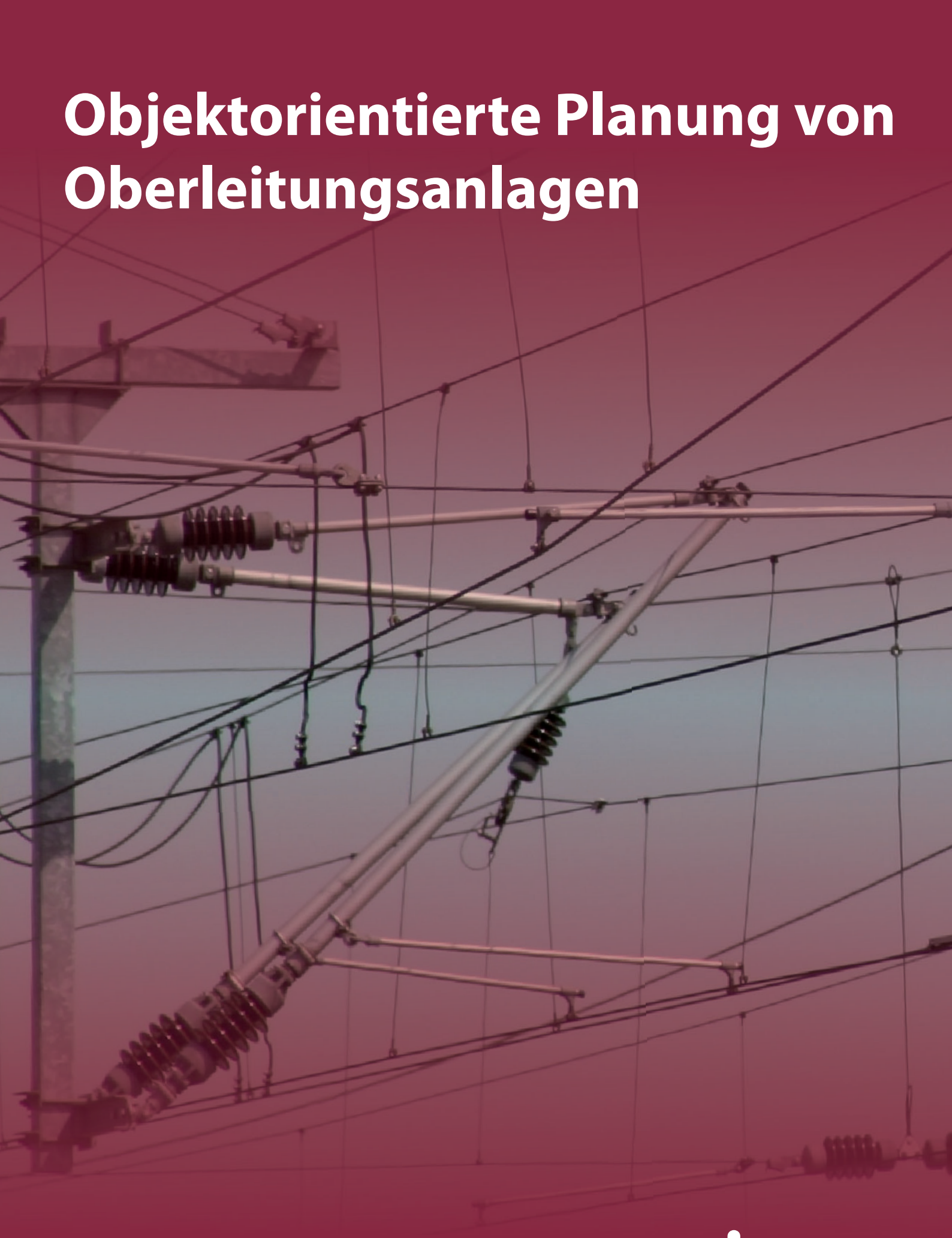
Objektorientierte Planung von Oberleitungsanlagen



Sonderdruck aus Heft 3/2013

Elektrische Bahnen
Elektrotechnik im Verkehrswesen

Objektorientierte Planung von Oberleitungsanlagen

Nils Berthold, Gerhard Hofmann, Dresden; Walter Blaser, Bern

Die Unternehmen ELBAS und Furrer+Frey haben in über zehn Jahren das Werkzeug *ELFF®* für Oberleitungsanlagen entwickelt. Dieses besteht aus mehreren Modulen, die beginnend von der eigentlichen Planung bis hin zur Produktionsvorbereitung verwendet werden können. Das Werkzeug ermöglicht die effektive Planung für Strecken und ausgedehnten Bahnhofsanlagen im Fernverkehr als auch Fahrleitungsanlagen im Nahverkehr einschließlich komplexer Kreuzungen und Betriebshöfe.

OBJECT-ORIENTED PLANNING OF OVERHEAD WIRE SYSTEMS
Within a period of more than ten years, ELBAS and Furrer+Frey have developed the *ELFF®* tool for overhead wire systems. The tool comprises several modules that handle jobs ranging from planning tasks proper to production preparation. It can be used for the effective planning for routes and extensive railway station systems for long-distance traffic and contact wire systems for local traffic, including complex junctions and train yards.

PLANIFICATION DE LIGNES AÉRIENNES DE CONTACT EN FONCTION DE L'UTILISATION
Les entreprises ELBAS et Furrer+Frey ont mis au point pendant plus de dix ans l'outil *ELFF®* pour lignes aériennes de contact. Cet outil est constitué de plusieurs modules qui peuvent être utilisés depuis la planification proprement dite jusqu'à la préparation de la production. Il permet la planification efficace pour de lignes grand parcours et d'installations ferroviaires étendues ainsi que de lignes aériennes de contact pour les réseaux de banlieue, croisements complexes et dépôts inclus.

1 Einführung

Die Planung von Oberleitungsanlagen ist auf Grund von vielen unterschiedlichen Anforderungen aus nationalen und internationalen Normen, Bauvorschriften und Regularien der Infrastukturbetreiber von Bahnen sowie auf Grund der Komplexität von Oberleitungsanlagen sehr aufwändig. Der Planungsingenieur muss die unterschiedlichen Regelungen kennen und fehlerfrei anwenden, da die geplanten Anlagen einen wesentlichen Einfluss auf die Sicherheit des Systems Bahn haben.

Dazu steigen die Anforderungen der Kunden an eine detaillierte Planung bei gleichzeitig steigender Komplexität der Vorhaben und immer kürzer werdenden Planungszeiten.

Die Planung oder auch Projektierung erfolgt derzeit mitunter manuell unter Nutzung von verschiedenen CAD-Programmen wie AutoCAD® oder MicroStation®. Es existieren inzwischen einige Erweiterungen zu diesen CAD-Programmen, die durch Nutzung von vordefinierten Symbolen und Eigenschaften sowie die teilweise Automatisierung der Planungsvorgänge den Planungsingenieur in unterschiedlicher Tiefe unterstützen sollen.

Große Errichterfirmen entwickelten Planungswerkzeuge, die sie überwiegend zur Vorbereitung von Bauvorhaben nutzen, in denen ihre Bauweisen und Bauteile Verwendung finden.

Das hier vorgestellte Softwarepaket *ELFF®* ist ein Add-on für AutoCAD, das von den Ingenieuren der ELBAS Elektrische Bahnsysteme Ingenieur-Gesellschaft mbH und der Furrer+Frey AG entwickelt wurde. Basis dafür sind Softwareentwicklungen beider Häuser, die sich mit unterschiedlichen Projektphasen beschäftigen.

Der eigentlichen Projektierung dient dabei das Modul *ELFF-CAD*. Es handelt sich dabei um *ELBAS OLACAD*. Der Produktionsvorbereitung, wie die Erstellung detaillierter Querprofile einschließlich Materiallisten, dient *ELFF-CAM*, welches ursprünglich auf FALP von Furrer+Frey beruht.

2 Entwicklungsziel

Das Projektierungswerkzeug wurde unter folgenden Prämissen entwickelt:

- Es soll sowohl für den Nahverkehr als auch für den Fernverkehr einsetzbar sein.
- Es soll eine herstellerneutrale Planung ermöglichen. Des Weiteren sollen definierte Bauweisen umgesetzt werden, bei denen die Grundlagen in spezifischen Datenbanken hinterlegt werden.
- Es soll keine Beschränkung hinsichtlich irgendwelcher Bauarten geben. Für den Fall, dass eine

Bauart noch nicht erfasst wurde, muss mit vertretbaren Mitteln eine nachträgliche Anpassung möglich sein.
- Das Planungswerkzeug soll nicht nur die Planung freier Strecken ermöglichen, sondern auch komplizierte Projekte wie große Bahnhöfe, Werkstätten oder im Nahverkehr Kreuzungen im Straßenbereich.
- Es soll für alle Planungsphasen genutzt werden können, das heißt verschiedene Detailtiefen ermöglichen.
- Das Planungswerkzeug soll die Bauphasenplanung ermöglichen.

Eine weitere, wesentliche Prämisse war der Grundsatz, dass das Werkzeug eine Unterstützung für den Planungsingenieur darstellen, diesen aber nicht ersetzen soll. Eine Software ist nur so gut, wie sie programmiert worden ist und welche Erfahrung in ihr hinterlegt ist. Es war nicht Ziel, die Software von vornherein zu beschränken. Hierdurch wächst allerdings die Verantwortung des Nutzers, der die Ausgaben auf Plausibilität prüfen muss.

Erklärtes Ziel war auch, kein vollständig neues Programm zu entwickeln, sondern auf vorhandene Konstruktionsprogramme aufzusetzen. Auf Grund der weiten Verbreitung fiel die Entscheidung auf AutoCAD. Dieses Konstruktionsprogramm ist unter Planern sowohl im Fern- als auch im Nahverkehrsbereich im In- und Ausland weit verbreitet und wird nicht nur für Oberleitungsanlagen, sondern auch für andere Gewerke verwendet. Die Idee bestand darin, ein Projektierungswerkzeug zu schaffen, welches die programmtechnische Grundlage von AutoCAD nutzt, sie aber um oberleitungsspezifische Elemente ergänzt. Dadurch sollte auch erreicht werden, dass mit AutoCAD versierte Planer nach relativ kurzer Einarbeitungszeit in der Lage sein sollen, mit dem Planungswerkzeug umzugehen. Da bei einigen Unternehmen auch andere Projektierungsprogramme wie MicroStation genutzt werden, soll auch eine Konvertierung zwischen diesen Systemen möglich sein.

ELFF ist aus den Wünschen von Planungsingenieuren zur Unterstützung in ihrer täglichen Arbeit entstanden. In dem Programm stecken über 15 Jahre Erfahrung. Ein Großteil der erforderlichen Programmierarbeit wurde direkt durch die auf die Planung von Oberleitung spezialisierten Ingenieure vorgenommen. Inzwischen erfolgt die Programmbetreuung und Programmierung zusätzlich durch Softwareentwickler. Dadurch ist der professionelle Einsatz in anderen Unternehmen auch bei zunehmender Komplexität der fortschreitenden Softwareentwicklung sichergestellt.

3 Oberleitungsprojektierung

3.1 Grundlagen

Die Anwendung von AutoCAD besteht im Wesentlichen aus dem Umgang mit Objekten und der Eingabe von Befehlen. Objekte, beispielsweise Linie, Kreis, Viereck und Text verfügen über Eigenschaften und können untereinander verknüpft werden. Solche Eigenschaften können zum Beispiel Linienstärke, Farbe, Füllung, Position, oder Schriftgröße sein. Genau dies bestimmt den Ansatz des Aufsatzes: Es werden neue Objekte definiert wie beispielsweise Fahrdraht, Klemme, Ausleger, Mast und Fundament (Bild 1).

Der Vorteil der Verwendung dieser definierten Objekte besteht in der Nutzung der dazu gehörenden speziellen Eigenschaften. Durch die Kombination der verschiedenen Objekte im Rahmen der Projektierung entstehen auch zwischen den Eigenschaften der Objekte Wechselwirkungen und Kombinationen. Diese werden, soweit erforderlich, iterativ ausgeglichen. Ändert man beispielsweise eine Mastposition, werden sofort Kräfte, geometrische Angaben und weitere Größen neu berechnet und dargestellt. Dadurch ist es möglich, sofort und

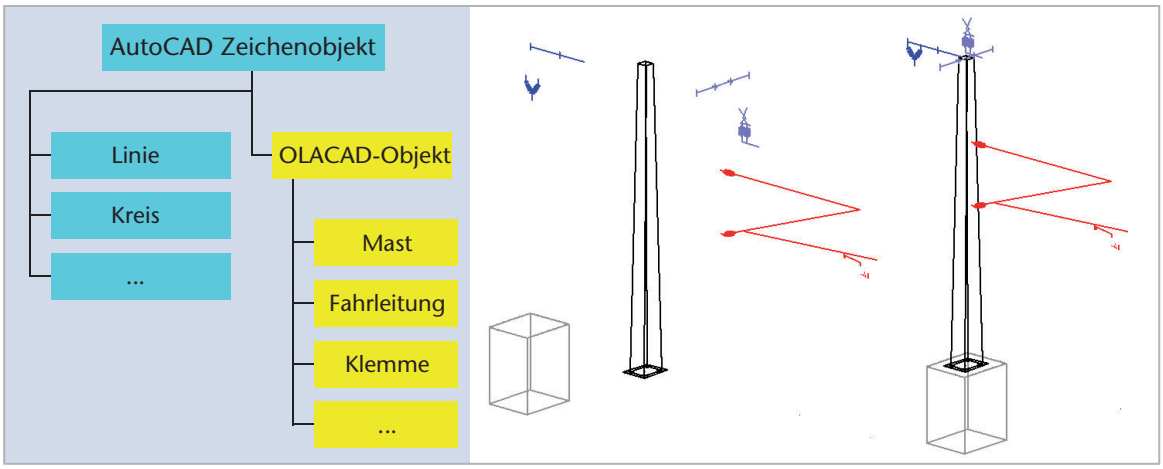


Bild 1: *AutoCAD-Objekte und ihre Ableitung zu Objekten für ELBAS OLACAD (Bilder 1-11, 13, 14: Elbas).*

ohne weitere Tools oder Planungsschritte den Einfluss von Änderungen auf das grafische Planungsergebnis oder auch der statischen Belastungen zu erkennen.

Schlussendlich wird aus einer Vielzahl verbundener Elemente die Oberleitungsanlage entwickelt und in einem CAD-Plan hinterlegt. Die Besonderheit darin ist, dass dieser CAD-Plan alle Eigenschaften seiner „intelligenten" Elemente enthält. Das heißt eine Plandatei enthält nicht nur die grafischen Elemente zur Darstellung der Planung, sondern auch deren sämtliche Daten.

Diese Vorgehensweise ist auch Voraussetzung, um die Planung sowohl in der Draufsicht (2D) als auch in der Perspektivdarstellung (3D) darstellen zu können. Die Elemente verfügen über alle dafür notwendigen Angaben. Sozusagen als Nebenprodukt entstehen dadurch auch Längs- und Querschnitte und dies an jedem beliebigen Punkt. Damit kann bereits in frühen Planungsphasen ein erster Einblick in das zukünftige Aussehen der Anlage genommen werden. Konflikte bei komplizierten Einbausituationen sind auf diese Art sehr einfach zu erkennen und zu lösen.

Da das Planungswerkzeug ein Add-on von AutoCAD ist, stehen dem Planungsingenieur alle üblichen AutoCAD-Befehle weiterhin zur Verfügung. Ergänzt werden die Befehle durch Menüs, in denen entweder die Eigenschaften der Objekte eingegeben werden können oder die Eigenschaften aus einer Bibliothek ausgewählt und angepasst werden können (Bild 2).

Sofern das Add-On geladen ist, bleiben im Plan alle Eigenschaften und die Funktionalität der Planung vollständig erhalten. Jedoch auch ohne die Nutzung des Werkzeuges können die Planungen in AutoCAD geöffnet und mit Daten anderer Planer überlagert und ausgegeben werden.

3.2 Voraussetzungen

Dem Planer der Oberleitungsanlage dienen verschiede Pläne als Grundlage. Neben den unverzichtbaren gleisgeometrischen Projekten können dies sein:

- Bestandspläne
- Kabellagepläne
- Tiefbaupläne für Entwässerungsanlagen
- Signallagepläne
- Katasterpläne
- Querprofile
- Pläne für Ingenieurbauwerke wie Brücken/Durchlässe, angrenzende Bebauungen
- Pläne von Verkehrsanlagen wie Bahnsteige

Je mehr und je genauere Unterlagen vorliegen, umso präziser ist die Planung der Oberleitungsanlage. Idealerweise liegen die Pläne bereits in einem für AutoCAD passenden Dateiformat vor und können damit einfach in den als Grundplan bezeichneten Referen-

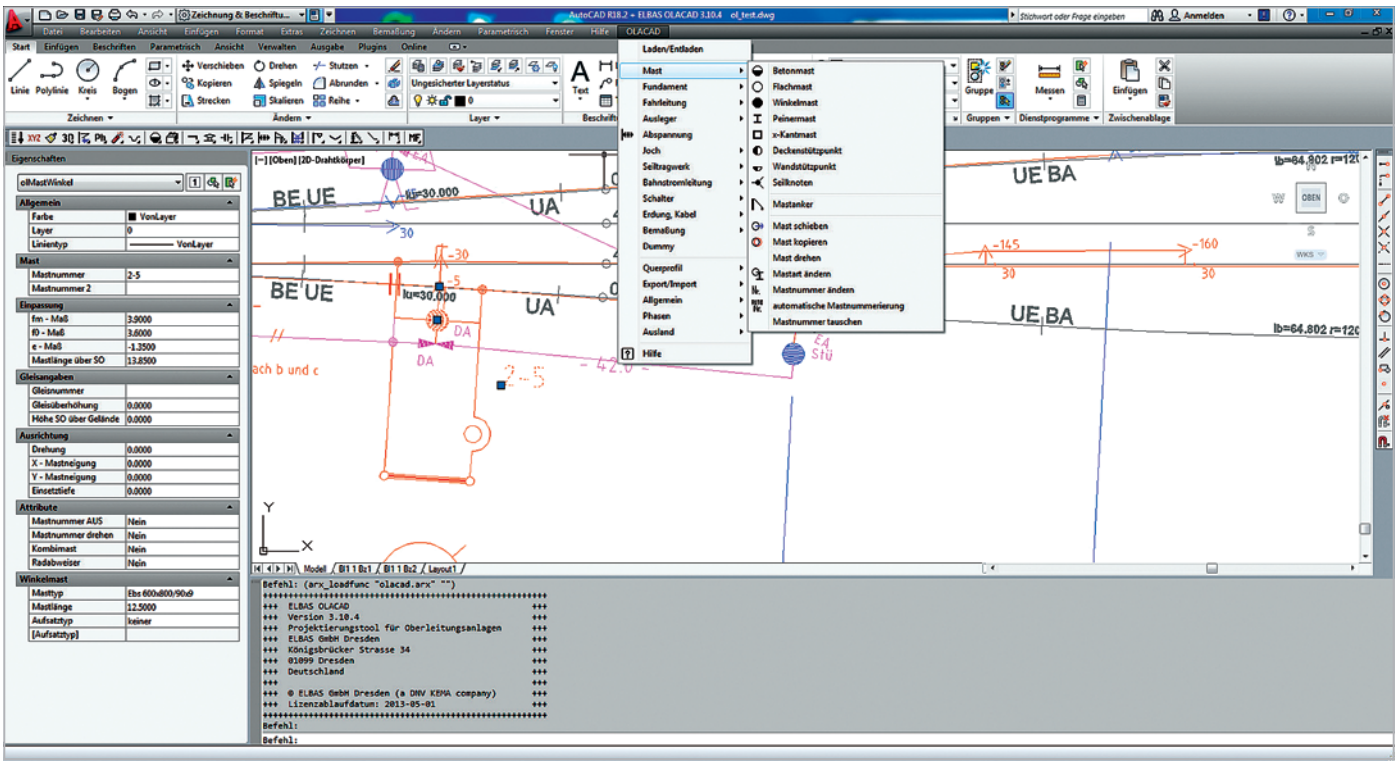


Bild 2:
Screenshot von ELBAS OLACAD mit geöffnetem Menü, hier Grundeinstellungen.

zensammler als Verweis eingefügt werden. Natürlich können mit der Grundfunktionalität von AutoCAD auch Punktewolken aus Laserscans, Bilder oder PDF-Daten verwendet werden.

Um die 3D-Funktionalität richtig nutzen zu können, sollten die zu Grunde liegenden Pläne insbesondere von Brücken und anderen betroffenen Hoch- und Ingenieurbauwerken ebenfalls als 3D-Zeichnung vorliegen. Ist dies nicht der Fall, kann der Planungsingenieur an den betroffenen Punkten vereinfachte 3D-Polygone in die Zeichnung als weitere Referenz einfügen.

Bei allen Vorteilen einer maximalen Planungsunterstützung darf nicht vergessen werden, dass eine Begehung vor Ort gerade bei Anlagen im Bestand oftmals zur Ergänzung der Bestandspläne erforderlich ist.

3.3 Projektierungsablauf

Die nachfolgende Darstellung gibt nur einen Einblick in den Ablauf der Projektierung, da dieser projektspezifisch oder in Abhängigkeit der Güte der Ausgangsdaten und dem Planungsziel abweichen kann. Ein neues Projekt beginnt immer mit einer neuen leeren Datei auf Basis einer Vorlagedatei. Zu definieren sind die Randbedingungen des Projektes, die auf die Planungsergebnisse Einfluss haben. Alle Einstellungen gelten für das Planungsprojekt generell, können aber zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt geändert werden. Genannt sind als Beispiele

- Definition von Bauphasen,
- projektweite Einstellungen zum verwendeten Oberleitungssystem,
- Angaben zu den Umwelteinflüssen und
- zu berücksichtigende Lastfälle für die statischen Betrachtungen.

Die definierten Bauphasen haben über die Zeitpunkte der Errichtung oder des Rückbaus der einzelnen Planungsobjekte, zum Beispiel der Maste, einen direkten Einfluss auf die Art der (farblichen) Darstellung. Damit kann eine spätere Änderung in den grundsätzlichen Bauphasen zu zusätzlichen Nacharbeiten führen. Deshalb ist eine sinnvolle Aufteilung der zu planenden Bauphasen zu Projektbeginn vorteilhaft.

Die über das Register „Objekte“ (Bild 3) vorgenommenen Einstellungen zur Oberleitung bilden zunächst die grundlegenden Eigenschaften aller im Rahmen der Planung neu zu erstellenden Objekte. Auch diese können später noch generell geändert oder durch Überschreiben der Eigenschaften einzelner Planungsobjekte für konkrete Einbaubedingungen, beispielsweise bei Kettenwerksabsenkungen, noch präzisiert werden.

Hier zeigt sich die hohe Flexibilität des Werkzeugs ein erstes Mal. Der Anwender ist nicht darauf angewiesen, bestimmte, fest vorgegebene Wertekombinationen zu nutzen, die durch eine bestimmte Bauart vorgegeben wird. Er kann vielmehr alle Werte frei kombinieren. Für den sinnvollen Einsatz dieser Wertekombinationen ist das ausgeprägte Fachwis-

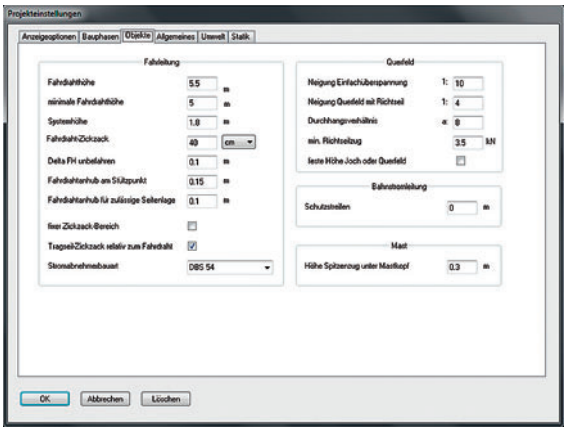


Bild 3:
Generelle Einstellungen zur Oberleitung in ELBAS OLACAD.

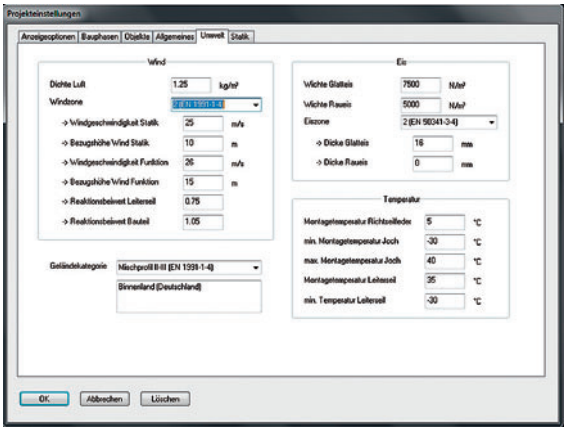


Bild 4:
Projekteinstellungen zu den von ELBAS OLACAD verwendeten Umwelteinflüssen.

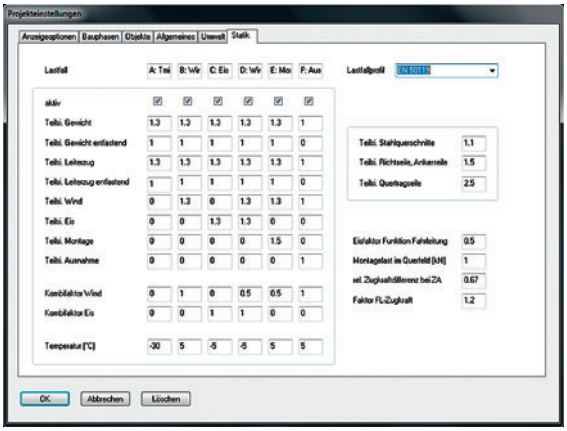


Bild 5:
Projekteinstellungen zu den von ELBAS OLACAD bei statischen Berechnungen zu berücksichtigenden Lastfallkombinationen.

sen des Planungsingenieurs für die Zusammenhänge innerhalb des Oberleitungssystems erforderlich.

Bild 4 zeigt die Möglichkeiten für die Einstellung der zu berücksichtigenden Umweltbedingungen zum Nachweis der Gebrauchsfähigkeit, insbesondere für den Windabtrieb, Abstandsnachweise oder statische Berechnungen. In der Kombination mit den Einstellungen zu den bei einzelnen Lastfällen anzuwendenden Teilsicherheitsbeiwerten (Bild 5) ergibt sich die Möglichkeit, komplette statische Nachweise für die Oberleitungsstützpunkte zu führen. In beiden Masken sind wiederum komplette Vorgabensätze aus gängigen Normen auswählbar, die dann einzeln durch projektspezifische Vorgabewerte überschrieben werden können. Dabei wären sogar Veränderungen der normativen Vorgaben möglich. Der planende Ingenieur hat damit auch an dieser Stelle volle Flexibilität zur Verfügung und könnte zum Beispiel Bestandsanlagen mit dem zum Zeitpunkt ihrer Errichtung gültigen Vorgaben nachweisen.

Nach der Eingabe einiger weiterer grundsätzlicher und informativer Projekteinstellungen kann die am Beginn erstellte Grundplandatei als Referenz eingefügt werden. Die doppelte Referenzierung der grundlegenden Pläne ermöglicht es später problemlos, Verzerrungen mit unterschiedlichen Maßstäben je Dimension auszuführen.

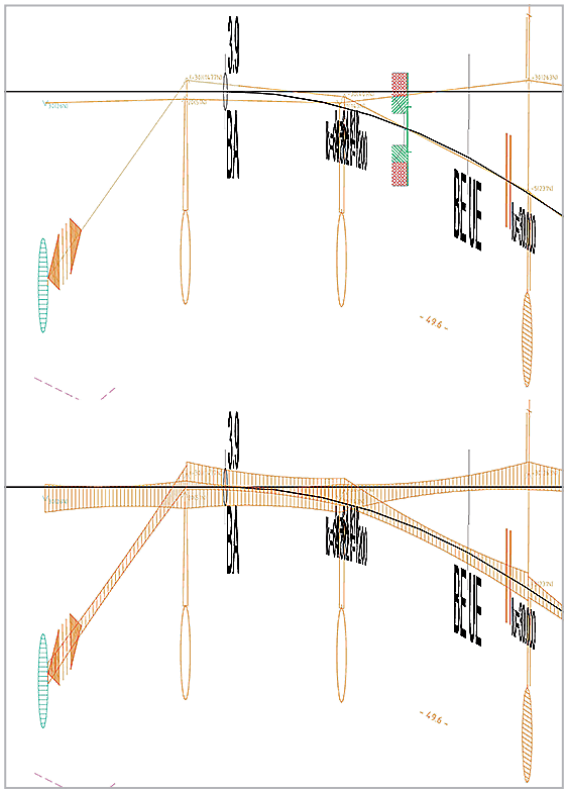


Bild 6:
Ermittlung der optimalen Lage des Fahrdrahtes an einer Weiche in verzerrter Darstellung mit Profil des Stromabnehmers und mit Windabtrieb.

Generell beginnt die Planung im 2D-Modus mit dem Lageplan. Grundsätzliches Ziel der Planung einer Oberleitungsanlage ist es, den Fahrdraht in eine optimale Lage zum Stromabnehmer zu legen. Daher wird mit der Planung bei den Klemmpunkten des Fahrdrahtes begonnen. In den Eigenschaften der Klemmen, die die spätere Verbindung zu Quertrageinrichtungen wie Auslegern und Quertragwerken darstellen, sind die stützpunktspezifischen Eigenschaften, wie zum Beispiel Fahrdraht- und Systemhöhe, Verwendung und Ausführung von Beiseilen sowie die Seitenverschiebung der Oberleitung verankert. Zur Auswahl stehen neben Standardkettenwerken auch Einfachfahrleitungen und Deckenstromschienen.

Die Klemmen werden durch den Planungsingenieur ausgehend von den Zwangspunkten, wie beispielsweise unter und an Bauwerken, an Bahnübergängen, Streckentrennungen an elektrischen Bahnhofsgrenzen, Weichen und Überleitstellen, verteilt. Nach dem anschließenden „Ziehen des Fahrdrahtes“ wird dieser in die erforderliche Seiten- und Höhenlage gebracht („Schnüren“). Dabei helfen verschiedene Funktionen, wie die Verzerrung des Fahrdrahtverlaufes einschließlich des referenzierten Gleisplanes sowie die Darstellung des Windabtriebes in Abhängigkeit von vorgenommenen Projekteinstellungen oder ein zu den Projekteinstellungen passendes Stromabnehmerprofil, die erforderliche Fahrdrahtlage schnell zu erhalten (Bild 6).

Auf Grund des 3D-Modells der Fahrleitungsanlage ist jederzeit ein Umschalten in das Längsprofil möglich, um Höhenverläufe des Kettenwerkes, beispielsweise an Brücken, zu berücksichtigen. Auch hier sind Verzerrungen der Darstellung zur Optimierung der Lage und für die Erstellung von Abstandsnachweisen per Mausklick möglich. Zum Nachweis der elektrischen Mindestabstände lassen sich dabei Grenzverläufe unter bestimmten Umweltbedingungen, wie Eislast oder Abnutzung des Fahrdrahtes darstellen (Bild 7).

Anschließend können die Maststandorte festgelegt werden. Auf Basis von Vorgaben und örtlichen Gegebenheiten werden den Klemmen nun Quertrageinrichtungen zugeordnet. Dies können Einzel- oder Mehrgleisausleger, Quertragwerke oder Joche sein.

Nach der Fixierung der Maststandorte längs zum Gleis folgt die Einordnung der Gründungen und Maste im Gelände. Das Planungswerkzeug ermöglicht hierbei die Verknüpfung jedes Maststandortes oder Mastpaares mit einem geplanten oder aufgemessenen Querprofil. Auf Basis dieser Masteinordnung kann die Ermittlung der Mastlänge erfolgen. Die ermittelte Länge wird dem Objekt Mast als Eigenschaft zugeordnet und maßstäblich im Querprofil angezeigt (Bild 8). Die im Querprofil vorgenommenen Änderungen werden dabei auch im 2D-Lageplan wirksam angezeigt.

Nachdem Oberleitungsstützpunkte und eventuell vorhandene Bahnstromleitungen, Schalter, Schalterquerleitungen und weitere Ausrüstungen am Mast festgelegt wurden, erfolgt die Auswahl der Maste und Gründungen mit den entsprechenden statischen Berechnungen. Dabei werden die neuen Auslegungsvorschriften der EN 50119 [1] berücksichtigt.

ELFF fasst alle am Mast einwirkenden Kräfte und Momente zusammen. Basis hierfür sind die in den Projekteigenschaften eingestellten Werte der Umweltbedingungen und der zu berücksichtigenden Lastfälle. Die Summen der Belastungen am Mast werden dem Planer im Vergleich zur Beanspruchbarkeit des Mastes in einer Grafik ausgegeben (Bild 9). Es ist somit sofort erkennbar, ob der ausgewählte Typ des Mastes aus Sicht der Statik eine ausreichende Dimensionierung besitzt. Die vom Programm ausgegebenen Ergebnisse der statischen Berechnungen können zur Prüfung vorgelegt werden.

Für die Bauphasenplanung muss jedem Element in seinen spezifischen Eigenschaften eine bestimmte Lebensdauer entsprechend den Bauphasen des Projektes zugeordnet werden (Bild 10). Sollen im Rahmen der Planung mehrere Bauphasen bearbeitet und dargestellt werden, so sind nacheinander die einzelnen Bauphasen als aktive Bauphase auszuwählen und die einzelnen Planungsschritte für jede Bauphase zu wiederholen. Die einzelnen Objekte werden, je nach Lage der als aktuell ausgewählten Bauphase, in unterschiedlichen Farben

- als Teil der Bestandsanlage,
- als bereits neu errichtet,
- als neu zu errichtend,
- zukünftig neu zu errichtend,
- als zurückzubauend oder
- bereits zurück gebaut

dargestellt. Alle Angaben sind integraler Bestandteil einer Plandatei.

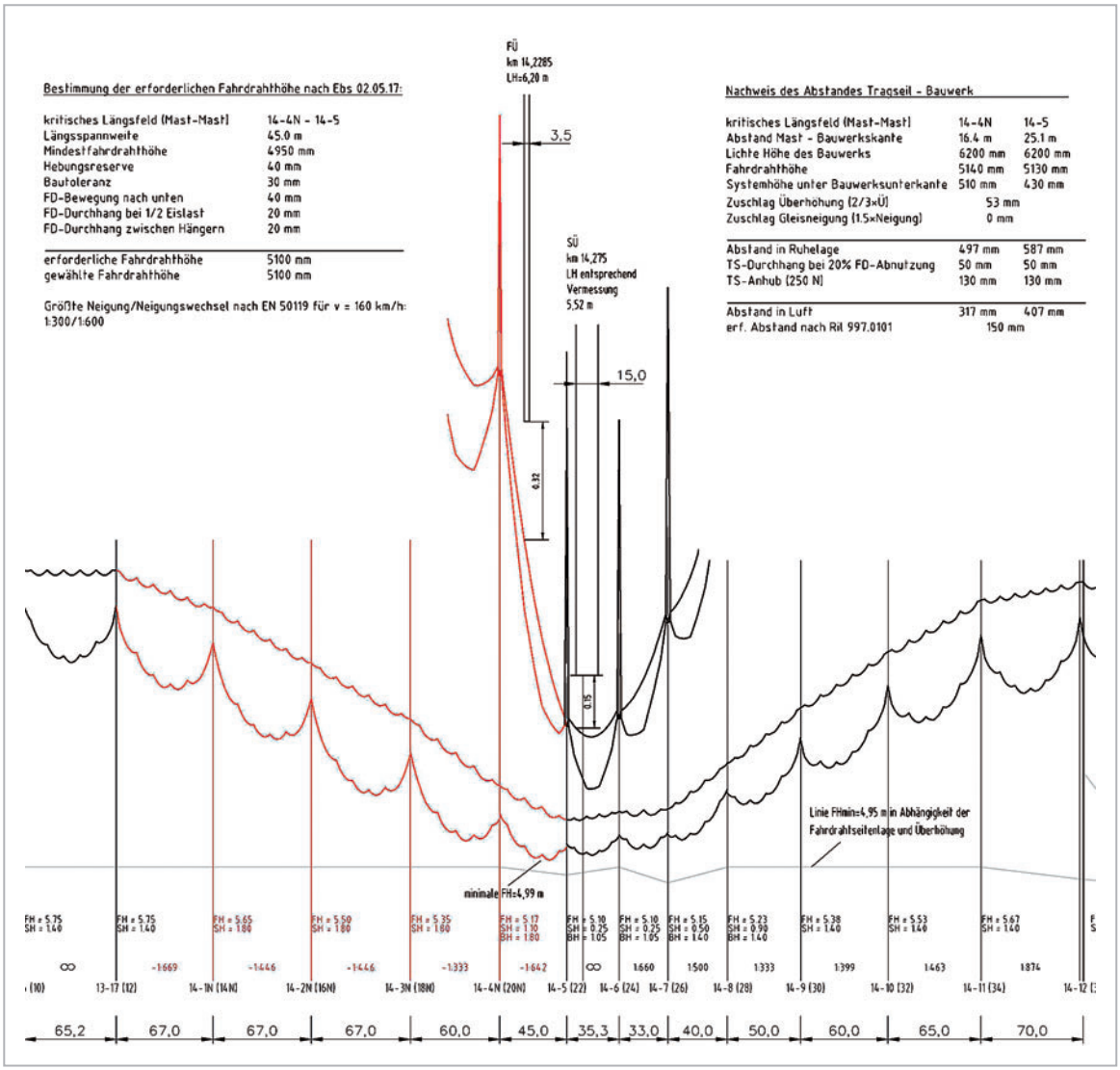


Bild 7:
Abstandsnachweis an einem kreuzenden Bauwerk mit Darstellung der Kettenwerkslage unter Extrembedingungen.

3.4 Planungsergebnisse

Die Ergebnisse der Planung lassen sich in vielfältiger Weise ausgeben.

Durch besondere Fangpunkte an den einzelnen Planungsobjekten lassen sich die erforderlichen Bemaßungen zu den richtigen Bezugspunkten erzeugen. Die anschließende Ausgabe kann neben den Lage- oder Situationsplänen und Querprofilen je Bauphase auch Wertetabellen ausgeben. Das können zum Beispiel Kettenwerkstabellen und Tabellen für die Bahnstromleitungen sein. Aber auch Koordinatentabellen für die Mastgründungen oder komplette Mast- und Fundamenttafeln nach Kundenvor-

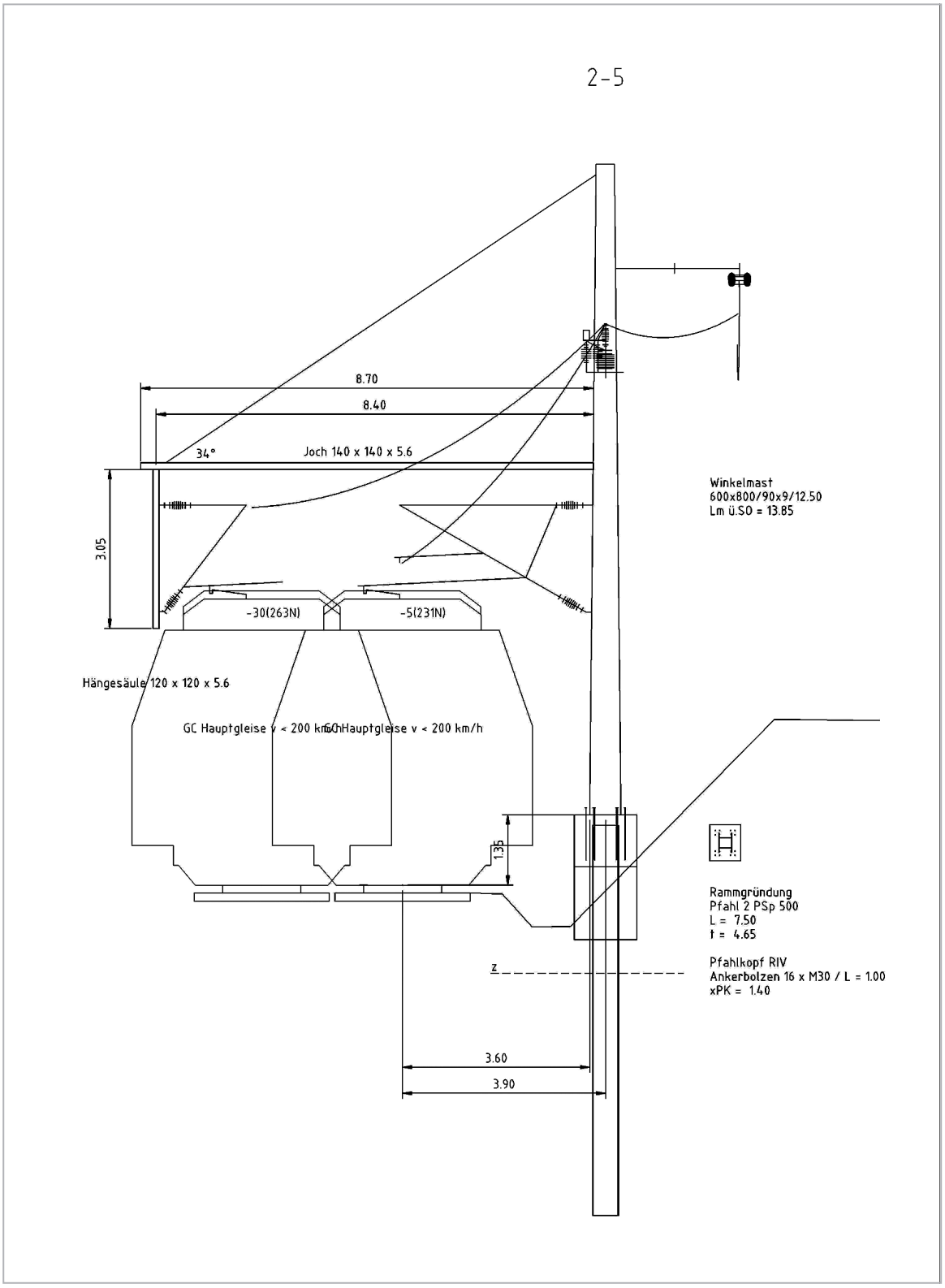


Bild 8:
Querprofil mit eingepasstem Mast und Fundament.

gaben (Bild 11) lassen sich aus den Zeichnungen mit wenigen Mausklicks erzeugen. Für den Export der digitalen Planunterlagen nach CAD-Schnittstellenbeschreibungen verschiedener Kunden wie sie zum Beispiel bei der DB AG in der Richtline 885.9906 [2] existieren, sind ebenfalls Funktionen programmiert.

Aus dem 3D-Modell heraus lassen sich Ansichten mit beliebigen Sichtwinkeln erzeugen. Für komplizierte Montagefälle lassen sich ohne großen Aufwand detaillierte Montagezeichnungen erstellen, die dem Fahrleitungs-Monteur die Gedanken des Planers erläutern.

Die Ausgabe der Nachweise für die Statik erfolgt direkt aus dem Programm heraus in ein PDF-Dokument. Dieses enthält alle erforderlichen Ein- und Ausgabewerte und ermöglicht so den Prüfern der Statik ein Nachvollziehen mit eigenen Methoden.

4 Produktionsvorbereitung

Mit dem Modul *ELFF-CAM* können auf der Basis des 3D-Modells detaillierte Ausschreibungs-, Bestellungs- und Montageunterlagen erzeugt werden. Diese sind abhängig vom gewählten Oberleitungssystem. Über den Import der gegebenen Daten werden aus dem 3D-Oberleitungsmodell Querprofile erzeugt. Dieses Modul enthält eine erweiterbare Bauteilbibliothek mit Bezeichnungen, Abmessungen, Artikelnummern und Preisen der Oberleitungskomponenten. Für den korrekten Zusammenbau werden systemspezifische Regeln und Bauvorschriften berücksichtigt. Wenn es bei komplexen Fällen nicht möglich ist, eine Konstruktion mit den vorhandenen Normbauteilen zu erstellen, kann ein Fachmann ohne großen Aufwand Ergänzungen durch Sonderkonstruktionen hinzufügen.

Es werden auftragsspezifische Querprofile mit Montagemassen erzeugt. Die Darstellung richtet sich nach den Vorgaben und Normen der Kunden (Bild 12).

Aus den Querprofilen können anschließend Materiallisten erstellt werden. Es gibt viele verschiedene Filtermöglichkeiten wie Materiallisten pro Querprofil, Materiallisten für ein bestimmtes Kettenwerk, Listen für alle Haupttragwerke. Die Materiallisten können direkt in der Zeichnung dargestellt werden oder als EXCEL-Datei oder als Schnittstellendatei zu verschiedenen ERP-Systemen (Software zur Unterstützung der Ressourcenplanung) exportiert werden.

5 Planungsbeispiele

Unter Anwendung von *ELFF* wurden in zurückliegenden Jahren zahlreiche Projekte für Fern- und Nahverkehrsbahnen mit unterschiedlichsten Bauweisen erstellt. Es gab bisher kaum einen Sachverhalt, welcher nicht gelöst werden konnte. Dies kam besonders dem Umstand zugute, dass Programmierung und Planung sehr eng verzahnt waren.

Beispielhaft zeigen Bild 13 für den Nahverkehrsbereich eine voll ausgebaute Straßenbahnkreuzung und Bild 14 die 3D-Darstellung einer Bahnhofseinfahrt. Beide Planungsbeispiele sind heute realisiert.

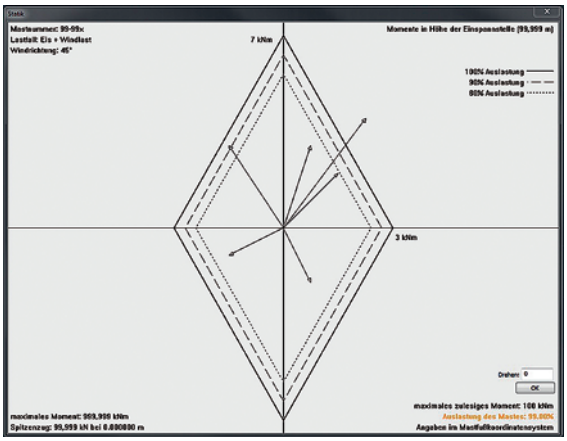


Bild 9:
Ergebnis der Gegenüberstellung von Belastung zu Belastbarkeit eines Oberleitungsmastes.

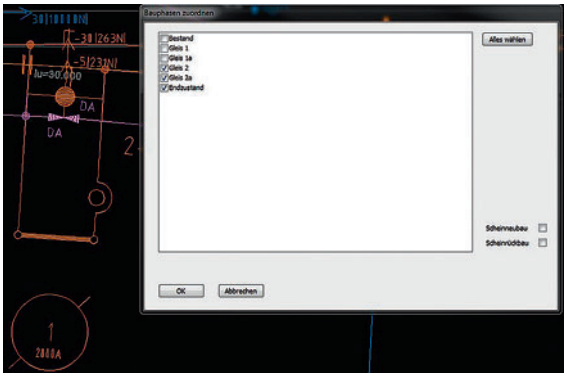
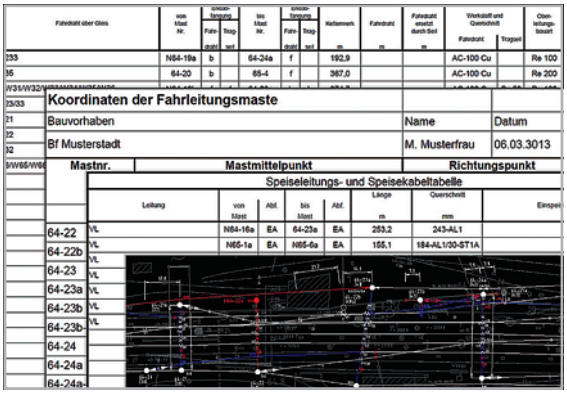


Bild 10:
Existenz eines Oberleitungsmastes in den verschiedenen Bauphasen.



Koordinaten der Fahrleitungsmaste

Bauvorhaben	Name / Datum
Bf Musterstadt	M. Musterfrau / 06.03.3013

Mastnr.	Mastmittelpunkt					Richtungspunkt
	Speiseleitungs- und Speisekabeltabelle					
	Leitung	von Mast	Abf.	bis Mast	Abf.	Länge / Querschnitt
64-22	VL	N64-16a	EA	64-23a	EA	253,2 / 243-AL1
64-22b	VL	N65-1a	EA	N65-6a	EA	155,1 / 184-AL1/30-ST1A
64-23	VL					
64-23a	VL					
64-23b	VL					
64-23b-	VL					
64-24						
64-24a						
64-24a-						

Bild 11:
Beispielausgaben Koordinatenlisten und Masttafeln.

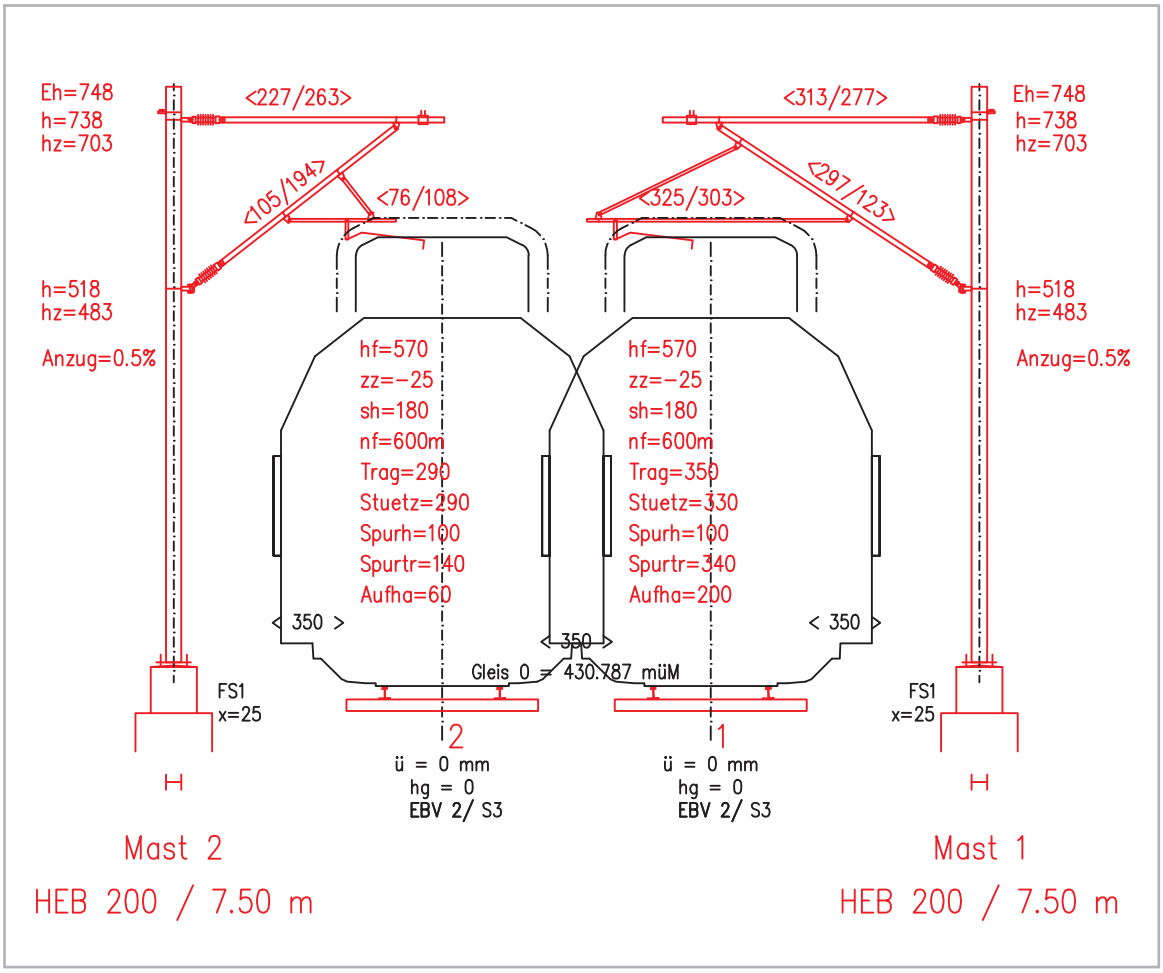


Bild 12:
Beispiel eines Querprofils (Montageplan) mit Materialliste (Bild: Furrer+Frey).

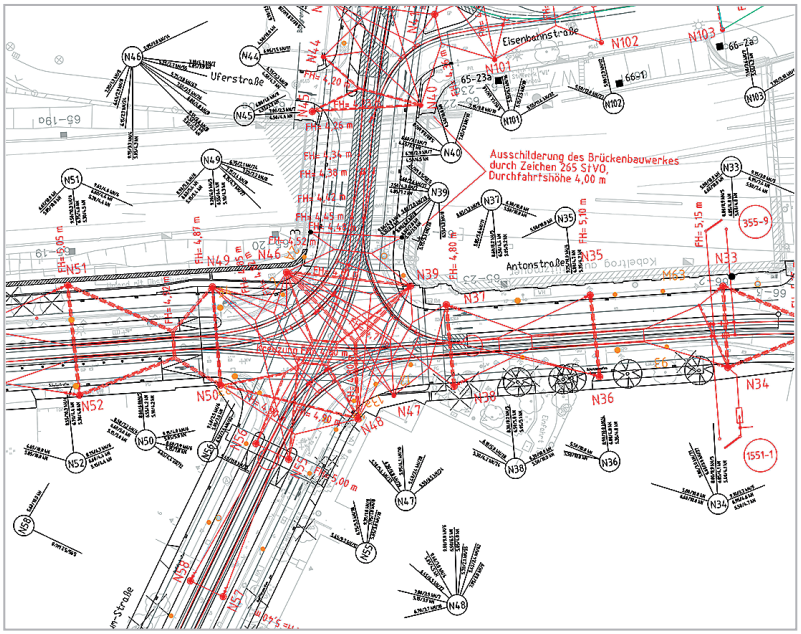


Bild 13:
Planungsbeispiel Straßenbahnkreuzung.

Das Modell kann auf einfache Art mit zusätzlichen Angaben nach den Anforderungen des Kunden ergänzt werden. Ein Beispiel für England ist in [3] beschrieben.

6 Nutzung

Das Programm befindet sich seit einigen Jahren bei Fahrleitungsplanern im Einsatz, die nicht direkt mit der Programmierung von *ELFF* befasst waren. Damit wurde die grundsätzliche Nutzbarkeit durch Dritte nachgewiesen. In Zusammenhang mit einer Projektrealisierung wurde das Produkt an ein ausländisches Bahnunternehmen lizensiert. Derzeit werden potenziellen Kunden Testversionen zur Verfügung gestellt.

Die Entwicklung und Pflege von *ELFF* ist ein stetiger Vorgang. Anpassungen auf die neu herausgegebenen Versionen von AutoCAD und des Betriebssystems sowie Sicherheitsupdates oder optimierte Funktionen werden über regelmäßige Updates an

die Kunden geliefert. Die Einbeziehung weiterer Funktionen in den Leistungsumfang der Software basiert auf den Wünschen der Anwender.

Die beiden ursprünglichen Module *ELBAS OLACAD* (*ELFF-CAD*) und Furrer+Frey FALP (heute *ELFF-CAM*) können nach wie vor als separate Anwendungen erworben und eingesetzt werden.

Die Autoren bedanken sich bei allen an der Entwicklung von ELFF und ELBAS OLACAD Beteiligten, insbesondere bei Herrn Frank Tasler. Dieser Beitrag basiert auf bei der ELBAS GmbH erstellten Dokumentationen.

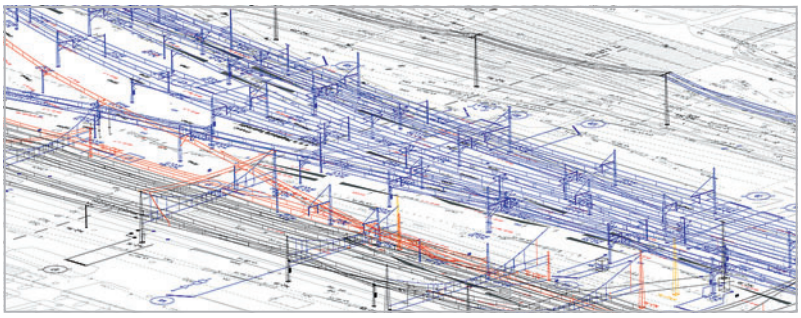


Bild 14:
Planungsbeispiel Bahnhof.

Literatur

[1] DIN EN 50119 (VDE 0115-601):2010-05 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb; Deutsche Fassung EN 50119:2009 mit DIN EN 50119 Beiblatt 1 (VDE 0115-601 Beiblatt 1):2011-04 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb – Beiblatt 1: Nationaler Anhang

[2] Deutsche Bahn AG, Richtlinie Ril 885.9906: Bahngeodaten; Schnittstellenbeschreibung Elektrotechnik, Teilbereich Oberleitungsanlagen

[3] *Wili, U.; Wittig, M.*: New overhead contact line equipment on existing structures of Great Eastern route. In: Elektrische Bahnen 107 (2009), Heft 7, S. 306-312.

AUTORENDATEN

Dipl.-Ing. Nils Berthold (43), Studium Elektrotechnik/Elektrische Bahnen an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden und der Technischen Universität Dresden; seit 1994 tätig in Entwicklung, Projektierung und Bau von Fahrleitungsanlagen, seit 2012 Teamleiter Planung Oberleitungsanlagen & Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik bei ELBAS Elektrische Bahnen Ingenieur-Gesellschaft mbH.

Adresse: ELBAS Elektrische Bahnen Ingenieur-Gesellschaft mbH,
Königsbrücker Str. 34,
01099 Dresden, Deutschland;
Fon: +49 351 82992-61;
E-Mail: nils.berthold@elbas.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Hofmann (60), Studium, Promotion und Habilitation an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden; Professor für Elektroenergieerzeugung und -verteilung an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH); Principal Consultant der ELBAS Elektrische Bahnsysteme Ingenieur-Gesellschaft mbH; Mitglied WGC 11/TC9XC des CENELEC; Obmann DKE-Arbeitskreises 351.2.6 „Interoperabilität/Spannungen“.

Adresse: wie oben;
Fon: +49 351 82992-12;
E-Mail: gerhard.hofmann@elbas.de

Dipl.-Ing. Walter Blaser (57) Bauingenieur; Weiterbildung in Informatik; Teamleader CAD-Entwicklungen bei Furrer+Frey AG.

Adresse: Furrer+Frey AG,
Thunstr. 35,
3000 Bern 6, Schweiz,
Fon: +41 31 3576129;
E-Mail: wblaser@furrerfrey.ch

ELBAS
Elektrische Bahnsysteme
Ingenieur-Gesellschaft mbH
Königsbrücker Straße 34
01099 Dresden
Deutschland

www.elbas.de

Furrer+Frey AG
Thunstrasse 35
Postfach 1 82
3000 Bern 6
Schweiz

www.furrerfrey.ch