



Dr.-Ing. Rico Steyer ist bei der AKG Software Consulting GmbH für den Bereich Forschung und Lehre sowie für den internationalen Vertrieb verantwortlich. Dr.-Ing. Steyer ist ebenfalls Mitglied im Board of Directors der AKG Software, Inc.

Neu in VESTRA: Sichtweitenberechnung

Von Dr.-Ing. Rico Steyer

Die vorhandene Sichtweite beeinflusst maßgeblich die Verkehrssicherheit. Deshalb ist die Überprüfung der Sichtweite ein wichtiger Bestandteil im Planungsprozess von Straßen und Verkehrswegen. Seit Jahren wird auf diesem Gebiet geforscht, dies bezieht sich besonders auf die Abschätzung der Qualität der räumlichen Linienführung. In einigen Forschungsprojekten war und ist die AKG Software Consulting GmbH beteiligt. Viele der Forschungsergebnisse finden in der VESTRA-Programmentwicklung Berücksichtigung. Die Sichtweitenberechnung wurde in VESTRA komplett überarbeitet. Dabei wurden auch Erkenntnisse verwertet, die Herr Dipl.-Ing. Jan Seifert in seiner Diplomarbeit „Erarbeitung eines Rechenalgorithmus zur Sichtweitemittlung nach dem Haltesichtweitenmodell“ an der HTW Dresden erarbeitet hat.

Algorithmus

Man stelle sich vor, die Sichtweite einer Straße zu ermitteln: Die Straße führt durch einen Wald und der Blickpunkt (Zielpunkt) des Fahrers wandert vom Betrachterstandpunkt (Augenhöhe des Fahrers) entlang der Fahrspurachse ständig nach vorn. Der Straßenquerschnitt und die Waldränder bilden gemeinsam die Begrenzung des Sichtfensters, das der Fahrer wahrnimmt. Gleichzeitig wird dadurch auch die Sichtstrahlauslenkung begrenzt. Durch die ständige Bewegung des Blickpunktes nach vorn verändert sich ebenso die Lage des Sichtstrahls. Eventuelle Sichthindernisse am Straßenrand verengen das Sichtfenster zusätzlich.

Vom Fahrer aus gesehen (entspricht dem Betrachterstandpunkt) kann sich der Blickpunkt (Zielpunkt) nur so lange nach vorne bewegen, bis er an eine Begrenzung des Sichtfensters stößt. Exakt an dieser Station wird der Sichtstrahl zwischen Fahrer und Blickpunkt unterbrochen. Aus der Differenz zwischen der Station des Sichthindernisses und der Station des Fahrers lässt sich die Sichtweite bestimmen.

Der Berechnungsalgorithmus ermittelt nach einem gewünschten Intervall vorwärtsgewand unter Beachtung aller Sichthindernisse die Station, an der der Sichtstrahl das Sichtfenster verlässt (Berührung der Begrenzung des Sichtfensters). Sichtstrahlänge und Sichtweite entlang der gekrümmten Achse lassen sich nun einfach berechnen.

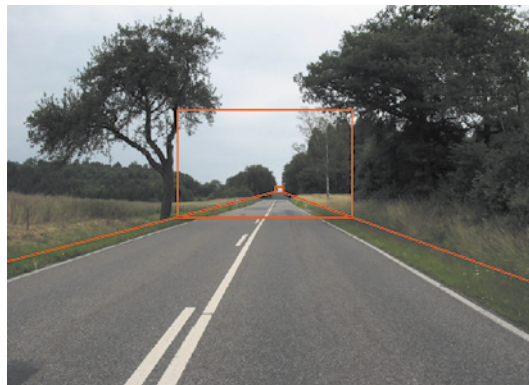


Abb. 1: Bildliche Darstellung des Berechnungsalgorithmus

Parameter der Sichtweitenberechnung

Voraussetzung für die Durchführung der Sichtweitenberechnung in VESTRA sind die folgenden Datensätze:

- Achsdaten im Lage- und Höhenplan (Achse im Lageplan und alle relevanten Gradienten),
- vollständig definiertes und gerechnetes Deckenbuch,
- vollständig definierte und gerechnete Parameter im Querschnitt (Schutzplanken, Stützwände, Bermen etc.),
- berechnetes und ggf. mit dem Urgelände verschnittenes Geländemodell,
- Stationen der Einzel- und Linienhindernisse aus dem Lageplan.

Sichthindernisse lassen sich in Einzel- (Häuser, Einzelbäume, Masten, Verkehrsschilder) und Linienhindernisse (Schutzplanken, Waldränder, Bewuchs im Straßenrandbereich, besondere Straßenkonstruktionen wie Stützmauern etc.) einteilen. Einzelhindernisse werden durch die Anwendung der entsprechenden Symbolik oder Fachbedeutung im Lageplan dargestellt und können somit auch stationsgenau eingemessen werden. Zusätzliche Eingabedialoge gewährleisten die Berücksichtigung der Abmessungen und Höhen der Einzelhindernisse.

Linienhindernisse können ebenfalls im Lageplan eingegeben werden. Dies erfordert die Zuweisung von Symbolen oder Fachbedeutungen zu Linien, die sich in Straßennähe (bzw. in der Nähe des Straßenkörpers) befinden. Waldränder sind prinzipiell im Lageplan zu definieren (Aneinanderreihung vieler Einzelbäume) und bilden die seitliche Begrenzung des Profils. Spezielle Linienhindernisse wie beispielsweise Schutzplanken, Bermen, Böschungen, Stützmauern und Lärmschutzwänden werden als Bestandteil des Straßenquerschnittes definiert. Sie sind dann Bestandteil des DGM-Straßenkörpers, der mit dem zugehörigen Urgelände verschnitten wird.

Sichtmindernde Bewuchshöhen auf Bankett, Böschungen und im Seitenraum der Straße müssen ebenfalls berücksichtigt werden und sind im Lageplan nach Import des Kunstkörpers zu definieren. Hier gilt ebenfalls, dass diese entweder

als Einzel- oder als Linienhindernisse zu definieren sind (Parameter: Station, Ausdehnung, Höhe, Fachbedeutung (Symbol)). Die Definition weiterer Sichthindernisse entlang der Straße ist im Lageplan jederzeit möglich. Diese Daten werden dann in der nachfolgenden Sichtweitenberechnung berücksichtigt.

Erfassungdialog Sichtweitenberechnung

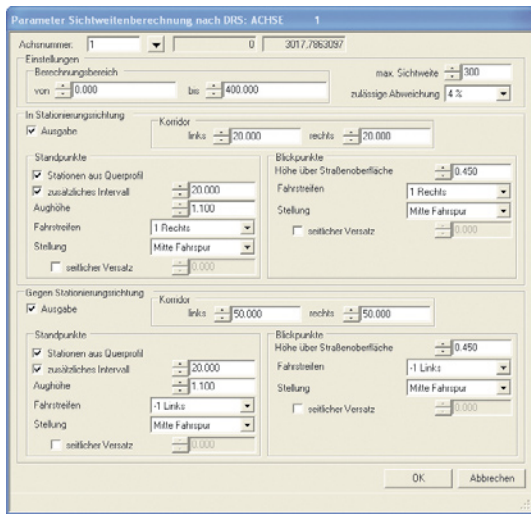


Abb. 2: Dialog zur Erfassung der Parameter der Sichtweitenberechnung

Abbildung 2 zeigt das Dialogfeld zur Eingabe der Parameter für die Sichtweitenberechnung. Dieses Eingabedialogfeld umfasst die Auswahl der Achse und die Festlegung der Parameter zur Berechnung der Sichtweite in beziehungsweise entgegen der Stationierungsrichtung.

Die Stationen des Betrachterstandpunktes können durch ein Stationsintervall frei gewählt werden. Durch entsprechende zusätzliche Stationen kann dieses Intervall noch verdichtet werden. Neben diesen Eingaben ist festzulegen, in welchem Fahrstreifen sich der Standpunkt (Fahrer) und in welcher Höhe sich das Auge (Höhe über der Fahrspur) befindet. Anders verhält es sich mit den Zielpunktstationen (Blickpunkte), da die Abstände zwischen den Blickpunkten direkt die Genauigkeit der Sichtweitenberechnung bestimmen. Bekannt ist, dass nahe Sichthindernisse die Ergebnisqualität deutlich mehr beeinflussen als weit entfernte Sichthindernisse. Folglich ist vor allem im Nahbereich zum Standpunkt mit deutlich engeren Zielpunktabständen zu arbeiten. Die Zielpunktabstände werden aber mit zunehmender Entfernung vom Standpunkt größer. Es ist zu schlussfolgern, dass solch ein Algorithmus mit gestaffelten Zielpunktabständen deutlich genauere Ergebnisse liefert als die früheren Algorithmen mit konstanten Abständen. Der prozentuale Fehler zwischen gemessenem und berechnetem Wert der Sichtweite nimmt mit zunehmender Sichtweite ab. Daraus folgt, dass der Zielpunktabstand in Abhängigkeit der notwendigen Genauigkeit (Abweichung) und der Sichtweite berechnet wird.

Die Genauigkeit der Sichtweitenberechnung wird über die zulässige Abweichung definiert und liegt zwischen 4 % und 9 %. Als Bezugssichtweite wird die sogenannte Basissichtweite = 50 m genutzt, wodurch gewährleistet ist, dass auch bei großen Sichtweiten (> 50 m) immer eine gleich hohe

Berechnungsgenauigkeit vorhanden ist. Bei Sichtweiten < 50 m kann es allerdings zu etwas größeren Ungenauigkeiten kommen, die jedoch auf absolut 4 m begrenzt sind.

Die weiteren Eingabeparameter, wie in *Abbildung 2* dargestellt, sind für beide Berechnungsrichtungen identisch und weitgehend selbsterklärend. Durch die genaue Definition des Zielpunktes (Blickpunktes) lassen sich ohne großen Aufwand die notwendigen technischen Sichtweiten berücksichtigen. Der maximale Abstand zwischen den Zielprofilen wird auf 12 m absolut begrenzt. Eine höhere Genauigkeit der Sichtweitenberechnung ist nicht erforderlich, da zum einen die Sichthindernisse im Datenbestand nur schematisiert existieren, zum anderen die praktische Ermittlung der vorhandenen Sichtweiten auch keine größere Genauigkeit zulässt.

Berechnungsmodell

Die Grundlage der Sichtweiten ist ein 3-dimensionales Berechnungssystem. Die vom Betrachterstandort vorhandene Grundrisstantangente der Linienführung und der Blickhorizont in der absoluten Aughöhe bilden die Bezugsachsen des örtlichen Koordinatensystems. Der Augpunkt ist der Koordinatenursprung. Daraus ergibt sich, dass alle benötigten Achs- und Zielpunkte über die polaren Entfernungen und Winkel in dieses örtliche Koordinatensystem transformiert werden müssen (siehe *Abbildung 3*). Nachdem dies für den Standpunkt berechnet wurde, sind die Achspunkte und der Zielpunkt des zweiten Zielprofils in das örtliche Koordinatensystem zu transformieren sowie die polaren Koordinaten (Winkel, Entfernung) zum Ursprung zu berechnen.

Anschließend erfolgt die Kontrolle, ob der Zielpunkt im nächsten Profil überhaupt noch sichtbar ist. Dazu wird eine horizontale Projektionsebene parallel zur x-Achse eingeführt (Abstand ist frei wählbar >0). Auf diese Ebene werden alle Profilmomente des ersten Profils und die Zielpunkte aus diesem und dem darauf folgenden Profil projiziert. Die Verbindung der Profilmomente ergibt eine verzerrte Abbildung des Querprofils (siehe *Abbildung 4*). Wenn die Verbindung der Zielpunkte diesen Profilmomente schneidet, dann liegt der Zielpunkt des nächsten Querprofils außerhalb des sichtbaren Bereichs. Liegen die beiden Zielpunkte innerhalb des Profilmomente ist der Zielpunkt des nächsten Querprofils vom Betrachterstandort aus sichtbar.

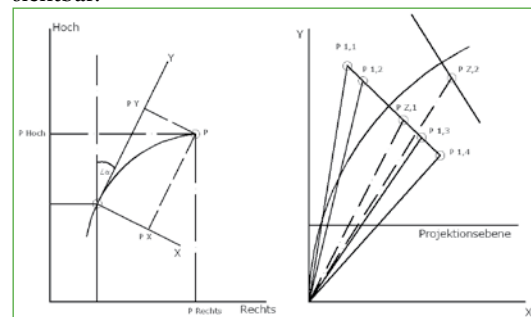


Abb. 3: Örtliches Koordinatensystem und Projektionsebene

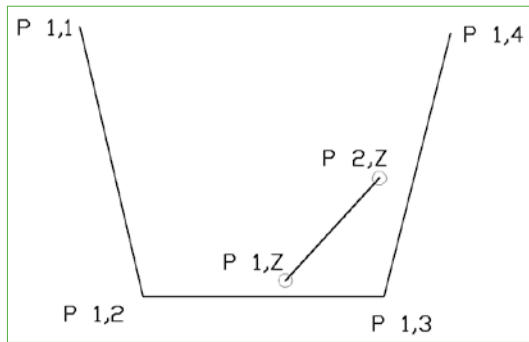


Abb. 4: Profillumriss und Zielpunktverbindung

Anschließend sind alle Punkte des zweiten Zielprofiles in das örtliche Koordinatensystem zu übertragen und in die Projektionsebene zu verschieben. Im Ergebnis ergibt sich aus den beiden projizierten Profilen ein neues Querprofil, das für die weitere Prüfung (mit dem 3. Zielpprofil) maßgebend ist. Diese erfolgt mit dem Zielpunkt des 3. Zielprofiles. Es wird offensichtlich, dass sich durch die Überlagerung der Zielpunkte das Sehfeld deutlich einengt und dieser Effekt mit wachsender Entfernung vom Standpunkt (Augpunkt) zunimmt (siehe Abbildung 5). Dieser Vorgang (erneute Prüfung mit immer wieder neu ermittelter Umrisslinie) wird so lange durchgeführt, bis entweder der Zielpunkt außerhalb der Umrisslinie liegt oder die vorgegebene Maximalsichtweite erreicht ist. Die Sicht auf den Zielpunkt ist dann bis zum davor geprüften Querschnitt vorhanden. Die Sichtweite berechnet sich so aus der Stationsdifferenz zwischen der Betrachter- und der vorletzten geprüften Zielpunktstation.

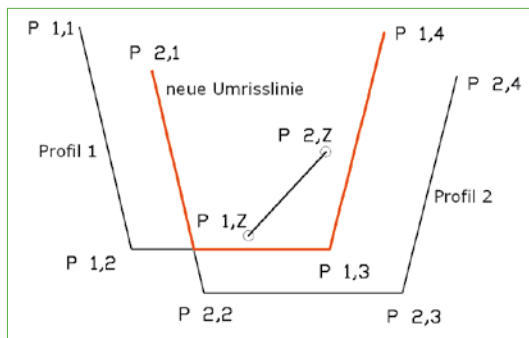


Abb. 5: Bildung der neuen Umrisslinie aus zwei aufeinanderfolgenden Zielpunkten

Einzel- und Linienhindernisse, die nicht im Querprofil definiert werden können, sind direkt aus dem Lageplan zu übernehmen. Langgezogene sichtbestimmende Hindernisse (meist Linienhindernisse) begrenzen die Umrisslinie an der jeweiligen Station auf das vorgegebene Maß. Schmale Einzelhindernisse (Masten, Bäume, Verkehrszeichen), die nicht dauerhaft sichtbehindernd sind, werden an der Station ihres Auftauchens in der Projektionsebene ebenfalls berücksichtigt. Wenn mehrere Einzelhindernisse einen größeren Bereich verdecken, wird die innere Begrenzung als neue Umrisslinie genutzt. Breitere Einzelhindernisse (Häuser, Brücken etc.) begrenzen die Umrisslinie an der jeweiligen Station auf das vorgegebene Maß.

Ergebnisausgabe

Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse erfolgt sowohl in Listenform als auch durch eine grafische Ausgabe in einem gesonderten Fenster mit Eigenschaftsbändern (siehe Abbildung 6). Die Listenausgabe umfasst die vorhandenen Sichtweiten (S_3) sowie gegebenenfalls jeweils eine Datei für die Haltesichtweite (H_3) und für die Überhalsichtweite (U_3). Der Inhalt dieser Dateien wird dazu verwendet, die entsprechenden Bänder im Höhenplan aber auch im Eigenschaftsfenster darzustellen.

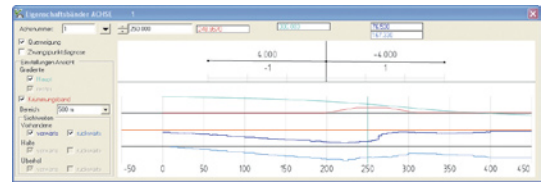


Abb. 6: Grafische Ergebnisausgabe in VESTRA

Das Eigenschaftsfenster besitzt eine Vielzahl unterschiedlicher Informationen und beinhaltet die kombinierte Darstellung achspezifischer Parameter in Bezug auf die Sichtweite. Das Fenster wird erstmalig nach der Sichtweitenberechnung erstellt und kann danach durch die Auswahl der Achse jederzeit wieder geladen werden. Das Eigenschaftsfenster ermöglicht Rückschlüsse hinsichtlich der Qualität des geometrischen Entwurfs.

Im Eigenschaftsfenster werden grafisch das Krümmungsband, die Hauptgradienten sowie die verschiedenen Sichtweiten in und entgegen der Stationierungsrichtung dargestellt. Optional können sowohl die Querneigungen im Querschnitt als auch vorhandene Zwangspunkte dargestellt werden. Abbildung 6 zeigt, dass die Informationen jeweils stationsbezogen ausgegeben werden. Mit dem Scrollrad oder der direkten Eingabe der Station kann man entlang der Trassierung alle maßgebenden technischen Parameter einsehen und bewerten. Gerade durch die Kopplung der Parameter aus dem Lageplan, Höhenplan und Querschnitt erhält der Anwender die Möglichkeit, Besonderheiten und Fehler im geometrischen Entwurf der Linienführung schnell zu erkennen und Korrekturen vorzunehmen.

Fazit

Der vorgestellte Algorithmus zur Ermittlung der vorhandenen Sichtweiten in VESTRA basiert auf einem bewährtem Verfahren, allerdings erweitert um den flexiblen Zielstationsabstand und die Klassifizierung der Einzelhindernisse. Einzelhindernisse werden dabei meist nicht im Querschnitt definiert, sondern ergeben sich aus Informationen des Lageplans in Verbindung mit dem gerechneten Geländemodell (DGM). Durch die Berechnung im dreidimensionalen Modell werden Einflüsse wie die räumliche Linienführung oder vorhandene Sichthindernisse entlang der Trasse berücksichtigt. Zudem ist es möglich, diesen Algorithmus auch auf die Berechnung weiterer abgeleiteter Parameter wie der Sichtschattentiefe und -länge zu nutzen. Die neuartige grafische Präsentation und die Ausgabe der Berechnungsergebnisse geben Auskunft nicht nur über Sichtweite entlang der Trasse, sondern liefern auch Aussagen hinsichtlich der Qualität des grafischen Linienentwurfs.