

4.1 Vermessung von Unfallstellen

Die Vermessung der Unfallstelle erfolgt entweder direkt bei der Unfallaufnahme (dann mit komplettem Spurenbild) oder aber erst lange Zeit nach dem Unfall als Grundlage für die Rekonstruktion. Bei der Unfallaufnahme ist die beweisichere Dokumentation aller relevanten Spuren erforderlich, für die reine Rekonstruktion genügt das Vermessen der Unfallörtlichkeit.

Gleich, ob die Aufgabe das Einmessen der Spuren beinhaltet oder nicht, die Vermessungsmethoden sind dieselben. Im Folgenden geht es um die Verfahren, mit denen eine Unfallörtlichkeit so vermessen wird, dass eine maßstabgerechte (CAD-) Zeichnung entstehen kann. Das Auffinden und Sichern von Spuren hingegen wird im Kapitel «Unfallaufnahme» erläutert.

4.1.1 Vorsicht!

Bei der Vermessung einer Unfallstelle muss die Fahrbahn häufig betreten werden. Auch wenn man sich nur am Fahrbahnrand aufhält, stellt der fließende Verkehr doch eine stete Gefahr für den Vermesser dar. Beim Aufenthalt im Bereich der Fahrbahn ist deshalb immer Warnkleidung zu tragen. Vor der Messstelle darf nach § 38 StVO mit einer gelben Blinkleuchte (Rundumleuchte) gewarnt werden. Entsprechende Leuchten gibt es mit Magnethalterung auch für das Fahrzeugdach. Bei der Vermessung sollten die «Sicherheitsregeln Vermessungsarbeiten» [B1] beachtet werden.

Eine Vermessung auf der Autobahn kann nur im Rahmen der Unfallaufnahme durchgeführt werden, solange die Autobahn noch wegen des Unfalls gesperrt ist. Da das Halten auf Autobahnen grundsätzlich verboten ist, muss für die Vermessung von Autobahnstücken ggf. auf fotogrammetrische Verfahren zurückgegriffen werden. Für Vermessungen auf Privatgeländen ist das Einverständnis des Grundstückseigentümers einzuholen, so etwa bei Unfällen auf Werksparkplätzen und Tankstellengeländen.

4.1.2 Ausrüstung

Als Grundausrüstung werden benötigt:

- Messrad
- Messband (50 m)
- Peilkompass
- Feldbrett, Papier, Stift
- Kreide
- Landkarte oder Navigationssystem

- Warnweste.

Mit diesen wenigen Geräten lassen sich die meisten Messaufgaben bereits bewältigen.

Messbänder gibt es in Metall- und Glasfaserausführung. Die Glasfaserausführung ist unempfindlicher gegen das Überfahren durch Einsatzfahrzeuge.

Normale Kreide (Tafelkreide) ist im Gegensatz zu Signierkreide (Wachskreide) nicht wasserfest. Großformatige Kreidestücke werden als «Polizeikreide» in normaler oder geölter Ausführung gehandelt; die geölte Kreide ist wasserfest. Weiße Kreide ist später auf Fotos oft nur schlecht von Kratzspuren zu unterscheiden. Sie sollte nur dann verwendet werden, wenn an der Unfallstelle von der Polizei zuvor schon mit gelber Kreide markiert wurde.

Beim Papier ist darauf zu achten, dass es möglichst wasserfest ist, um auch bei Regen noch Notizen machen zu können. Einfaches Papier ist dann geeignet, wenn es für die Verwendung in Tintenstrahldruckern empfohlen wird. Es gibt auch völlig wasserfeste Papiere auf PE-Basis, die allerdings relativ teuer und schwer zu beschaffen sind (z.B. Polyart, Teslin). Kugelschreiber mit Gasdruckminen (z.B. Fisher Space Pen) schreiben auch bei Regen auf feuchtem Papier; die PE-Papiere können auch nass mit Bleistift beschriftet werden.

Häufig gebraucht werden bei der Vermessung auch:

- Hammer, Putzhaken
- Geometer-Messstab
- Taschenlampe
- Laser-Entfernungsmesser, Dosen (als Ziel)
- Laser-Wasserwaage, Neigungsmesser
- Leitkegel.

Putzhaken (aus dem Baumarkt) können z.B. am Fahrbahnrand eingeschlagen werden, um das Messband zu fixieren. Die Zeichnungen werden üblicherweise auf dem PC mit einem CAD-Programm erstellt; für die Belange der Unfallrekonstruktion genügen dabei relativ einfache Zeichenprogramme.

4.1.3 Wo liegt die Unfallstelle?

Auch die beste Ausrüstung erweist sich als nutzlos, wenn die Unfallstelle nicht gefunden oder gar die falsche vermessen wird. Zweitgenanntes kann durchaus passieren, weil sich die Angabe zur Lage der Unfallstelle in der Verkehrsunfallanzeige (z.B. km 1,25) bisweilen als nicht eindeutig herausstellt. Mit der Umstellung der «alten» Kilometrierung zur «neuen» abschnittswisen Stationierung der Straßen (Netzknottensys-

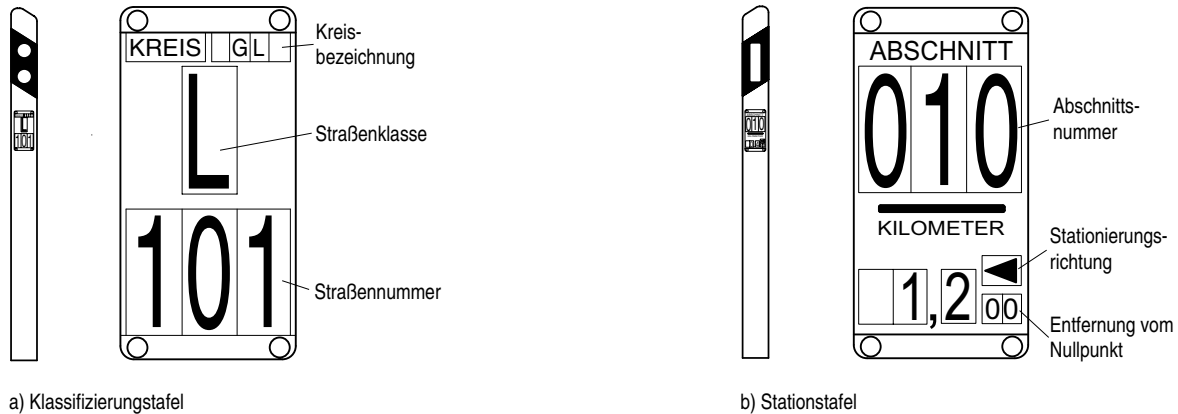


Abb. 4.1.1: Kilometrierung nach neuer Vorschrift

tem) sollen die Angaben nunmehr bundesweit einheitlich werden [B4]. Einige Bundesländer haben die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen herausgegebene Anweisung Straßeninformationsbank (ASB) bereits umgesetzt, z.B. NRW, Bayern, Schleswig-Holstein, Brandenburg. Andere Bundesländer hinken noch hinterher, z.B. Niedersachsen. Für einige Bundesländer können die Daten des Straßennetzes online im Internet abgefragt [G1, B5] werden (Stand 2006). In jedem Fall können Daten des Straßennetzes jedoch beim Landesvermessungsamt des jeweiligen Bundeslandes als digitale Karte angefordert werden.

Die Straßen werden gemäß ASB nicht mehr wie bisher in einem Zug starr durchkilometriert (mit Kilometersteinen), sondern in Abschnitte unterteilt. Ausgenommen hiervon sind Gemeindestraßen, bei denen sich die Unfallstelle jedoch i.d.R. aus dem Straßennamen und dem Abstand zur nächsten Kreuzung, Einmündung etc. ergibt. Die Begrenzung eines Abschnitts erfolgt durch zwei Netzknoten, die als Verknüpfungspunkte des Straßennetzes i.d.R. in der Mitte von Kreuzungen und Einmündungen liegen. Der Netzknotenpunkt wird mit einer siebenstelligen Netzknotennummer kodiert:

- Stelle 1 – 4 gibt die Kartenblattnummer der Topographischen Karte 1:25.000 an.
- Stelle 5 – 7 die Nummer des Netzknotens innerhalb des Kartenblatts und im Verlauf der Straße.

Markiert werden die Straßenabschnitte durch Stationszeichen, die aus einer Klassifizierungstafel und einer Stationstafel bestehen. Diese Tafeln sind am Fahrbahnrand i.d.R. an einem Leitpfosten angebracht, Abb. 4.1.1. Auf der Klassifizierungstafel steht neben der Kreisangabe (z.B. GL) die Straßenbezeichnung (z.B. L 101), auf der Stationstafel die Num-

mer des Abschnitts (z.B. 010) und die Strecke vom Netzknoten bis zum Standort der Tafel (z.B. 1,200 km). Zusätzlich zeigt bei neueren Stationstafeln ein Pfeil die Stationierungsrichtung an.

Eine Unfallstelle ist somit eindeutig definiert durch

- Straßenklasse (z.B. L für Landstraße)
- Straßennummer (z.B. 101)
- Abschnittsnummer (z.B. 010)
- Stationskilometer (z.B. 1,200 km)

Diese Informationen sollten sich in der Verkehrsunfallanzeige der Polizei finden, sofern sie vollständig ausgefüllt wurde, was jedoch nicht immer der Fall ist. Dann helfen ggf. in den Akten vorhandene Fotos, die Unfallstelle zu identifizieren. Hinweise auf die Lage der Unfallstelle können auch die in der Verkehrsunfallanzeige angegebenen Fahrtrichtungen der Beteiligten geben.

Wird die Unfallstelle noch mit dem althergebrachten System definiert, so ist darauf zu achten, ob die Kilometrierung der Straße auch tatsächlich durchgehend ist. Im Idealfall gibt es jeden Straßenkilometer nur einmal, wie z.B. auf Bundesautobahnen, die von ihrem Beginn bis zum Ende in einem Zug mit Kilometer tafeln (i.d.R. alle 500 m) beschildert sind. Probleme können sich aber ergeben, wenn z.B. eine Umgehungsstraße gebaut oder der Anfang der Straße verlängert wurde. Mitunter beginnt die Kilometrierung an größeren Kreuzungen auch wieder bei Null.

4.1.4 An der Unfallstelle

Generell sollte man vor der eigentlichen Vermessung zunächst eine grobe Skizze der Örtlichkeit fertigen. Bereiche,

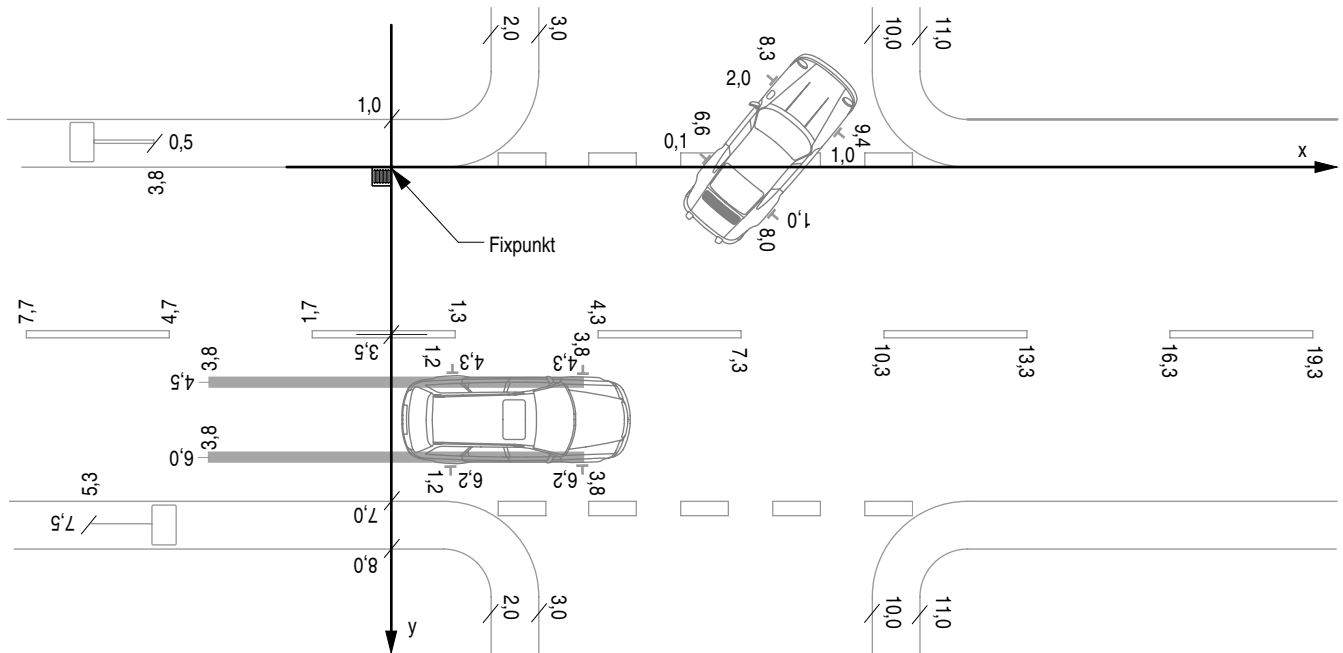


Abb. 4.1.2: Antragen der Maße in einer Vermessungsskizze

in denen viele Maße aufgenommen werden sollen, sind dabei überproportional groß zu zeichnen; auf Maßhaltigkeit kommt es in diesem Schritt noch nicht an. Wichtig ist die Wahl eines geeigneten Bezugspunkts, auf den sich die Maße beziehen. Dieser Fixpunkt sollte möglichst in der Nähe des vornehmlich interessanten Bereichs (meist der Kollisionsort) liegen und unverrückbar sein. Geeignete Bezugspunkte sind damit:

- Stationstafeln (früher: Kilometersteine)
- Gebäudeecken
- Kanal- und Gullydeckel
- Schnittpunkte von Fahrbahnen.

Weniger geeignet sind Verkehrsschilder, die z.B. nach einer Beschädigung an einem anderen Ort neu aufgestellt werden können.

Im nächsten Schritt ist es meist hilfreich, eine gerade Bezugskante auszumachen, oft ein Fahrbahnrand oder eine Fahrbahnmarkierung. Selbst wenn sich die Straße weitet, um etwa einem Linksabbiegerfahrstreifen Platz zu schaffen, verläuft ein Fahrbahnrand meist weiter gradlinig. Auch wenn sich für die Örtlichkeit insgesamt kein geeignetes kartesisches Koordinatensystem finden lässt, verfügen Einzelberei-

che über gerade Bezugslinien, deren Schnittpunkte und relative Winkellage bestimmt werden können.

Nach diesen Vorbereitungen kann die Vermessung starten. Wie aber bringt man alle Messergebnisse auf einem DIN-A4-Blatt unter? Wer sich nun an sein Studium erinnert, wo technische Zeichnungen akribisch mit Maßpfeilen versehen wurden, und das Gelernte auf das Protokollieren der Vermessung übertragen will, hat im Prinzip schon verloren: Dieser Versuch endet meist in einem Wust von Hilfslinien, verteilt auf zig Seiten Papier. Als praktikabel erweist sich hingegen, auf Maßpfeile komplett zu verzichten und diese durch orientierte Maßzahlen zu ersetzen, Abb. 4.1.2. Zum besseren Verständnis ist in der Abbildung ein Koordinatensystem eingezeichnet, auf dessen Darstellung man bei der Handskizze selbstverständlich verzichtet. Während der Vermessung wird die Skizze immer so gedreht, dass die Achse, auf die sich der Messpunkt bezieht, in Gehrichtung liegt. Das Maß wird dann auf dem Vermessungsprotokoll in Gehrichtung notiert. Die Orientierung der Maßzahl gibt damit gleichzeitig die Gehrichtung, ausgehend vom Nullpunkt, an. Auf das Vorzeichen der Maßzahl kann also verzichtet werden. Mit diesem Kniff gelingt es auch bei komplexen Unfallstellen, das Ergebnis der Vermessung auf einen DIN-A4-Blatt unterzubringen, ohne dass beim anschließenden Zeichnen Interpretationsprobleme auftreten.

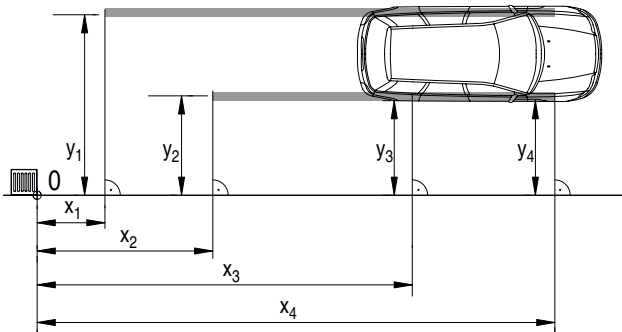


Abb. 4.1.3: Rechtwinkelkoordinaten

Wem das häufige Drehen des Feldbretts lästig erscheint, kann die Maße auch mit Vorzeichen in das Vermessungsprotokoll übertragen. In diesem Fall hat es sich bewährt, den Bezugspunkt so zu wählen, das in x-Richtung nur positive Werte gemessen werden. Für die y-Richtung werden alle Maße auf der linken Seite der x-Achse positiv, auf der rechten Seite der x-Achse negativ notiert. Hierbei muss man sich aber zwingen, das Vorzeichen konsequent zu notieren, sonst kann es beim Zeichnen der Unfallstelle zu bösen Überraschungen kommen.

4.1.5 Allgemeine Messverfahren

CAD-Zeichnungen beruhen auf kartesischen Koordinaten, sodass es zunächst nahe liegt, auch bei der Vermessung kartesische Koordinaten zu verwenden. Bei geradem Fahrbahnverlauf ist dies sicher die geeignetste Methode, bei gekrümmtem Verlauf oder fehlenden (geraden) Bezugslinien bieten sich jedoch andere Verfahren an. Prinzipiell geeignet ist jedes Verfahren, bei dem pro Messpunkt zwei Koordinaten erfasst werden. Diese lassen sich bei der Eingabe (teilautomatisiert) in kartesische Koordinaten umrechnen.

4.1.5.1 Rechtwinkelkoordinaten

Rechtwinkelkoordinaten bieten sich an, wenn der Verlauf der maßgeblichen Fahrbahn weitgehend gerade ist, Abb. 4.1.3. Für die Messung in Längsrichtung (x-Achse) wählt man eine gerade Bezugslinie, z.B. einen Fahrbahnrand. Dann legt man den Bezugspunkt fest. Bei innerstädtischen Unfallstellen bereitet die Wahl des Bezugspunkts meist keine Mühe, da es an Häuserecken, Kanaldeckeln etc. nicht mangelt. Bei ländlichen Unfallstellen kann der Bezugspunkt (z.B. die Stationstafel) aber sehr weit von der eigentlich interessanten Stelle entfernt liegen. Dann sollte man einen Hilfspunkt als Bezug verwenden, entsprechend markieren und diesen dann in Bezug auf den unveränderlichen Bezugspunkt einmessen. So spart man sich lange Wege bei der Vermessung der Unfallstelle.

Als Referenzgröße in Längsrichtung kann – besonders bei nicht allzu ausgedehnten Unfallstellen – ein Messband ausgelegt werden. Für ausgedehntere Unfallstellen wird meist ein Messrad für das Messen entlang der x-Achse verwendet: Vom Nullpunkt ausgehend werden zuerst alle Messpunkte in Längsrichtung vermessen. Man rollt dabei das Messrad über die x-Achse und notiert fortlaufend die Abstände der einzelnen Messpunkte vom Nullpunkt, wenn das Messrad jeweils die Senkrechte durch die Nulllinie und den Messpunkt erreicht hat.

Die Vermessung in Querrichtung (y-Achse) erfolgt senkrecht zu der gewählten Geraden; es wird also der senkrechte Abstand des Messpunkts zur Bezugslinie (z.B. Fahrbahnmarkierungslinie) gemessen. Die Senkrechte durch die Bezugslinie wird mittels Augenmaß bestimmt. Eine Markierung und Nummerierung der Messpunkte auf der Bezugslinie erleichtert das anschließende Vermessen in Querrichtung. Das Quermaß wird mit dem Messrad für jeden Messpunkt von der Bezugslinie gemessen.

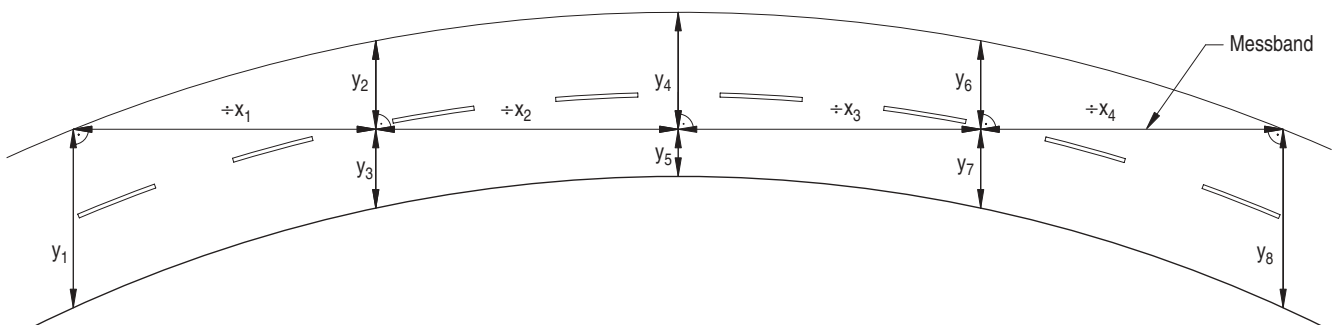


Abb. 4.1.4: Kurvenvermessung mit Rechtwinkelkoordinaten

Das Rechtwinkelkoordinaten-Verfahren eignet sich besonders für lange, gerade Unfallstellen. Ist der Kurvenradius sehr groß, kann auch eine vereinfachte Vermessung – und ggf. auch Darstellung – der Kurve als gerade Strecke erfolgen. Bei solcher Vereinfachung darf in der Zeichnung der Hinweis auf die Kurveneigenschaft dann jedoch nicht fehlen.

Für die Vermessung in Kurven ist das Rechtwinkelkoordinaten-Verfahren bedingt geeignet. Die Messpunkte lassen sich aber bei stark gekrümmter Bezugslinie – zwar mit zusätzlichem Aufwand – in die Zeichnung übertragen, wenn der Radius der Bezugslinie ermittelt wird, z.B. aus einem Luftbild, einer Querbeschleunigungsmessung oder einem anderen Messverfahren.

Eleganter lässt sich das Rechtwinkelkoordinaten-Verfahren bei der Vermessung in Kurven (oder auf Flächen ohne gerade Bezugslinie) anwenden, wenn eine künstliche Bezugslinie geschaffen wird, bspw. mit einem über die Straße gerollten Messband, Abb. 4.1.4. Das Messband dient dann als x-Achse des Koordinatensystems. Anstelle eines Messbands kann auch eine Schnur gespannt werden; entlang der Schnur lässt sich ein skaliertes Kreidestrich auf die Fahrbahn zeichnen. Für die Befestigung von Messbändern oder Schnüren eignen sich Putzhaken, die in eine Fuge am Fahrbandrand eingeschlagen werden.

Wenn zwei Straßen um den Kreuzungsbereich herum vermessen werden sollen, ist es sinnvoll, für jede Straße ein eigenes Koordinatensystem zu verwenden, Abb. 4.1.5. Die x-Achsen der beiden Koordinatensysteme liegen dabei parallel zur jeweiligen Fahrbahn. Schneiden sich die Fahrbahnen also unter einem Winkel von z.B. 60°, so sind auch die Koordinatensysteme um 60° zueinander gedreht. Die beiden Messungen können aneinandergesetzt werden, indem zwei Messpunkte, z.B. die Schnittpunkte der Fahrbandränder, in bei-

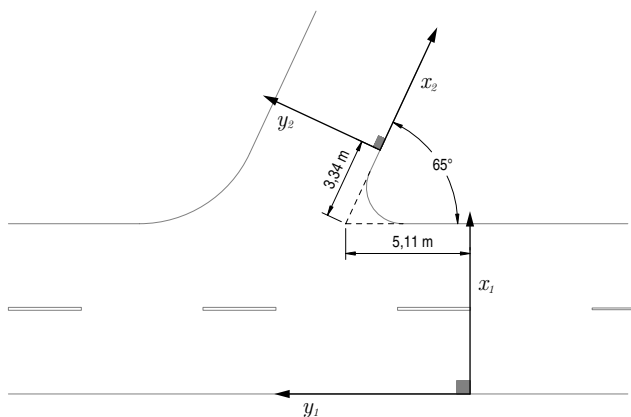


Abb. 4.1.5: Verwendung von zwei rechtwinkligen Koordinatensystemen

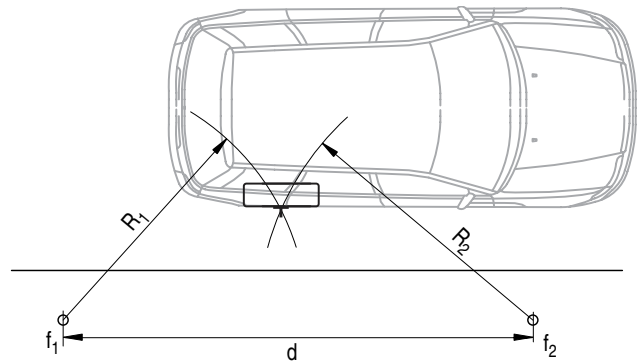


Abb. 4.1.6: Dreieckskoordinaten

den Koordinatensystemen eingemessen und anschließend in der Zeichnung übereinandergelegt werden.

Sieht man von systematischen Messfehlern (z.B. Ungenauigkeit des Messwerkzeugs) ab, so treten beim Rechtwinkelkoordinaten-Verfahren stochastische Fehler auf, die sich im fehlerhaften Abschätzen des Lotfußpunkts zum Messpunkt begründen. Die Lage der Senkrechten lässt sich am besten abschätzen, wenn man mit dem Körper senkrecht zur Nulllinie steht. Der Winkelfehler beträgt, abhängig von den örtlichen Gegebenheiten und dem eigenen Schätzvermögen, etwa $\pm 1,5^\circ$. Dies entspricht einem Fehler in der x-Koordinate von ca. 2,5% des y-Abstands. Liegen die Messpunkte innerhalb einer Fahrbahnbreite von 5 m, so beträgt die Messgenauigkeit etwa einen Dezimeter.

Bei einer Spur, deren y-Abstände im Längsverlauf stark variieren, ist besondere Sorgfalt beim Abschätzen der Senkrechten geboten. Nötigenfalls müssen einzelne, entferntere Punkte mit anderen Messverfahren eingemessen werden. Auch kann die geeignete Wahl der Bezugslinie die Messgenauigkeit erhöhen: Man kann z.B. denjenigen Fahrbandrand als Bezugslinie wählen, der näher an den wichtigen Spuren liegt, oder man wählt die Mittellinie als Bezugslinie.

Besondere Sorgfalt ist immer dann geboten, wenn es im Blickfeld Linien gibt, die nicht parallel oder senkrecht zur Nulllinie verlaufen, wie z.B. an nicht rechtwinkligen Kreuzungen. Gleiches gilt, wenn die zu vermessende Spur schräg zur Fahrbandlängsachse verläuft. In Zweifelsfällen kann es helfen, die Senkrechte umgekehrt, also über dem Messpunkt stehend zur Nulllinie hin abzuschätzen.

4.1.5.2 Dreieckskoordinaten

Beim Dreiecksmessverfahren werden für jeden Messpunkt die Abstände R zu zwei (oder mehr) Fixpunkten f_1 und f_2 ge-

messen. Der Abstand d der Fixpunkte zueinander **muss** für das anschließende Zeichnen der Unfallstelle bekannt sein und deshalb eingemessen werden, Abb. 4.1.6. Aus den drei Kantenlängen des Dreiecks können dann die kartesischen Koordinaten des Messpunkts berechnet werden.

Die zeichnerische Darstellung eines Messpunkts erfolgt dadurch, dass die Abstände des Messpunkts von den Fixpunkten jeweils als Kreis um die Fixpunkte geschlagen werden. Einer der beiden Schnittpunkte ist dann der Messpunkt. Bei der Arbeit mit CAD empfiehlt sich anstelle der zeichnerischen Lösung ein Makro, das die gemessenen Größen R_1, R_2 bei der Eingabe in die kartesischen Koordinaten x, y umrechnet ☺.

Da jeweils zwei Schnittpunkte existieren, müssen entweder alle Messpunkte auf nur einer Seite der Verbindungslinie zwischen den gewählten Fixpunkten liegen, oder es muss sich aus der Skizze ergeben, welcher der beiden Schnittpunkte der Messpunkt ist. Bei der Messung gegen drei Fixpunkte ergibt sich – sofern die Fixpunkte nicht auf einer Geraden liegen – ein eindeutiges Ergebnis, der Messaufwand ist jedoch entsprechend höher. Über das dritte Maß kann auch eine generelle Fehlerkorrektur bzw. -prüfung erfolgen [H1].

Das Dreiecksmessverfahren kann für praktisch alle Messaufgaben angewendet werden; der Arbeitsaufwand ist jedoch zumindest an geraden, langen Unfallstellen größer als beim Einmessen rechteckiger Koordinaten. Bei ausgedehnten Unfallstellen kann es erforderlich sein, weitere Fixpunkte für die Messung zu verwenden. Für jeden neuen Messpunkt muss der Abstand zu zwei bekannten Fixpunkten bestimmt werden, um die Einzelbereiche später verketteten zu können.

Beim Dreiecksmessverfahren müssen mit dem Messrad, besonders wenn es viele Punkte einzumessen gilt, in der Summe sehr viele Wege zurückgelegt werden. Bei kritischen Messpunkten, die mit den Fixpunkten einen großen oder kleinen Winkel einschließen, reicht die Messgenauigkeit des Messrads nicht aus. Das Messen dieser Punkte muss mit einem Messband erfolgen, was i.d.R. eine Hilfskraft bei der Vermessung erfordert.

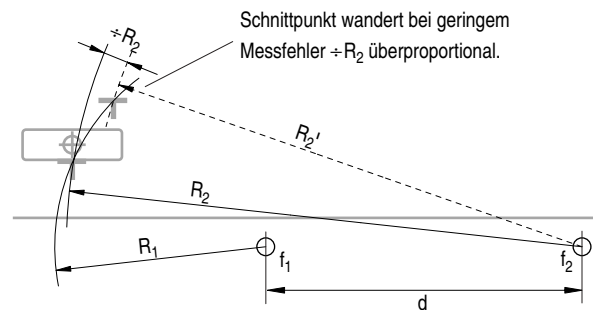
Bei der Dreiecksmessung können bereits kleine Messfehler zu großen Ungenauigkeiten der Zeichnung führen. Idealerweise liegen, vom Messpunkt aus betrachtet, die Fixpunkte etwa $60 \dots 120^\circ$ auseinander. Bei zu spitzem Winkel wandert der Schnittpunkt der Kreisbögen bereits bei geringem Messfehler erheblich, Abb. 4.1.7a. Befindet sich der Messpunkt in der Nähe der Verbindungslinie zwischen zwei Fixpunkten (stumpfer Winkel), so kann dieser Messpunkt schon bei kleinem Messfehler durchfallen: Die Kreisbögen schneiden sich nicht mehr, Abb. 4.1.7b.

Als modernes Messgerät bietet sich ein Laser-Entfernungsmesser an, mit dem vom Messpunkt aus die Fixpunkte angepeilt werden können. Als Fixpunkte empfiehlt es sich hier, Zylinder geeigneter Größe aufzustellen, die mit dem Laserstrahl anvisiert werden. Der Radius der Zylinder muss zu den Messergebnissen hinzugerechnet werden, vgl. «Technische Ausrüstung».

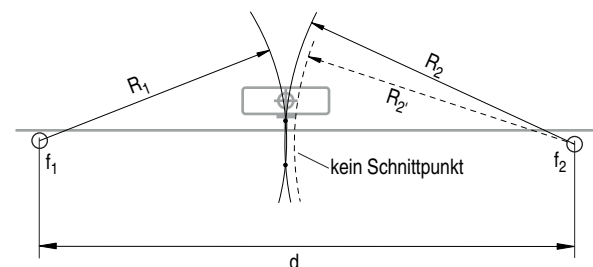
Probleme kann – besonders bei Sonnenschein – allerdings die Erkennbarkeit des Laserpunkts bereiten. In [H1] wird die maximale Erkennbarkeitsentfernung bei Sonnenschein mit 20 m angegeben. Für den Leica Disto ist ein Fernrohrsucher erhältlich, mit dem auch entferntere Fixpunkte genau anvisiert werden können. Das Lasermessverfahren für sich genommen hat einen Fehler in Höhe von maximal 5 mm (Leica Disto). Wichtige Fehlerquellen sind ungenaue Ausrichtung des Lasers über dem Messpunkt und die außermittigen Anpeilung der Zylinder an den Fixpunkten. In der Praxis sind Genauigkeiten im Zentimeterbereich zu erzielen.

4.1.5.3 Triangulation

Das klassische Verfahren der Landvermessung ist die sog. Triangulation, bei der die absolute Lage der Messpunkte durch die Verkettung von Dreiecken mit jeweils einer gemeinsamen Seite bestimmt wird, Abb. 4.1.8. Problematisch



a) Abweichungen durch schleifenden Schnitt



b) kein Schnittpunkt schon bei geringem Messfehler

Abb. 4.1.7: Dreiecksmessverfahren