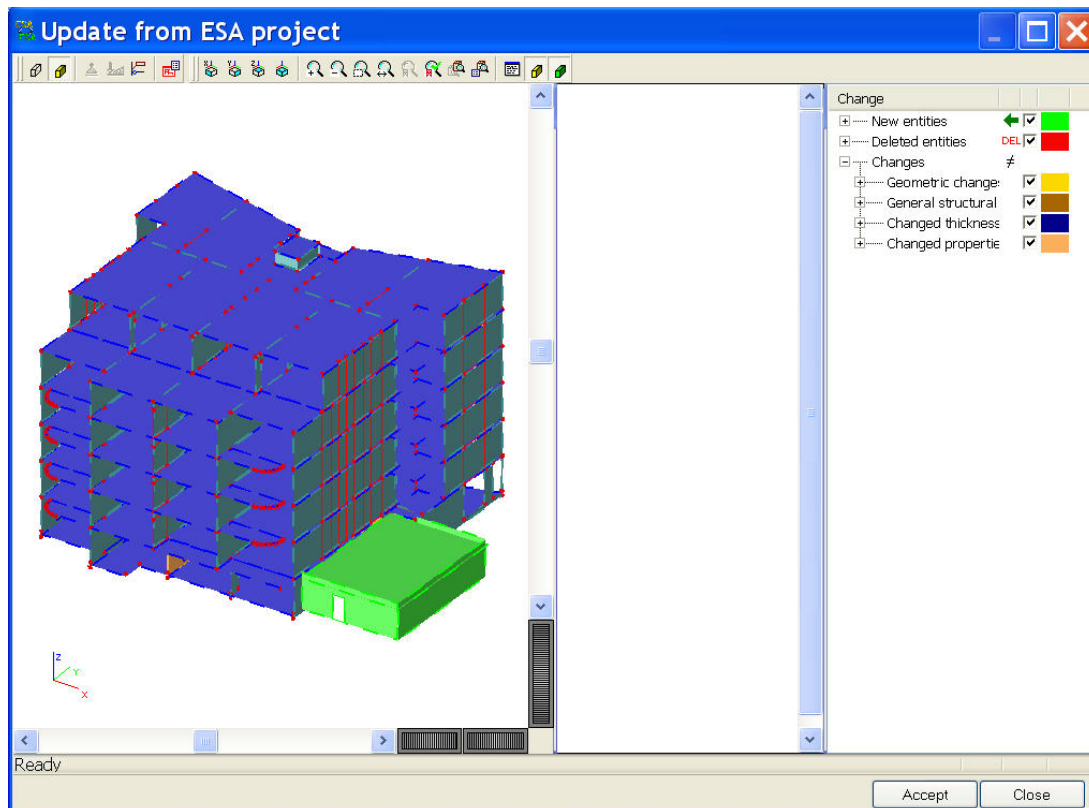


*Das automatisch erzeugte Statikmodell.*

Das so erhaltene Statikmodell wird weiter aufbereitet, in dem wie gewohnt Lagerungsbedingungen, Einwirkungen und Lastfallkombinationen definiert werden. Anschließend wird das Statikmodell mit SCIA • ESA PT analysiert und – im Fall eines Stahlbetontragwerks – die erforderlichen Bewehrungsmengen nach der gewählten Norm ermittelt.

### **Änderungen des virtuellen Gebäudemodells**

Nachdem das Statikmodell erzeugt und die erforderlichen Bewehrungsmengen berechnet wurden, werden im Regelfall im virtuellen Gebäudemodell Änderungen vorgenommen. Beispielsweise hat der Architekt eine Wand entfernt oder eine Öffnung verschoben, so dass es notwendig ist, das Tragwerk erneut zu berechnen. Dies bedeutet für den Ingenieur einen sehr hohen Aufwand. Zunächst muss festgestellt werden, an welchen Stellen es überhaupt Änderungen gegeben hat, danach müssen sämtliche Änderungen in der Statik-Software nachgeführt werden. Auch für diese Aufgabe wird eine elegante Lösung angeboten, der so genannte **Aktualisierungsmechanismus** (Model-Updater). Mit einem Knopfdruck wird der neue Planungsstand mit dem bisherigen Planungsstand verglichen. Die Unterschiede werden aufgelistet und grafisch angezeigt. Dabei wird farblich gekennzeichnet, ob tragende Bauteile entfernt, hinzugefügt, modifiziert oder verschoben wurden. Im Dialog kann der Statiker für jede Änderung einzeln festlegen, ob er sie in das Statikmodell übernehmen möchte oder nicht. Da sämtliche Lagerungsbedingungen, Einwirkungen und Lastfallkombinationen noch vorhanden sind, kann die Berechnung sofort erneut gestartet werden. Diese Funktionalität ist von großer Bedeutung, da sie die Bearbeitungszeit deutlich verkürzt und viele Fehlerquellen von vornherein ausschließt.



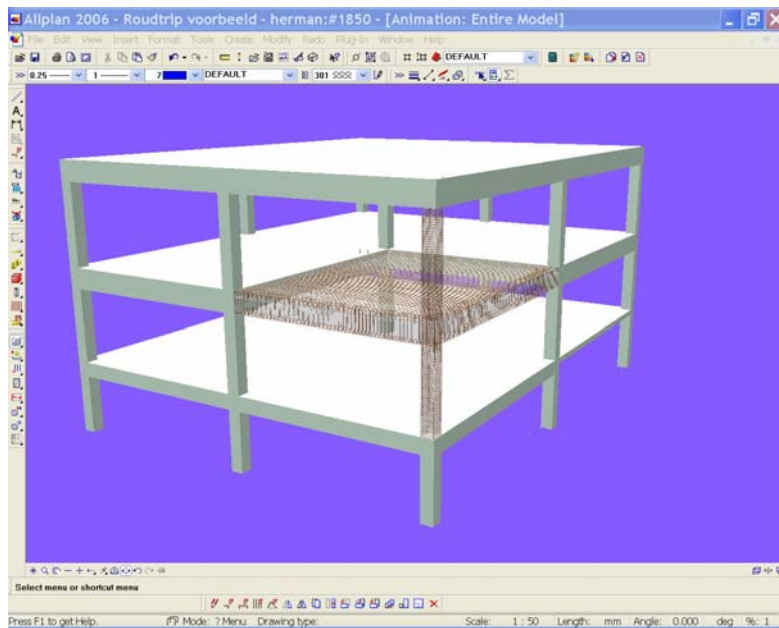
*Dialog für den Aktualisierungsmechanismus.*

## **Bidirektionaler Bewehrungsaustausch**

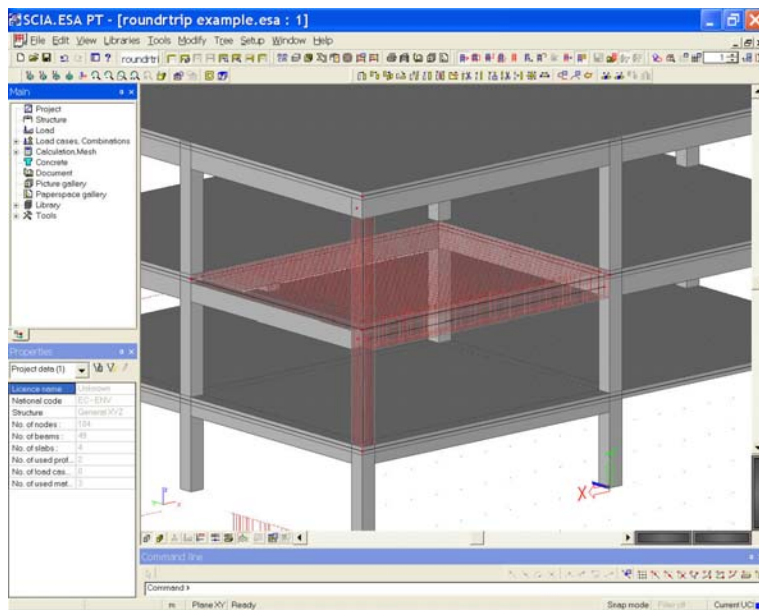
Da sich die umfangreichen Funktionalitäten für die Bewehrungsplanung von Allplan ideal mit den Berechnungsmöglichkeiten von SCIA • ESA PT ergänzen, wird ein **bidirektionaler Bewehrungsaustausch** (Rebar-Integrator) unterstützt. Damit können komplette Bewehrungsmodelle via Round-Trip Engineering zwischen beiden Systemen ausgetauscht werden. Dafür gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten:

Der Ingenieur erstellt in Allplan auf Grundlage der Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit eine detaillierte Bewehrungsplanung. Es entsteht ein dreidimensionales Bewehrungsmodell aus Stabstahl, Bewehrungsmatten oder kompletten Bewehrungsgruppen. Die dabei verplanten Stahlmengen können erheblich von den statisch erforderlichen Stahlmengen abweichen, sei es um den Verlegeaufwand zu reduzieren oder aus konstruktiven Gründen. Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit müssen auch Verformungen und Rissbreiten ermittelt werden. Zu diesem Zweck kann das gesamte Modell, einschließlich Bewehrung, an SCIA • ESA PT übergeben werden. Dort kann unter Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Bewehrung eine physikalisch nichtlineare Berechnung durchgeführt werden. Sollte der Bewehrungsvorschlag noch nicht den Vorgaben der gewählten Norm im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit genügen, kann mit SCIA • ESA PT eine Optimierung durchgeführt werden.

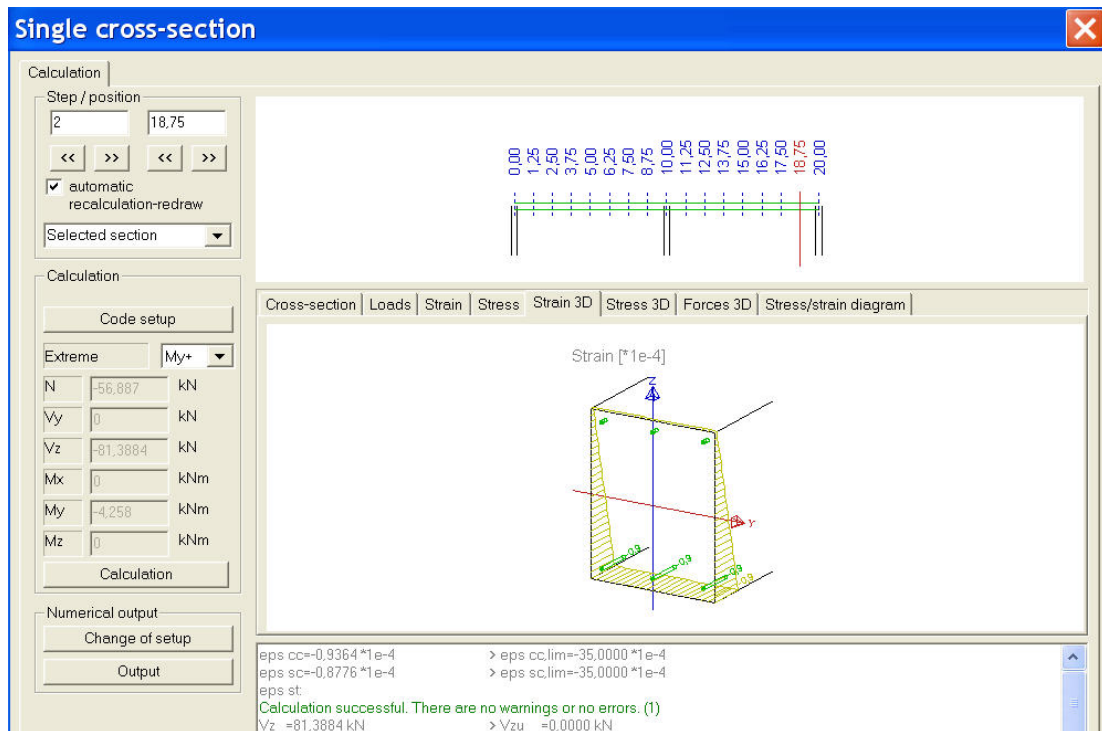
Eine alternative Vorgehensweise besteht darin, dass der Tragwerksplaner zunächst mit SCIA • ESA PT einen Bewehrungsvorschlag erzeugt, mit dem die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit erbracht werden. Anschließend wird das gesamte Modell, einschließlich Bewehrung, an Allplan übergeben. In Allplan wird das Bewehrungsmodell weiter detailliert und schließlich Bewehrungspläne daraus abgeleitet. Dabei können nicht nur Biegelisten automatisch generiert sondern auch alle für die Produktion notwendigen Informationen digital an die Biegerei übergeben werden.



*Gebäude mit dreidimensionaler Bewehrung in Allplan.*

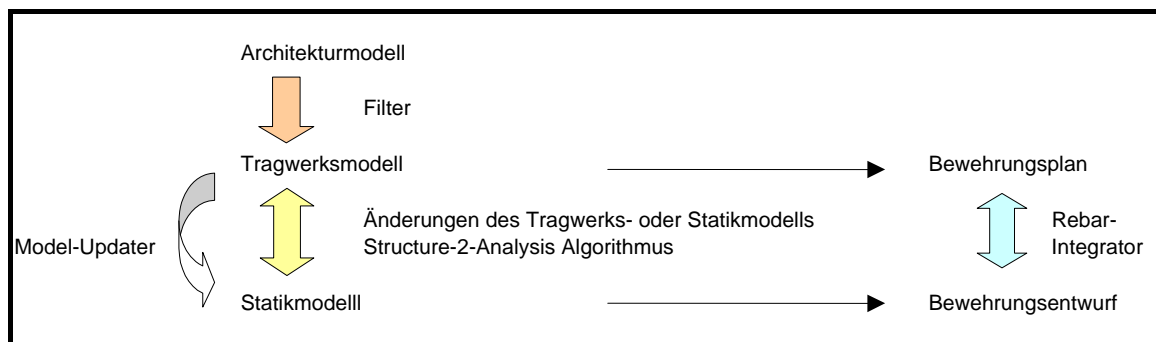


*Dasselbe Gebäude wurde einschließlich Bewehrung an SCIA • ESA PT übergeben.*



Beispiel für eine detaillierte Analyse an einem Querschnitt eines Stahlbetonträgers.

Im folgenden Schema wird der zuvor beschriebene Arbeitsablauf mit Round-Trip Engineering dargestellt:



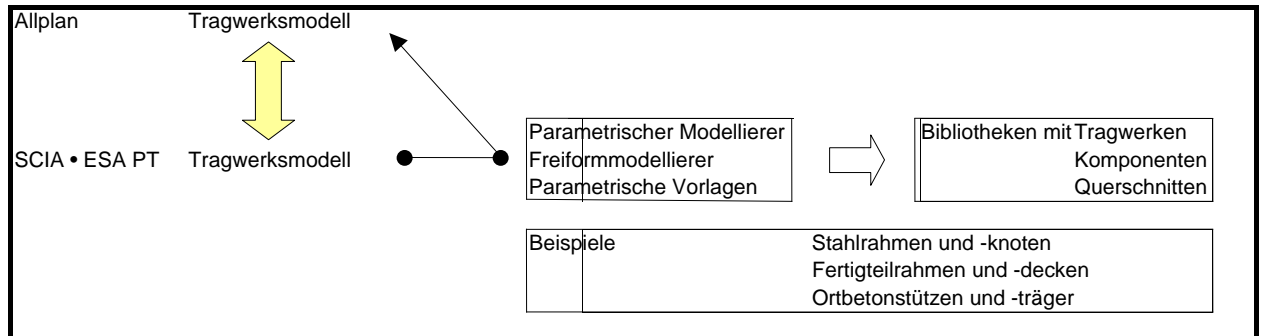
Schematische Darstellung der Arbeitsweise mit Round-Trip Engineering

## Parametrische Vorlagen

Neben dem Austausch von Modellen über das zuvor beschriebene Round-Trip Engineering ist es auch möglich, Bauteile zu parametrisieren. Dies ist vorteilhaft, wenn ein Bauteiltyp häufig in ähnlicher Form benötigt wird. Für diese Aufgabe steht der sogenannte 'Parametrische Modellierer' zur Verfügung. Damit können sich Anwender eigene parametrische Bauteile oder sogar komplette Baugruppen erzeugen. Eine Parametrisierung ist für alle Arten von Variablen möglich: Geometrie, Querschnitte, Einwirkungen und sonstige Objekteigenschaften. Mit dem parametrischen Modellierer ist der Funktionsumfang von Allplan und SCIA • ESA PT nicht mehr fest vorgegeben. Nachdem die parametrischen Vorlagen einmal modelliert wurden, können entsprechende Objekte durch Spezifikation von wenigen Parametern erzeugt werden. Die parametrischen

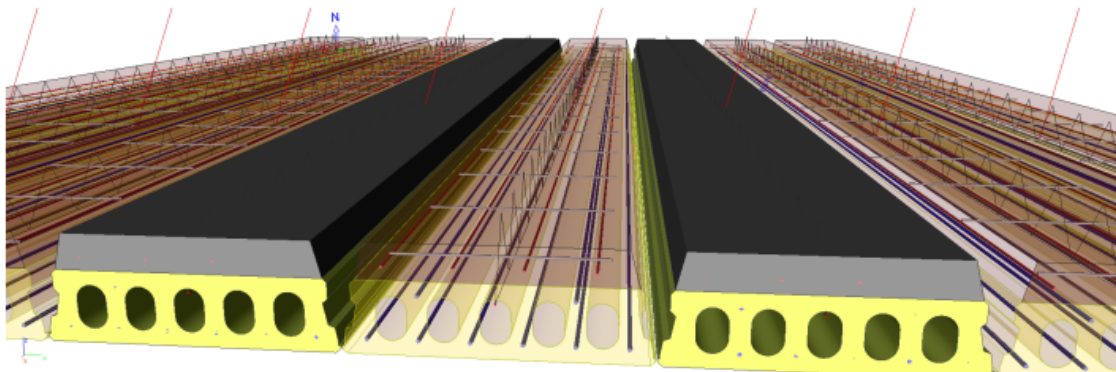
Vorlagen (**Parametric-Exchange**) stehen sowohl in Allplan als auch in SCIA • ESA PT zur Verfügung. Zur einfachen Verwaltung einer Vielzahl von parametrischen Vorlagen können diese zu Bibliotheken zusammengefasst werden.

Die parametrischen Vorlagen können wie gewohnt mit SCIA • ESA PT bearbeitet und berechnet werden – gegebenenfalls mit Berücksichtigung der Bewehrung. Im Anschluss können über Round-Trip Engineering die parametrischen Bauteile in Allplan weiter bearbeitet werden. Umgekehrt ist es genauso möglich, in Allplan aus den parametrischen Vorlagen ein virtuelles Gebäudemodell zu erzeugen, beispielsweise aus einer Bibliothek von Fertigteilen.



*Schematische Darstellung der Arbeitsweise mit parametrischen Vorlagen.*

Das folgende Beispiel zeigt eine Decke aus Hohldielen. Die Deckenelemente sind parametrisiert und werden bei der statischen Berechnung zur Ermittlung der zusätzlichen Längsbewehrung in der Ortbetonschicht berücksichtigt.



*Parametrische Vorlage für eine Hohldielendecke mit Zusatzbewehrung und Ortbetonschicht.*

## **Zusammenfassung**

Round-Trip Engineering ist eine sehr weitreichende Anwendung der Prinzipien von BIM. Daraus resultieren zahlreiche Vorteile: Es ist nicht mehr erforderlich, Änderungen von Hand in den verschiedenen Modellen (Architektur-, Tragwerks- und Statikmodell) nachzupflegen. Dadurch ermöglicht Round-Trip Engineering eine spürbare Zeitersparnis, gleichzeitig werden typische Fehlerquellen eliminiert. Dies ist bereits offensichtlich beim Austausch der tragenden Bauteile. Noch größer sind die Vorteile, wenn auch komplette dreidimensionale Bewehrungsmodelle ausgetauscht werden können. Änderungen in einer Anwendung werden automatisch in der anderen Anwendung nachgeführt. Auf diese Weise werden Architektur- und Ingenieurplanung sowie die Bauausführung in idealer Weise miteinander verknüpft. BIM steht für einen echten Durchbruch in Hinblick auf Effizienz- und Qualitätsverbesserung. Durch den Einsatz geeigneter Werkzeuge kann das Bauwesen von einem spürbaren Technologiesprung profitieren.