



SIEMENS

Ingenuity for life



Systemauslegung mit Sitras Sidytrac und Sitras EMF

Simulation der AC- und DC-Bahnstromversorgung

[siemens.de/rail-electrification](https://www.siemens.de/rail-electrification)

Bei der Systemauslegung von Bahnelektrifizierungssystemen verbinden wir die Berechnungen unserer Simulationssoftware Sitras® Sidytrac mit unserem umfassenden System-Know-how. Mit Hilfe der Software werden Arbeitsabläufe standardisiert und automatisiert und damit die Fehlerquellen reduziert sowie die Effizienz erhöht.

Merkmale

- Detaillierte Auslegung und Optimierung von AC- oder DC-Bahnsystemen mit elektrischer Dimensionierung der Unterwerke und Fahrleitungsanlagen:
 - Wirtschaftliche Auslegung der Gesamtanlage
 - Einplanen von Leistungsreserven für künftige Entwicklungen
- Zugfahrtsimulation mit integrierter elektrischer Lastflussberechnung
- Kurzschlussberechnung entlang definierter Streckenabschnitte
- Induzierte Spannungen in parallelen Leitern
- Elektrische und magnetische Felder entlang der Strecke
- Hochautomatisierte umfangreiche und anpassbare, browserfähige Ergebnispräsentation in standardisierten Tabellen und Grafiken für schnelle und komfortable Übersicht
- Automatisierte, vordefinierte spezifische Auswertungen (z.B. induzierte Spannungen, magnetische Felder, Fahrleitungsschutzimpedanzen, Streuströme, äquivalente thermische Belastungen usw.)
- Umfangreiche Möglichkeiten zur automatischen Berechnung von Simulationsvarianten und Ergebnisvergleich auf einen Blick, z.B. unterschiedliche Schaltzustände, Fahrpläne, Betriebseinschränkungen sowie Fehlerfälle.

Anwendungsgebiete

Mit Hilfe von Sitras Sidytrac wird die Systemauslegung und Berechnung der gesamten Bahnstromversorgungsanlage durchgeführt.

Gesamtauslegung

- Zugfahrtsimulationen für Gleich- und Wechselstrombahnen
- Optimierung von Speisekonzepten
- Festlegung Unterwerksstandorte
- Energiebedarfsberechnungen von Bahnstrecken
- Berechnung und Beurteilung von Ausfallszenarien
- Strombelastung Fahrleitung, Kabel, Sammelschienen, Schaltanlagen, Transformatoren
- Berechnung von Streckenimpedanzen und Spannungen längs der Strecke
- Bewertung von geregelten Unterwerken (Wechselrichter, Umkehrstromrichter), Energiespeichern (z. B. Sitras SES)
- Berechnung der Stromverteilung in Fahrleitungsanlagen
- Dimensionierung des Rail Active Balancer Sitras RAB plus und der mobilen Blindleistungskompensation mit Sitras RVC plus

Personen- und Anlagensicherheit

- Berechnung von Schienenpotenzialen / Berührungsspannungen
- Streustrombeurteilung bei Gleichstrombahnen

Auslegung Schutz

- Kurzschlussstromberechnungen Gleich- / Wechselstrombahnen
- Maximale Betriebsströme von Streckenabschnitten
- Eckdaten zur Schutzgeräteeinstellung
- Fahrleitungsschutzimpedanzen
- Schutzsimulation für Überstrom- und Distanzschutz

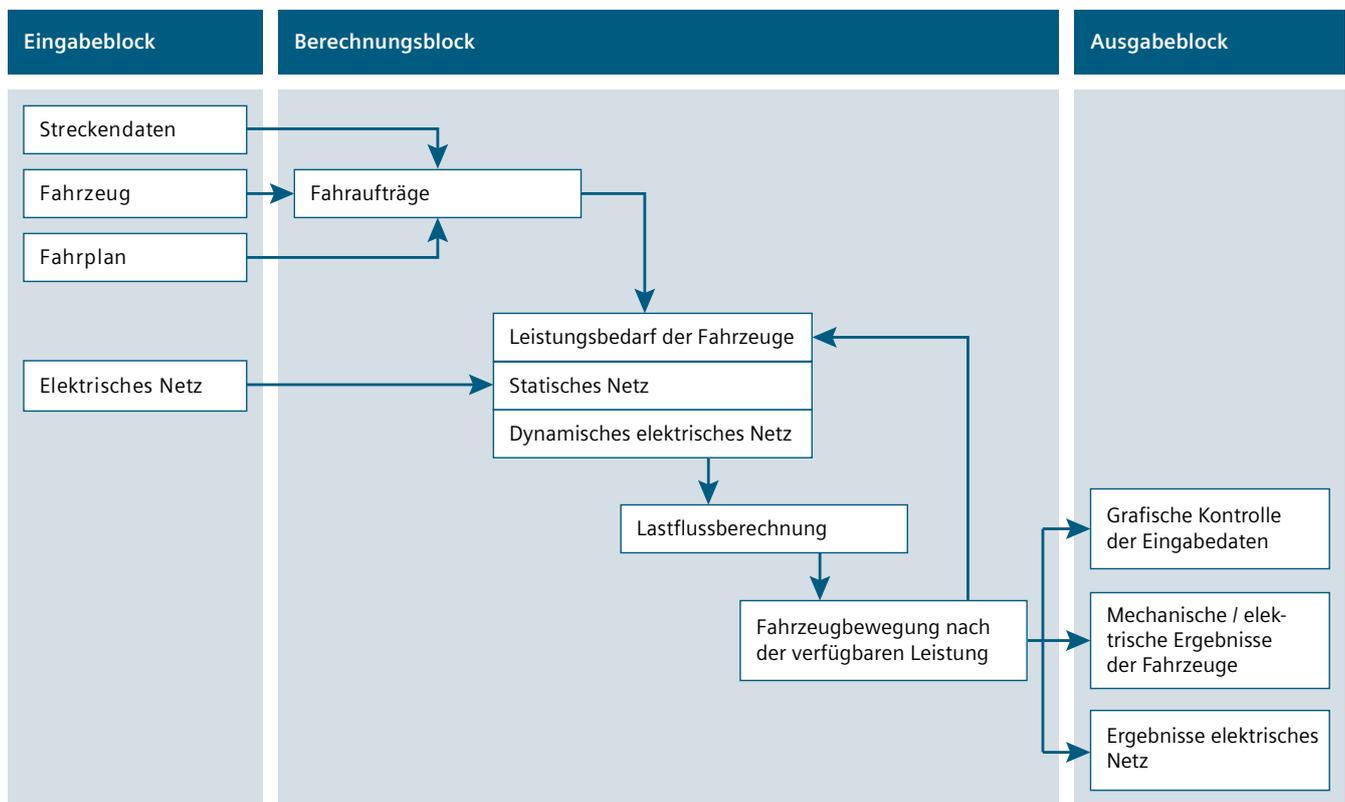
Netzurückwirkungen / Spannungsqualität

- Drehstromunsymmetrie bei Einphasenbahnlast
- Spannungsschwankungen, Flicker
- Resonanzverhalten von Bahnstrecken

Beeinflussung, magnetische Felder, elektromagnetische Verträglichkeit

- Studien und Berechnungen elektrischer und magnetischer Felder von Bahnstrecken/Unterwerken
- Berechnung von psophometrischen Störungen in Telefonleitungen, d. h. Frequenzbewertung der elektromagnetischen Einkopplung
- Gegenseitige Beeinflussung zwischen Gleich- und Wechselstrombahnen
- Induzierte Spannungen in parallelen Leitern, z. B. Kabelschirme und Signalleitungen

Programmstruktur



Lizenzen

Sitras Sidytrac ist in drei Lizenzeditionen verfügbar, mit jeweils einem Paket an Grundfunktionalitäten, das viele Anwendungsfälle abdeckt.

Die modulare Struktur der Lizenzeditionen mit weiteren wählbaren Paketoptionen für entweder DC- oder AC-Bahnenergieversorgungen oder beiden Systemarten erlaubt eine optimale Anpassung an individuelle Bedürfnisse.

Eingabe und Modellierungsumgebung

Die Dateneingabe, Konfiguration und Überwachung des gesamten des Simulationsablaufs sowie der Ausgabe und Auswertefunktionen erfolgt in der eigenen Benutzeroberfläche Sidytrac Studio.

Eingabedaten

Streckendaten

- Streckennetz mit Streckenabschnitten, Gleisanzahl, Haltestellen
- Topographie mit Steigungen, Kurvenradien, Ort und Art der Tunnel
- Block- und zeitgesteuerte Signale
- Geschwindigkeitsbegrenzungen, Strombegrenzungen

Fahrzeuge

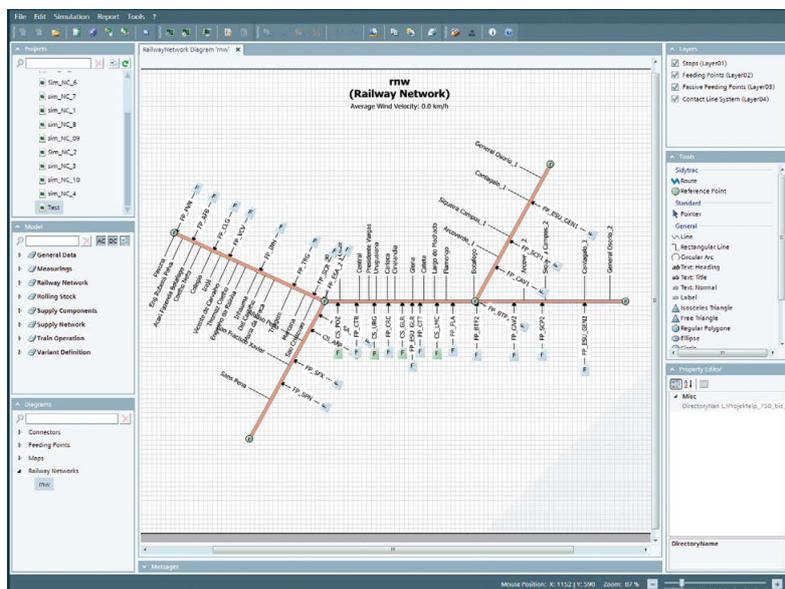
- Masse, Höchstgeschwindigkeit, Beschleunigungen
- Wirkungsgrade, Leistungsfaktor, Strombegrenzungen
- Zug- und Bremskraft, Fahrwiderstand
- Eigenverbrauch der Hilfsbetriebe, Energiespeicher

Fahrplan

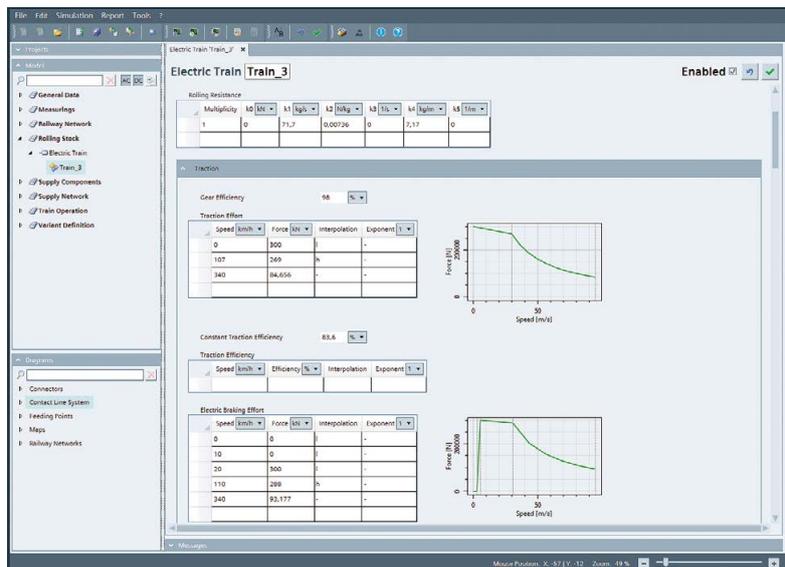
- Taktfahrpläne, Individuelle Fahrpläne
- Quasistochastische Fahrpläne

Elektrische Netzdaten

- Netzverschaltung, Anschlusspunkte und Kurzschlussleistungen
- Transformatoren, Gleichrichter, Wechselrichter, Energiespeicher, Blindleistungskompensation
- Schaltanlagen, Zuleitungen, Widerstände, Drosseln, Kondensatoren, Ortsfeste Verbraucher
- Fahrleitungssystem (Schleifenimpedanz und geometrische Leiteranordnung)



Eingabe Streckendaten



Eingabe Fahrzeugdaten

Berechnung

Zugfahrtsimulation und Lastflussberechnung

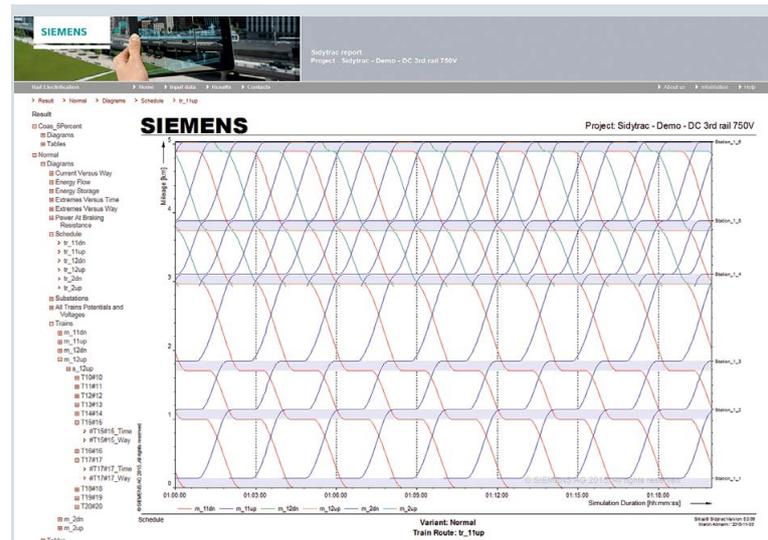
Die Berechnung erfolgt mit der Zeitschrittmethode, indem bei jedem Zeitschritt zwei Prozesse ausgeführt werden. Die dynamische Fahrspielberechnung löst die Bewegungsgleichungen und berechnet die benötigte Antriebs- oder Rückspeiseleistung für den nächsten Zeitschritt. Das Zugmodell ermöglicht dazu die Definition verschiedenster Fahrzeug- und Antriebskonfigurationen sowie unterschiedliche Fahrweisen, wie z.B. Spitzfahrt und Zeitrückhalt mit Auslauf, so dass eine große Bandbreite elektrischer Zugförderung detailliert abgebildet werden kann. Änderungen von verschiedenen Parametern, wie z.B. Fahrzuständen, Topographie, Begrenzungen entlang der Strecke etc. führen zu einer automatischen Zeitschrittverkürzung und erhöhen somit die Genauigkeit der Berechnung.

Als nächstes werden die elektrischen Zugleistungen in das statische Netz integriert und ein gemeinsames dynamisches elektrisches Netz gebildet, in dem die Fahrzeuge zeitlich und örtlich variable elektrische Quellen und Senken darstellen. Für dieses gemeinsame Netz wird dann der elektrische Lastfluss iterativ gelöst, d. h. die komplexwertigen Ströme, Spannungen und die verfügbare Leistung in allen Knoten und Zweigen des Netzes werden für die Grundfrequenz ermittelt.

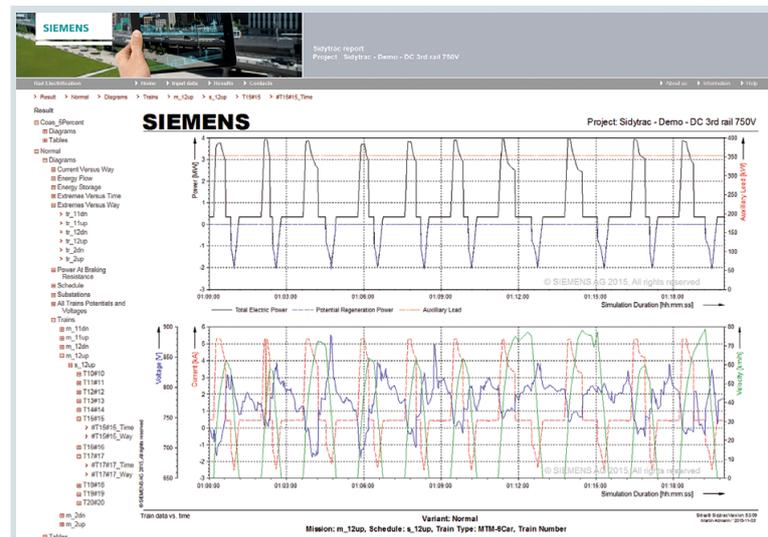
Das Oberleitungssystem kann sowohl mit abschnittsweise konzentrierten Impedanzen als auch mit voller magnetischer und kapazitiver Kopplung modelliert und in der Lastflussberechnung berücksichtigt werden. Zusätzlich steht eine automatische Methode zur Zusammenfassung von Leitersystemen zu konzentrierten Impedanzen zur Verfügung und erlaubt damit eine sehr zeitsparende, vereinfachte Berechnung von komplexen geometrischen Anordnungen ohne weitere vorherige Berechnung der einzelnen Teilimpedanzen.

Die Lastflussberechnung basiert auf dem Knotenpotentialverfahren. Zur Optimierung der Rechengeschwindigkeit für große Netze mit sehr vielen Knoten und aktiven Elementen stehen dem Benutzer verschiedene parametrierbare, numerische Lösungsverfahren zur Verfügung.

Mit diesem Verfahren werden die Abhängigkeiten und Auswirkungen zwischen Leistungsfähigkeit des Netzes und den Anforderungen der Zugförderung realitätsgetreu berechnet, d.h. die Auswirkungen auf die Fahrzeit jedes einzelnen Zuges, die tatsächliche Rückspeiseleistung sowie die Belastung des Netzes und deren Komponenten.



Zugfahrtsimulation: Fahrplan



Zugfahrtsimulation: Spannungen und Ströme der Züge

Ausgabe und Datenaufbereitung

Die Berechnungsergebnisse sowie die Eingabedaten werden in einer Datenbank gespeichert, die komfortable und individuell anpassbare Auswerteroutinen bietet.

Darüber hinaus bietet Sidytrac Studio dem Benutzer ein vordefinierbares browserfähiges Berichtsformat an. Dieser Sidytrac Report beinhaltet vielfältige Grafiken und Tabellen zur Bewertung der elektrischen Daten der einzelnen Berechnungsvarianten sowie Variantenvergleiche zu Strömen, Leistungen und Energien. System- und Energieoptimierung werden damit ideal unterstützt.

Ausgabedaten

Grafische Kontrolle der Eingabedaten

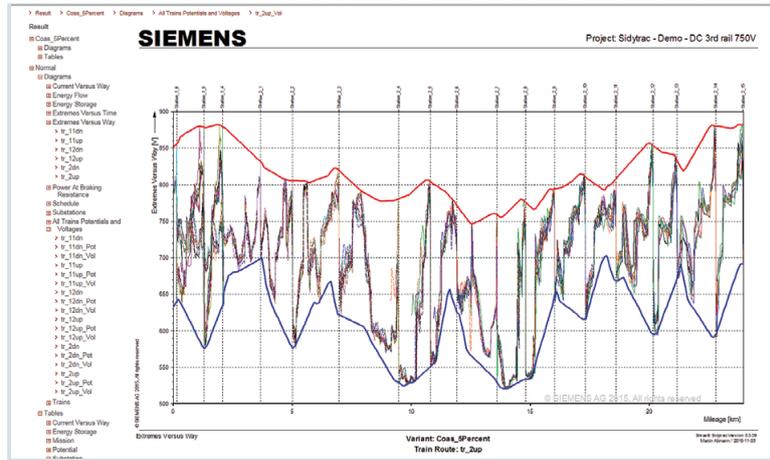
- Streckendaten, Elektrisches Netz
- Fahrzeugkennlinien
- Grafischer Fahrplan, berechnet

Mechanische / elektrische Ergebnisse der Fahrzeuge

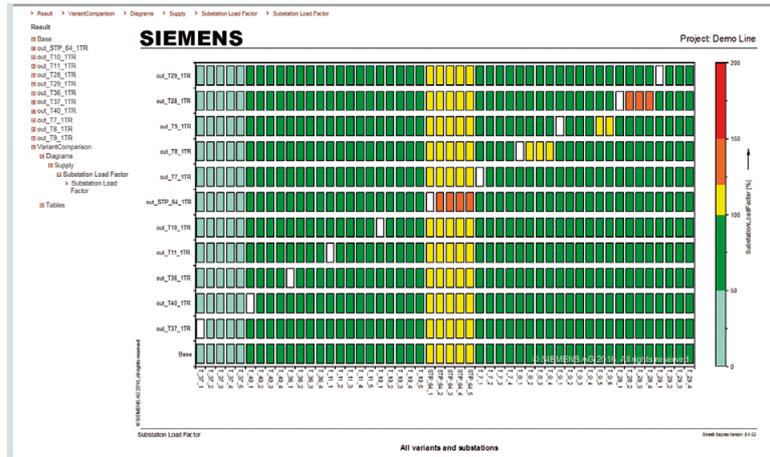
- Ströme, Spannungen
- Gesamtleistung, Rückspeiseleistung
- Traktionsenergie, Energie-Eigenbedarf, Mechanische Energie, Verluste
- Leistungsfaktor, Wirkungsgrade
- Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung
- Zugkraft, Bremskraft

Ergebnisse elektrisches Netz

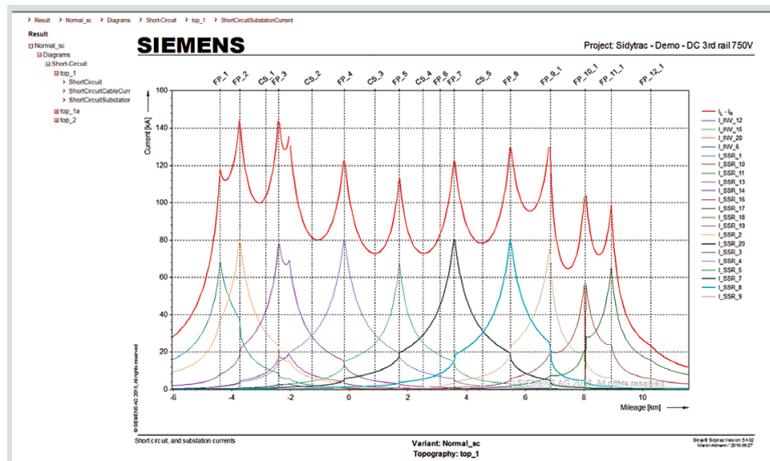
- Leiterströme, Versorgungsspannungen
- Extremalwerte für Spannung, Schienenpotenziale
- Gesamtleistung, Wirkleistung, Verluste,
- Leistungsfaktor, Unsymmetrie, Flicker
- Energiebilanz
- Leiterströme entlang der Strecke
- Kurzschlussströme
- Streuströme
- Induzierte Spannungen
- Impedanzen zur Schutzeinstellung
- Magnetische Felder



Ausgabe Zugspannungen



Ausgabe Variantenvergleich der Unterwerksleistungen



Ausgabe Kurzschlussströme entlang der Strecke

Anwendungsgebiete

Sitras EMF ergänzt die Programmfamilie von Sitras Sidytrac und ermöglicht für verschiedenste geometrische Leitungsanordnungen die Berechnung von:

- Elektrischen Feldstärken
- Magnetischen Feldstärken
- Magnetischer Induktion
- Randfeldstärken
- Störpegeln.

Überblick und Arbeitsweise

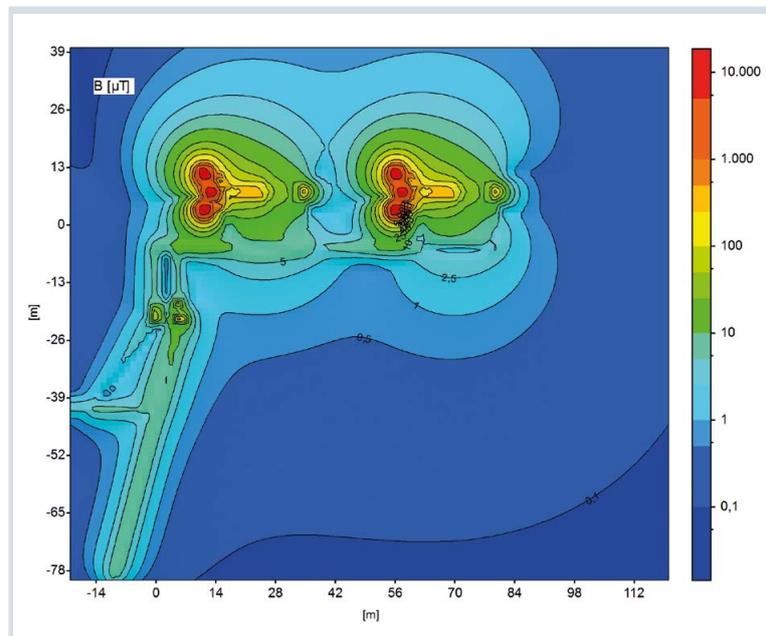
Das Programm Sitras EMF dient der Berechnung elektrischer und magnetischer Felder sowie akustischer Störungen, die bei der Bahnstromversorgung über Fahr- und Freileitungen auftreten können. Vom Anwender müssen die dreidimensionale Geometrie und Materialdaten der Leiter und Systemdaten eingegeben werden. Die Berechnung der Feldstärken und Störpegel erfolgt in einem vom Benutzer festzulegenden, kartesischen Koordinatensystem, in welchem Aufpunkte zur Berechnung der Felder und Störpegel frei definiert werden können. Für die magnetische Feldberechnung müssen die Ströme in den Leitern bekannt sein. Die Leiteranordnung kann dabei als Polygonzug eingegeben werden, d. h. es sind beliebige 3-dimensionale Anordnungen berechenbar. Die magnetischen Felder werden nach Biot-Savart ermittelt und die elektrischen Felder mittels Spiegelladungsverfahren.

Die Ergebnisse können entlang einer Messgeraden oder in zweidimensionalen Aufpunktflächen dargestellt werden. Bei der Berechnung von Messflächen werden Linien gleicher Feldstärke bzw. Linien gleichen Wertes als Isolinien ausgegeben.

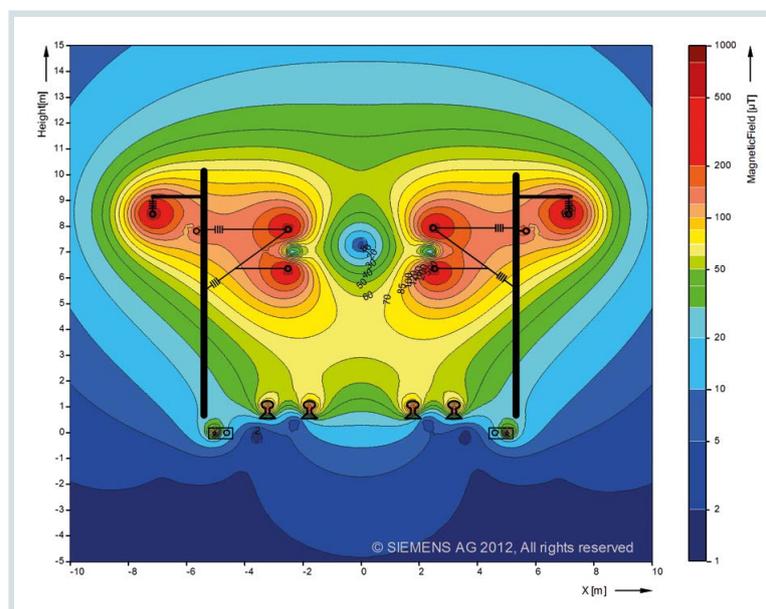
Sämtliche Eingabedaten und die Messgeometrie werden in einer Datei gespeichert.

Berechnete Randfeldstärken, Ladungen, Feldstärken und Störpegel werden als separate Ergebnisdateien in ASCII-Format, optimiert für die Weiterverarbeitung in FlexPro, ausgegeben.

Die graphische Darstellung der Felder und Störpegel sowie der Leitergeometrie erfolgt unter Verwendung der kommerziellen Datenanalyse und Präsentationssoftware FlexPro. Die Grafiken können anschließend innerhalb von FlexPro nachbearbeitet und in unterschiedliche Grafik- und Berichtsformate exportiert werden.



Magnetfeld einer AC Bahnenergieversorgungsanlage



Magnetfeld einer 2 x 25 kV AC Strecke

© Siemens Mobility GmbH 2018
Alle Rechte vorbehalten

Sitras Sidytrac / Sitras EMF / Produktinformation
Nr. A6Z08111122394 / Version 2.0.1

Siemens Mobility GmbH
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München
Deutschland

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:

Siemens Mobility GmbH
Turnkey Projects & Electrification
Rail Electrification
Mozartstraße 33b
91052 Erlangen
Deutschland

electrification.mobility@siemens.com
www.siemens.de/rail-electrification

Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.