

Dipl. Ing. (FH) Franz Plöching, Tiefenbach, von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Kraftfahrzeugschäden und –bewertung sowie Verkehrsunfälle; Markus Heudecker, Fachhochschule der Bundeswehr, München; Alois Bredl, Fachhochschule Regensburg.

Optimierte Vermessung von Unfallstellen mit automatisierter Skizzenerstellung

Die Vermessung von Unfallörtlichkeiten in der Unfallrekonstruktion erfolgt in den meisten Fällen heute – wie vor Jahrzehnten - noch mit einfachsten Handvermessungsverfahren. Daraus ergeben sich in vielen Fällen nicht hinnehmbare Ungenauigkeiten sowie ein hoher Zeitaufwand für die Vermessung selbst und auch für die Erstellung einer Verkehrsunfallskizze. Die von der Polizei zur Verfügung gestellten Skizzen oder Vermessungsdaten lassen – falls vorhanden – häufig eine genaue Rekonstruktion nicht zu. Der Sachverständige ist daher darauf angewiesen, Unfallstellen selbst mit vertretbarem Zeitaufwand, jedoch trotzdem möglichst hoher Genauigkeit zu vermessen und aus den Vermessungsdaten eine Unfallskizze zu erstellen. Diese sollte möglichst in Dateiform in gängige Rekonstruktionssoftware einlesbar sein.

Der Einsatz genauerer Messgeräte scheiterte bisher an hohen Kosten und vor allem an zu hohem Nachbearbeitungsaufwand. Seit Jahren wurde daher im Ingenieurbüro Plöching versucht, eine praktikable Lösung für den Einsatz in der Unfallrekonstruktion zur optimierten Vermessung und Skizzenerstellung zu finden. In zwei Diplomarbeiten wurde untersucht, welche Vermessungssysteme und -verfahren zurzeit für den beschriebenen Einsatz geeignet sind.

Von entscheidender Bedeutung für die Rekonstruktion von Unfallabläufen ist die räumliche Unfallsituation. Die Rückrechnung von Geschwindigkeiten und weg-/zeitmäßigen Zusammenhängen steht und fällt mit der Zuverlässigkeit der zugrunde liegenden Wegstrecken und Entfernungen. Um eine Fehlbeurteilung zu vermeiden, ist in den meisten Fällen eine Besichtigung der Unfallörtlichkeit erforderlich, z.B. zur Aufnahme von Kontrollmaßen für die Auswertung und Entzerrung von Unfallfotos, zur Einmessung von Endstellungen oder zur Beurteilung der Sichtverhältnisse. Dabei stellt sich auch häufig das Problem, dass im fließenden Verkehr zu vermessen ist, was ein erhebliches Gefahrenpotential in sich birgt.

1. Bisherig übliche Vermessungsverfahren:

Sehr verbreitet und besonders geeignet für einfache Unfallsituationen ist nach wie vor die **Vermessung mit Handrad oder Maßband**. Ist auf einer geraden Strecke nur ein einfaches Spurenbild bei konstanter Fahrbahnbreite einzumessen, bieten sich dabei z. B. das Dreiecksmessverfahren oder das Rechteck-Koordinatenverfahren an. Auf eine Beschreibung dieser Verfahren wird an dieser Stelle verzichtet. Die erforderlichen Maße lassen sich bei einer einfach gelagerten Situation noch mit vertretbarem Aufwand und einfachen Zeichenoperationen entweder auf Papier oder den Bildschirm bringen. Hier vereinfachen auch Makros zur Erstellung einer

Fahrbahn oder einfachen Kreuzung, wie sie z.B. in PC-Crash enthalten sind, die Arbeit. Die dabei erzielbare Genauigkeit reicht hier meist aus.

Sind unregelmäßige Fahrbahnränder, Linksabbiegestreifen, Verkehrsinseln o.ä. zu berücksichtigen, ändert sich dies meist schlagartig: Der Zeitaufwand für die Vermessung steigt erheblich an, eine vor Ort angefertigte Handskizze wird meist unübersichtlich und ungenau und es besteht die Gefahr, dass wichtige Einzelmasse vergessen werden. Die Fehler summieren sich beim Dreieckverfahren, so dass hier zusätzliche Kontrollmaße erforderlich werden. Die Übertragung der Maße in eine brauchbare Unfallskizze erfordert vielfach einen unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand, der oft nicht voll in Rechnung gestellt werden kann.

Im gleichen Maß steigt die Unfallgefahr, da meist die Fahrbahn zur Vermessung nicht gesperrt werden kann. Die Arbeit mit dem Maßband wird häufig praktisch unmöglich, da dieses nicht über die Fahrbahn gespannt werden kann, ohne Verkehrsteilnehmer zu irritieren oder zu gefährden. Und die (diagonale) Vermessung mit dem Messrad mit ständigem Überqueren der Fahrbahn wird im fließenden Verkehr zum Glücksspiel.

Das so genannte **Messtischverfahren** erfordert den Einsatz von 2 Personen und wird vielfach bei der Polizei verwendet. Es ist praktisch nur bei gesperrter Unfallstelle anwendbar. Um die etwas umständliche Handhabung des Maßbandes zu vereinfachen, gibt es mittlerweile eine Weiterentwicklung unter Einsatz eines Lasermessgerätes in Verbindung mit einer Reflexionstafel zur Entfernungsmessung, die allerdings kaum im Einsatz ist. Der Nachteil des relativ hohen Zeitaufwandes (für 2 Personen) bleibt auch hier. Einschränkungen ergeben sich insbesondere durch Höhenunterschiede oder sonstige örtliche Gegebenheiten. Der Vermessungsradius ist aus Gründen der Genauigkeit eingeschränkt.

Die Rekonstruktion von Unfallabläufen erfolgt heute standardmäßig mit Hilfe von spezieller Software auf einer EDV-Anlage. Vorhandene Handskizzen müssen dazu eingescannt werden. Scan-Grafiken sind meist sehr speicherintensiv. Dies verlangsamt die Rechengeschwindigkeit. Die Skalierung der Grafiken erfordert zusätzliche Zeit und beinhaltet eine zusätzliche Fehlerquelle.

Häufig wird auf **photogrammetrische Auswertungen** zurückgegriffen. Insbesondere die Entzerrung von perspektivischen Fotos ist durch Software-Einsatz heute mit vertretbarem Zeitaufwand möglich. Vorteil ist dabei, dass die Fahrbahn an der Unfallstelle in allen Details und mit allen Spuren aufgenommen wird. Dies ist insbesondere bei zeitnaher Vermessung nach dem Unfall günstig. Da die Auswertetiefe bei vernünftigen Toleranzen dabei aber relativ gering ist, müssen häufig mehrere Fotos entzerrt und aneinandergereiht werden. Der erforderliche Zeitaufwand ist auch hier erheblich. Und zumindest die für die Entzerrung erforderlichen Bezugsmasse müssen an Ort und Stelle eingemessen werden. Wegen ansonsten erheblicher Fehler ist der Einsatz auf weitgehend ebene Fahrbahnbereiche beschränkt. Alle außerhalb der Fahrbahnebene liegenden Punkte können nur beschränkt ausgewertet werden und werden stark verzerrt dargestellt. Fehler ergeben sich auch aus Welligkeiten der Fahrbahn selbst und aus der Optik insbesondere von Weitwinkelobjektiven. Auch hier ist eine Vermessung zumindest verschiedener Bezugspunkte und somit eine Anfahrt zur Unfallstelle unvermeidbar.

In einer der Diplomarbeiten wurde der Einsatz weiterer Verfahren und Möglichkeiten untersucht. So wurden z.B. die per Internet verfügbaren Daten des Vermessungsamtes aus der regelmäßig alle 3 Jahre durchgeführten Geländebefliegung verwertet. Dabei erhält man – auch nach kostenpflichtigem Zugang für gesteigerte Genauigkeit – per Internet eine – allerdings bis zu 3 Jahre alte - Draufsichtdarstellung der Unfallstelle in einer Auflösung von ca. 0,5 m. Diese ist nicht für eine in der Unfallrekonstruktion ausreichend genaue Darstellung geeignet. Noch brauchbar ist die Darstellung für Übersichtsdarstellungen oder die Abnahme einzelner Grobmaße vor allem bei größeren Entfernungen oder die Bestimmung von Kurvenradien.

Ähnliche Einschränkungen ergeben sich auch aus dem Einsatz von Satellitenfotos z.B. über „Google-Earth“. Auch hier ist die Auflösung für genauere Analysen nicht befriedigend. Es wurde festgestellt, dass teilweise urbane Bereiche in höherer Auflösung dargestellt sind als Außerortszonen. Auch hier sind Details wie Markierungen, Verkehrsinseln, Gebäude oder sonstige, veränderliche Details wegen der teils veralteten Darstellungen erst nach genauer Überprüfung zu übernehmen. Eine Besichtigung der Unfallörtlichkeit ist daher in den meisten Fällen ebenfalls erforderlich.

2. Moderne, digitale Vermessungssysteme

Für den Einsatz in der Unfallrekonstruktion sind grundsätzlich verschiedene digitale Vermessungsverfahren geeignet.

Das **Laser-Scan-Verfahren** ist in absehbarer Zeit auf Grund der erheblichen Kosten im sechsstelligen Euro-Bereich und des erheblichen Nachbearbeitungsaufwandes auf den Forschungsbereich oder spezielle Einsätze beschränkt. Vorteil ist hier die dreidimensionale Aufnahme des gesamten Szenarios einschließlich aller Gebäude, Bäume und sonstigen Objekte in Form von Punktwolken. Durch mehrmalige Aufnahme von unterschiedlichen Punkten aus erhält man ein komplettes räumliches Abbild der Unfallstelle einschließlich der gesamten Peripherie (Bewuchs, Sichthindernisse, Böschungen u.a.). Durch Kombination mit digitalen Fotos kann die optische Darstellung verfeinert werden. Allerdings ist der Aufwand zeitlich und finanziell im Regelfall für die Unfallrekonstruktion zurzeit nicht vertretbar.

Vermessungssysteme auf Basis des **GPS-Verfahrens** (satellitengestützte Vermessung) werden ebenfalls auf dem Markt angeboten. Die hiermit erzielbare Genauigkeit übertrifft bei ausreichenden Empfangsbedingungen die in der Unfallrekonstruktion erforderliche Genauigkeit deutlich. Allerdings gibt es hier zum Teil erhebliche Einschränkungen, falls eine ausreichende Zahl von Satelliten nicht zur Verfügung steht (Abschattung durch Bäume, Gebäude, Gelände) oder diese in ungünstiger Konstellation zueinander stehen. Ein Einsatz dieser Systeme ist nach Einschätzung des Autors daher erst praktikabel, wenn mit Hilfe neuerer Satellitensysteme wie z.B. Galilei und möglicherweise eine Kombination verschiedener Systeme die Abdeckung verbessert wird.

Beim **Theodoliten-Lasermessverfahren** werden Vermessungspunkte in Form von Polarkoordinaten abgespeichert und können später in Dateiform ausgegeben werden. Derartige Geräte werden z.B. in der Geländevermessung eingesetzt. Die

Genauigkeit liegt auch bei größeren Entfernungen im Millimeterbereich. Als Hersteller sind hauptsächlich zwei große Firmen auf dem Markt: Trimble und Leica Geosystems. Entscheidender Vorteil ist – wie auch beim GPS-Verfahren - die **dreidimensionale Vermessung** aller relevanten Punkte in einer Genauigkeit, die in Bezug auf die Unfallrekonstruktion über alle Zweifel erhaben ist. Der Vermessungsbereich der verwendeten Geräte reicht in der verwendeten Version über einen Radius von ca. 500 m und ist damit auch für längere Unfallstellen bei Hochgeschwindigkeitsunfällen ohne Neustationierung geeignet.



Bild 1: Einsatz einer Theodolitenmeßstation bei der Unfallstellenvermessung

Die Systeme sind sowohl in kostengünstiger Zweimann-Version als auch in Form einer sogenannten „Robotic-Totalstation“ als Einmann-Version mit automatischer Verfolgung des vom Vermesser mitgeführten Prismenstabes erhältlich. Aufbau und Stationierung des Messgerätes (meist an erhöhter Stelle zur Sicherstellung des Sichtkontaktes zwischen Vermessungsstation und Prisma) auf einem Dreibeinstativ sind innerhalb weniger Minuten abgeschlossen. Dann beschränkt sich der Vermessungsaufwand darauf, die Unfallstelle abzugehen, den Prismenstab am Messpunkt lotrecht auszurichten und den Punkt durch Tastendruck abzuspeichern. Die Lage der Messpunkte wird auf einem beleuchtbaren Display sofort zoombar angezeigt. Die Geräte sind wasserfest konstruiert und können auch bei Dunkelheit und widrigen Witterungsbedingungen eingesetzt werden. Die Vermessungstätigkeit dauert auch bei aufwändigeren Unfallstellen nach kurzer Einarbeitung selten länger als 30 Minuten.

Mit Hilfe der optionalen „**reflektorlosen Messung**“ kann eine Vermessung von erhöhtem Standort (z.B. Böschung, Brücke, Gebäude) durchgeführt werden, ohne die Fahrbahn zu betreten. Dabei werden Punkte mit markanten

Kontrastunterschieden optisch anvisiert und vom System erkannt. Die Einmessung erfolgt ebenfalls über das Laserverfahren. Dieses Messverfahren ermöglicht eine völlig gefahrlose Vermessung bei fließendem Verkehr und ist damit ein entscheidender Vorteil im Hinblick auf die Verkehrssicherheit und die Sicherheit des Vermessers.

Erste Versuche mit derartigen Lasersystemen ergaben immer noch einen relativ hohen Zeitaufwand besonders für die Nachbearbeitung, da die einzelnen Punkte in einer Bearbeitungssoftware zu Linienzügen verbunden werden mussten. Daher wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, um den Nachbearbeitungsaufwand zu minimieren und die Handhabung der Geräte für den speziellen Einsatzzweck zu optimieren. Da vom Mitbewerber keine Unterstützung geboten wurde, beschränkte sich die Weiterentwicklung und Optimierung auf Geräte der Fa. Leica-Geosystems, speziell das System TPS 1200.



Bild 2: Leica TPS 1200 mit Prismenstab und Fernbedienung

Mit Hilfe dieses Systems konnte der Eingabeaufwand bei der Vermessung durch Neubelegung von Funktionstasten auf der Bedieneinheit auf ein Minimum beschränkt werden. Die Codierung der Vermessungspunkte ermöglicht bereits bei der Vermessung die Anlage von Punkten, Linien und Flächen. Diese werden je nach Code automatisch mit Details wie Strichstärke, Farbe oder Layer versehen und nach

Einlesen in die Auswertesoftware automatisiert mit diesen Eigenschaften als dxf-Datei ausgegeben.

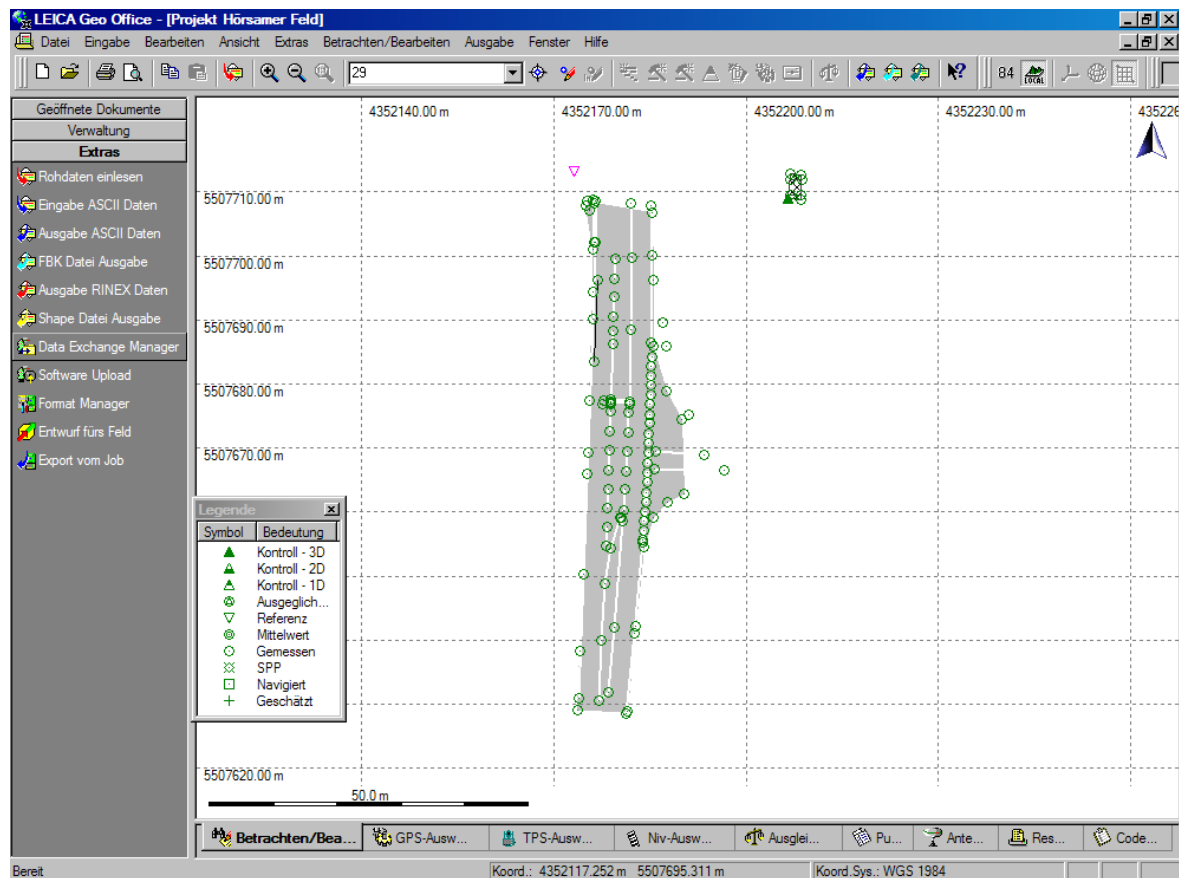


Bild 3: Beispiel einer Rohskizze nach Einlesen der Messdaten in die Ausgabesoftware „Leica Geo Office“

Die Ausgabe wurde mit freundlicher Unterstützung durch die Fa. DSD Datentechnik, Linz, für den Import in die Simulationsoftware „PC-Crash“ optimiert. Die damit erstellte Unfallskizze ist mit den codierten Vermessungspunkten bereits so angelegt, dass die Fahrbahnoberfläche in grauer Farbe, Verkehrsinseln, Bankett- und Böschungsbereiche in grün, Leitlinien in weiß und Reifenspuren schwarz dargestellt werden. Die Fahrbahn ist als Fläche angelegt, Spuren und Leitmarkierungen als Linien, Begrenzungspfosten o.ä. als Punkte. Markante Details wie Kanaldeckel oder Fahrbahnbesonderheiten können als Polygonzug in Linienform erfasst werden.

Die Codierung kann vom Anwender nach Belieben verändert, ergänzt und angepasst werden. Natürlich lassen sich auch (Sicht-)Hindernisse und sonstige, dreidimensionale Körper problemlos erfassen. Die Handhabung ist insgesamt so einfach, dass Vermessungsarbeiten nach kurzer Einarbeitung auch von angelernten Hilfskräften durchgeführt werden können.

Die Skizze ist bereits nach der Ausgabe durch die Vermessungssoftware als Rohskizze ohne nennenswerten Nachbearbeitungsaufwand nahezu fertig.

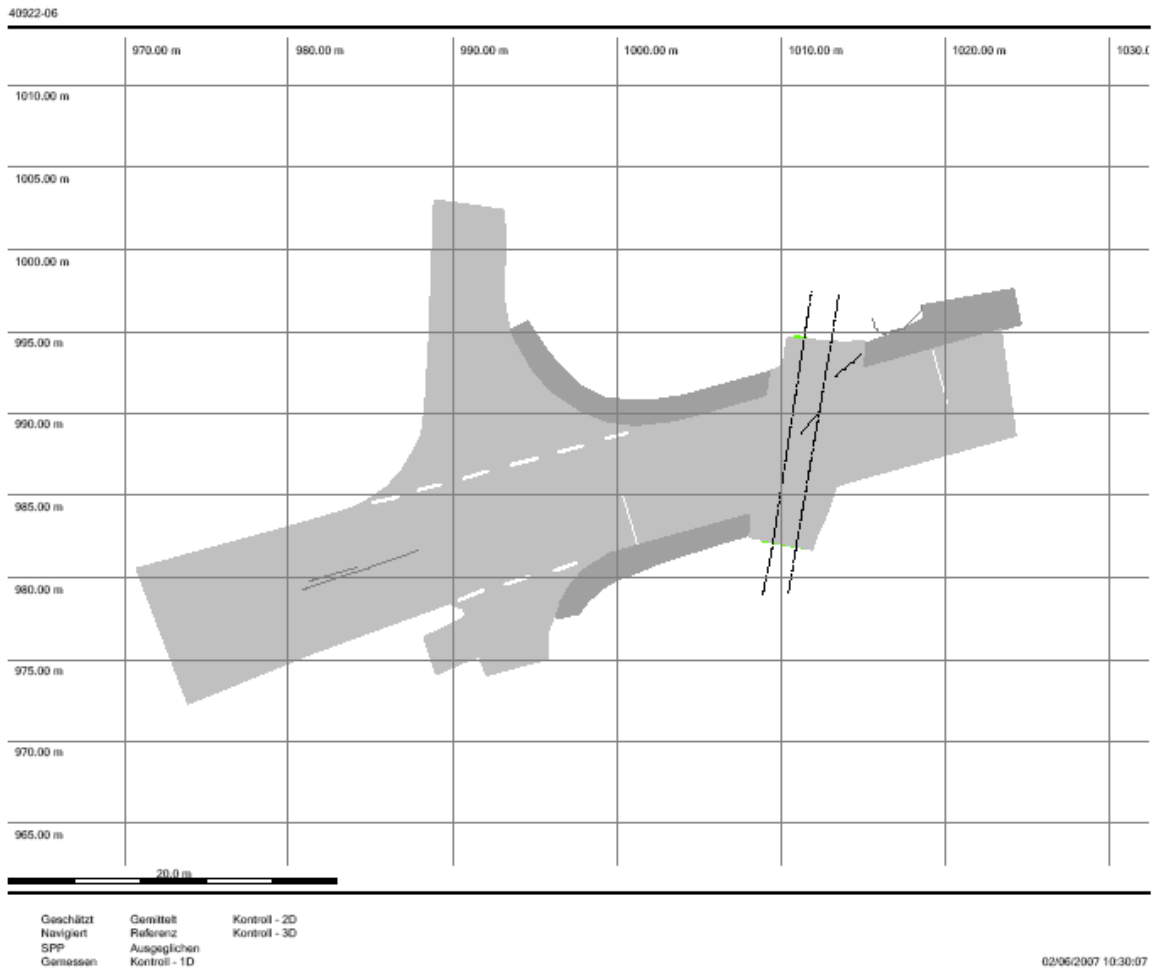


Bild 4: Beispiel Rohskizze in Ausgabeform aus „Leica Geo-Office“

Nach dem Einlesen in PC-Crash (oder in ein anderes Zeichenprogramm bzw. CAD) können Feinheiten mit Hilfe der dort verfügbaren Zeichenfunktionen ergänzt und die Skizze innerhalb weniger Minuten fertig gestellt werden. Durch die Vorgabe verschiedener Layer ist z.B. das Ausblenden der Fahrzeug-Endstellungen nach Einladen der Fahrzeugmodelle problemlos möglich. Details können nachträglich verändert oder eingefügt werden. Eine Beschriftung ist einfach. Der Zeitaufwand für die Erstellung der Unfallskizze reduziert sich damit auf ein Minimum. Nach dem Einlesen in PC-Crash kann sofort mit der Unfallsimulation in der in vielen Fällen ausreichenden 2D-Darstellung (Draufsicht) begonnen werden.

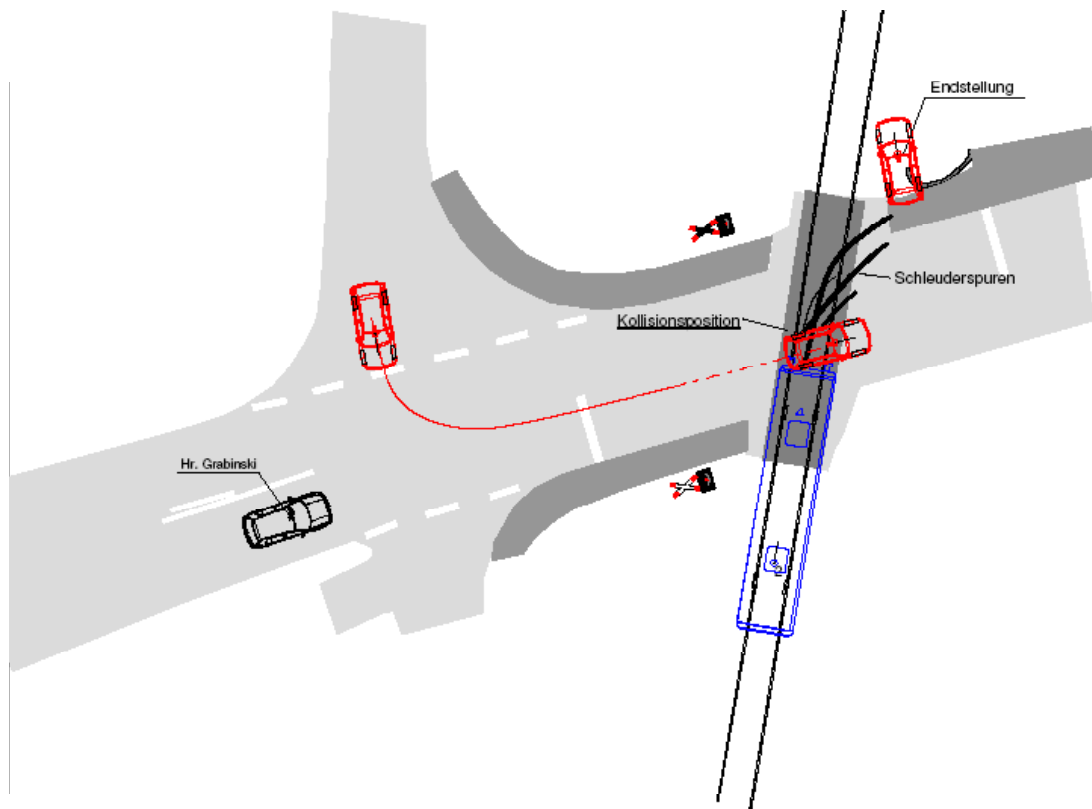


Bild 5: Beispiel der Unfallskizze nach Einlesen in PC Crash, Ergänzung von Details und Beschriftung sowie Einladen der Fahrzeuge

Die Ausgabe der dxf-Skizze kann alternativ auch dreidimensional mit z-Koordinaten aller Vermessungspunkte erfolgen, falls eine 2D-Simulation nicht ausreichend ist. PC-Crash stellt diese räumlichen Koordinaten dar. Um die Höhenunterschiede auch für die Simulation zu berücksichtigen, lässt sich die Fahrbahn mit Hilfe der Funktion „Triangulieren“ dreidimensional einbinden. Die Fahrbahnfläche wird mit dieser Funktion in Dreiecke (Neigungspolygone) aufgeteilt. Je nach Dichte der Messpunkte wird dadurch eine mehr oder weniger exakte Nachbildung der Oberfläche erreicht. Bei der Simulation der Bewegungsabläufe werden dann Steigung, Kuppen, Senken oder Kurvenüberhöhungen automatisch berücksichtigt. Dies kann die Genauigkeit der Rekonstruktionsergebnisse erheblich verbessern.

In jedem Fall führt die Verwendung derartig genauer Grundlagen zu einer sichereren und damit unangreifbareren Aussage im Gutachten. Nur bei entsprechend genauer Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten lassen sich z.B. zurückgelegte Wegstrecken für die weg-zeitmäßigen Zusammenhänge genau ermitteln. Aus Radien von Fahrbahn oder dem Verlauf von Drift- und Schleuderspuren kann z.B. auch die Geschwindigkeit mit höherer Genauigkeit rekonstruiert werden.

3. Zusammenfassung:

Die Vermessung von Unfallstellen per Hand und die Erstellung einer Skizze durch Übertragung dieser Einzeldaten erscheint außer bei sehr einfachen Unfallsituationen nicht mehr zeitgemäß und wird dem Einsatz der EDV in der Unfallrekonstruktion nicht

gerecht. Bisher war der Einsatz digitaler Messtechnik jedoch vor allem wegen des hohen Zeitaufwandes nicht wirtschaftlich.

Im Ingenieurbüro Plöchinger wurde in mehrjähriger Entwicklungsarbeit unter Mitwirkung der Fa. Leica Geosystems sowie der Fa. DSD Datentechnik, Linz, die Vermessung und Erstellung einer Unfallskizze mit einer Laser-Totalstation TPS 1200 für den Einsatz in der Unfallrekonstruktion optimiert. Dabei wurde mit Hilfe einer geänderten Belegung von Funktionstasten und einer Codierung der Messpunkte mit Hilfe der Software Leica eine Ausgabe der Rohskizze im dxf-Format erzielt. In dieser Rohskizze sind beispielsweise Fahrbahn, Verkehrsinseln, Markierungen und Unfallspuren in der Darstellung bereits als Punkt, Linie oder Fläche dargestellt und farblich sowie mit unterschiedlichen Strichstärken vorbelegt. Die Anlage der verschiedenen Codes erfolgt in unterschiedlichen Layern, um eine Nachbearbeitung mit Zeichenprogrammen oder in PC-Crash zu erleichtern. Alle Codierungen sind individuell veränderbar. Eine Schnittstelle zur Simulationssoftware PC-Crash wurde geschaffen und damit ein weiteres Zeitersparnis für den Sachverständigen erzielt.

Mit dieser rationellen Vermessungslösung wird der Sachverständige erheblich entlastet und kann sich vermehrt auf die eigentlichen Aufgaben in der Unfallanalyse konzentrieren. Der Zeitaufwand für die Vermessung liegt bereits bei einfachen Unfallstellen nicht über dem einer Handvermessung. Je komplizierter die Unfallörtlichkeit ist, desto höher ist der Zeitvorteil und – in vielen Fällen noch wichtiger – der Gewinn an Genauigkeit. Dieser liegt bei einem Einsatzradius von bis zu 500 m im Zentimeterbereich. Der Aufwand für die Erstellung einer Unfallskizze ist minimal. Die Vermessung kann nach kurzer Einarbeitung auch durch Hilfskräfte erfolgen.

Ein entscheidender Sicherheitsgewinn ergibt sich daraus, dass die Anzahl der Fahrbahnüberquerungen bei der Vermessung erheblich reduziert wird. Dies ermöglicht auch eine nachträgliche Fahrbahnvermessung im fließenden Verkehr mit minimiertem Gefährdungspotential für den Vermesser. Bei viel befahrenen Straßen bietet sich eine weitere Möglichkeit: Nach Wahl eines erhöhten Standortes, von dem aus die Unfallstelle eingesehen werden kann (z.B. Brücke, Böschung, Gebäude) kann die Vermessung mit Hilfe der „reflektorlosen Messung“ sogar vollständig ohne Betreten der Fahrbahn erfolgen.

Insgesamt betrachtet sichert der Einsatz eines digitalen Meßsystems die Genauigkeit der gutachtlichen Aussage ab und ermöglicht eine rationelle und EDV-gerechte Vermessung und Skizzenerstellung bei gleichzeitigem Sicherheitsgewinn. Je nach Einsatzhäufigkeit und Investitionsbereitschaft des Sachverständigen bieten sich verschiedene Ausbaustufen des Vermessungsgerätes vom einfachen Laser-Theodoliten bis hin zur motorisierten Robotic-Station mit automatischer Verfolgung des Messprismas und Einmann-Bedienung per Fernsteuerung an.