

(Motto: „Ich singe, weil ich ein Lied hab und nicht weil es euch gefällt“ (Konstantin Wecker))

Dieser Beitrag enthält allgemeine Regeln, deren Beachtung ich bei der Arbeit mit einem CAD-System für notwendig halte. Ausnahmen sind selbstverständlich möglich und auch sinnvoll, wenn es das CAD-System zulässt – es setzt ja den kompetenten Anwender voraus. Der Anfänger oder Orientierungslose fährt für's erste besser, wenn er nach den folgenden Regeln arbeitet, als wenn er sie nicht beachtet. Sofern konkrete Befehle und Technologien benannt werden, beziehen sich die Benennungen immer auf die deutsche Version von AutoCAD, wobei alle CAD-Systeme in ihren Basisfunktionen einander ähneln. Der Terminus „Benennung“ wurde absichtlich gewählt, weil detaillierte Verfahrensbeschreibungen nicht Gegenstand dieses Beitrages sind, sofern sie nicht für das Verständnis der Regel notwendig sind. Dafür gibt es Handbücher, Tutorials und Tutoren.

Ich bin freiberuflicher Vermessungsingenieur und stütze mich bei meiner Arbeit sehr stark auf die Computertechnik. Computer und Software sind die Hauptwerkzeuge bei der Bearbeitung von Projekten. In der Vorbereitungsphase versuche ich immer, zusätzlich zu den auf Papier vorliegenden Planungsunterlagen die zumeist vorhandene digitale Planungsbasis zu bekommen. Meistens gelingt mir das auch und ich bekomme somit die Möglichkeit, den in der digitalen Planungsbasis gegenüber dem Papier unendlich größeren Informationsgehalt für meine Zwecke zu nutzen. Aus der digitalen Basis lassen sich z.B. im einfachsten Fall Ausschnittplots in großem Maßstab mit reduziertem Informationsgehalt für spezielle Zwecke für Baggerfahrer, Schachtmeister, Bauleiter, Auftraggeber ... erzeugen.

Als Basissoftware für die grafische Bearbeitung benutze ich dabei AutoCAD (zur Zeit in der Version 2004). Den Zeitpunkt meiner ersten Bekanntschaft mit dieser Software kann ich nicht mehr genau datieren, weiß aber noch, dass es die Version 2.6 und zu DDR-Zeiten war, also vor 1989. Für die speziellen Probleme des Straßen- und Tiefbaus (Achsen, DGMs, ...) benutze ich die Applikation „Land Development Desktop“ von Autodesk. Wegen der großen Verbreitung von AutoCAD und (noch wichtiger) der breiten Unterstützung des von Autodesk definierten DXF-Formates ist die rein formelle Seite des Datenaustausches meistens kein Problem. Gerade bei DXF-Dateien gibt es aber immer wieder Probleme durch Implementationsschwächen der DXF-Schnittstelle der Quellsoftware („ungültiger Gruppencode in Zeile 4589342 ...“ – kennen sie einen Editor, mit dem man die Zeile 4589342 anspringen kann? TEXTPAD!). Bisher konnte ich den Inhalt jeder DXF-Datei in AutoCAD visualisieren, sofern die Extension „DXF“ nicht Schall und Rauch war.

Nur wenige DWGs sind „charakterlos“ wie z.B. von Applikationen generierte Zeichnungen wie Querprofile und Längsschnitte in der Straßenplanung. Die meisten geben Auskunft über das Umfeld ihrer Entstehung. Denkweisen und Fähigkeiten der Bearbeiter manifestieren sich in den CAD-Dateien. Die Erscheinungsformen reichen von der besseren Freihandskizze (sie hätten es gleich auf Papier zeichnen sollen und wären damit x mal schneller gewesen) bis zum genial verschachtelten Baukasten aus Blöcken und externen Referenzen. Und bei manchen Zeichnungen fragt man sich kopfschüttelnd, warum sich das Ingenieurbüro eine solche Arbeitsweise antut.

Es soll an dieser Stelle niemand vorgeführt werden. Ich habe mich bemüht, in den Beispielen die Identifizierung sowohl des Büros als auch der Baustelle so gut wie möglich zu erschweren. Falls sich aber dennoch jemand wieder erkennt, sollte er sich nicht auf den Schlips getreten fühlen. Ich entschuldige mich prophylaktisch und bitte trotzdem um kritische Würdigung des Inhalts.

Da Denk- und Arbeitsweisen weder über das Erbgut noch über die Muttermilch weitergegeben werden, halte ich es für notwendig, Anfängern einen Leitfaden in die Hand zu geben, der die sonst üblichen Klick-Anweisungen ergänzt. Bei den im Folgenden formulierten Regeln mag sich manch Leser ob der scheinbaren Trivialität am Kopf kratzen und sich fragen, wem denn solche Binsenwahrheiten vermittelt werden müssen. Ich versichere, dass jede Regelverletzung in der Praxis vorgekommen ist und durch Beispiele belegt werden kann.

1. Sieh das Modell – nicht die Zeichnung

An einigen Zeichnungsdateien glaube ich mit ziemlicher Treffsicherheit feststellen zu können, ob eine Zeichnerin oder ein Ingenieur das ausgelieferte Endprodukt hergestellt hat. Das hängt mit den unterschiedlichen Prioritäten in der Betrachtung des Problems zusammen. Eine Zeichnerin sieht als Endprodukt die Zeichnung auf dem Papier. Sie geht souverän mit Stiftstärken, Strichlierungen und Farben um. Das Endprodukt muss schlicht „schön“ und DIN-gerecht sein. Ungenauigkeiten, die man zwar in der Vergrößerung am Bildschirm aber nicht mehr auf dem Papier sieht, werden in Kauf genommen. Es treten Unterlängen und Überlängen auf, Parallelen und Lotrechte sehen nur auf dem Papier so aus als wären sie welche. Ein Zeichnerin sieht im Monitor ihres CAD-Systems ein eigentlich viel zu kleines Zeichenbrett.

Ein Ingenieur ist mehr an der inhaltlichen Seite des Problems interessiert, was ja auch seine Aufgabe ist. Wenn er eine Parallele meint, dann zeichnet er auch eine Parallele, d.h. er konstruiert! Das CAD-Programm sorgt dafür, dass die gemeinte Parallele innerhalb der Rechengenauigkeit (16 signifikante Stellen und mehr) auch eine Parallele bleibt. Dadurch

behält der Ingenieur die volle Kontrolle über seinen Entwurf. Er kann Maßketten, Zwangs- und Randbedingungen durchgreifend prüfen. Soll z.B. die Gesamtlänge von aneinander gereihten Elementen 100,000 m betragen und die Prüfung ergibt 100,010 m so stimmt an der Konstruktion etwas nicht, obwohl man diesen Längenunterschied auf einer Zeichnung im Maßstab 1:50 schon nicht mehr erkennen kann, womit sich die Zeichnerin erst einmal zufrieden geben kann. Eine CAD-Zeichnung kann nur dann als eine solche nutzbringend weiter verwendet werden, wenn das exakte Modell die höchste Priorität bei der Bearbeitung hat und eine Zeichnung nur als abgeleitete Darstellung betrachtet wird. Diese sollte natürlich auch nach den geltenden Vorschriften gestaltet sein.

2. Zeichne nicht – konstruiere

Wo immer ein exaktes Maß vorgegeben ist, setze es in der CAD-Konstruktion um. Na klar hat ein fertiges Bankett neben einer Straße eine gemessene Breite von 1,4 m – 1,6 m (ohne Ausreißer). Wir wären aber schlecht beraten, in der Konstruktion eine Freihandlinie in diesem Abstand zur geplanten Bitukante zu ziehen. Schneller und exakter ist die Erzeugung einer Parallele zur Fahrbahnkante im exakten Abstand von 1,500 m. Dem CAD-System ist es egal und der Aufwand für den Bearbeiter ist geringer. Wenn du lotrecht meinst, dann konstruiere auch ein Lot (und wenn auch über den Umweg der Erzeugung einer Parallele). Mache dich mit den Funktionen vertraut, mit denen ein exaktes Konstruieren möglich ist, wobei in AutoCAD die wichtigsten Werkzeuge die Benutzung der Objektfangmodi, der Befehl „VERSETZ“ und die Verwendung von BKS bzw. (benutzerdefinierte Koordinatensysteme) sind.

3. Konstruiere nie im Maßstab – immer 1:1

Vorwiegend bei Architekten und Brückenprojektanten ist die Arbeitsweise gelegentlich anzutreffen, im Zeichnungsmaßstab zu konstruieren. Soll der Zeichnungsmaßstab z.B. 1 : 25 sein, wird jedes Objektmaß durch 25 dividiert und das Ergebnis gezeichnet. Aus einer Geschosshöhe von 2700 mm wird somit eine zu zeichnende Strecke von 108 mm. Sollte ein CAD-Programm jemals von mir eine solche Arbeitsweise erwarten, damit eine maßstabsgerechte Zeichnung entstehen kann – ich würde es als nicht verwendbar ignorieren. Wozu sitze ich an einem Computer, wenn ich selber rechnen soll? Das Zeichnen im Maßstab schlägt noch einmal an der Stelle zurück, an der am Computer bemaßt wird (AutoCAD kann man auch dazu bringen, im Maßstab 1:25 zu bemaßen – aber wozu?) bzw. Maße abgefragt werden sollen. Die Zahl, die mir geliefert wird muss noch mit dem Maßstab multipliziert werden, damit ich einen verwendbaren Wert erhalte. Gerade AutoCAD stellt für das Erzeugen

von maßstabsgerechten Zeichnungen ein geniales Werkzeug bereit: den PAPIERBEREICH. In diesem können Modellansichtsfenster erzeugt werden, in denen wiederum das Modell in den verschiedensten Ansichten und Maßstäben dargestellt werden kann.

4. Beschrifte nicht – bemaße

AutoCAD bemaßt assoziativ. Die Bemaßung hängt an Referenzpunkten, die ihrerseits am bemaßten Objekt hängen. Werden also die Objektpunkte mit den Referenzpunkten verschoben, so ändert sich auch das assoziierte Maß. Warum sollte man also z.B. die Länge eines Objektes abfragen um dann einen Text mit dem Maß (per Hand) am Objekt ausgerichtet schreiben? Wird die Länge des Objekts geändert, bleibt dieser Text wie er war und muss separat geändert werden. Wird das vergessen, entsteht ein Widerspruch in der Zeichnung, der die Benutzer unnötig verunsichert. Rundungen, Toleranzen, Präfixe, Suffixe und weitere Parameter lassen sich mit den Bemaßungsvariablen einstellen, so dass praktisch jede gewünschte Form erzeugt werden kann. Wenn wirklich eine ganz ausgefallene Form gefordert wird, die scheinbar nicht durch Parametrierung erreicht werden kann, bietet AutoCAD immer noch die Möglichkeit, den automatisch erzeugten Text durch einen eigenen Text zu überschreiben, ohne dass das tatsächliche Maß verloren geht.

5. Ordne die Elemente deines Modells auf Layern an

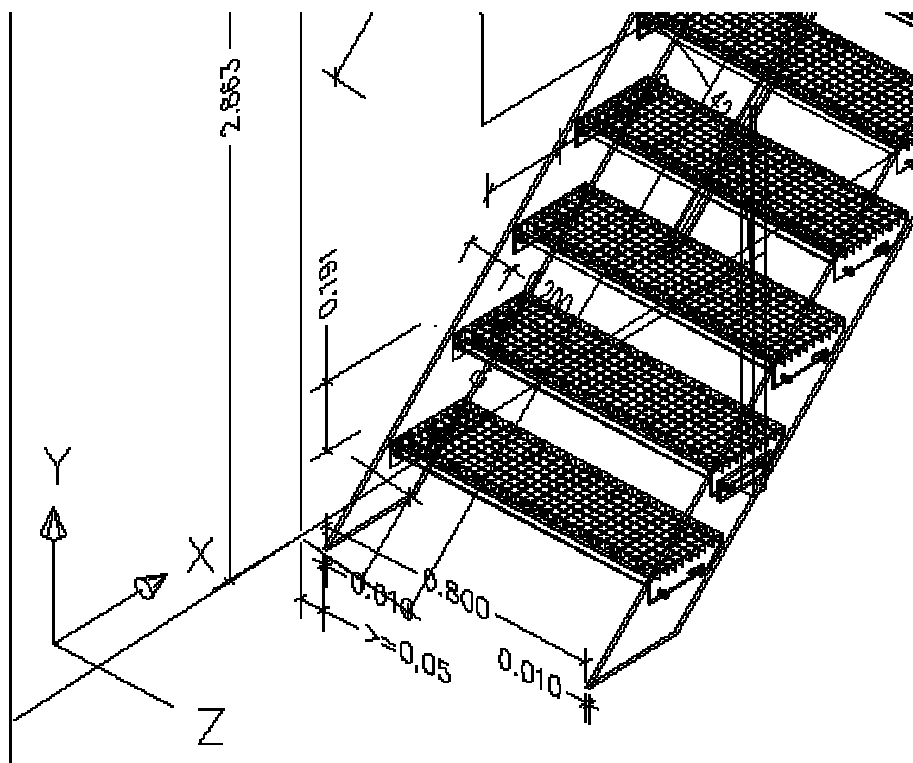
Man stelle sich vor, man könnte sämtliche Körperkanten aller Geschosse eines hohen Gebäudes und seiner Installationen als Linien einer Farbe, Art und Dicke auf einmal im Grundriss sehen. Mit diesem Liniengewirr kann niemand vernünftig arbeiten (und doch wurde so etwas schon ausgeliefert). Alle CAD-Programme bieten deshalb die Möglichkeit an, die Elemente in verschiedenen Folien zu ordnen. Je nach CAD-System heißen diese Folien auch „Layer“ (AutoCAD) oder „Ebene“ (GEOgraf)... andere fallen mir im Moment nicht ein. Am treffendsten empfinde ich den Begriff „Folie“. Da die äquivalente Einrichtung in AutoCAD aber „Layer“ heißt, werden wir im Folgenden bei diesem Terminus bleiben. Ein Layer ist eine transparente Grundlage, auf der die Elemente eines Modells angeordnet werden können. Unterschiedliche Sachgebiete werden unterschiedlichen Layern zugeordnet, die mit einem Namen (in manchen Systemen auch nur mit einer Nummer) versehen werden können. Für das Anlegen, die Benennung und Benutzung der Layer ist meist der Benutzer verantwortlich. Es gibt aber auch Applikationen, die ihre Elemente auf eigenen Layern anordnen. Je nach Anforderung oder Intention des Nutzers können somit Sachgebiete angezeigt oder ausgeblendet werden, indem die entsprechenden Layer ein- oder ausgeschaltet werden. Da die Layer auch in den Modellansichtsfenstern unterschiedlich geschaltet sein können, kann man

also Zeichnungen erzeugen, die nur für das entsprechende Sachgebiet relevanten Darstellungen enthalten.

6. Benutze nur eine Elementfarbe - VONLAYER

Als wichtiges Ordnungsmittel bietet jedes CAD-Programm eine Zuordnung der Elemente zu Layern (Folien, Ebenen, ...) an. Layer können an- und ausgeschaltet, gefroren und getaut, gesperrt und entsperrt und ihnen kann eine Farbe zugewiesen werden. Damit lässt sich z.B. die Sichtbarkeit, die Farbe, der Plotstil und die Bearbeitbarkeit und andere Eigenschaften aller einem Layer zugeordneten Elemente gleichzeitig steuern. Die dargestellte Farbe muss nicht die Plotfarbe sein, diese kann gesondert festgelegt werden. Damit die korrekte Zuordnung von Elementen zu ihren Layern und damit die fundamentale Ordnung der Elemente kontrolliert werden kann, empfiehlt es sich, den Layern unterschiedliche Farben zuzuordnen und den Elementen wiederum die Farbe des Layers, dem sie zugeordnet sind. Diese Farbe heißt in AutoCAD VONLAYER. Ausnahmen bestätigen auch hier die Regel. Für die Fehlersuche benutze ich z.B. die separate Einfärbung von Elementen, um sie von den anderen Elementen auf dem gleichen Layer unterscheiden zu können. Diese Elementfarbe wird aber wieder auf VONLAYER zurück gesetzt, sobald der Fehler gefunden wurde.

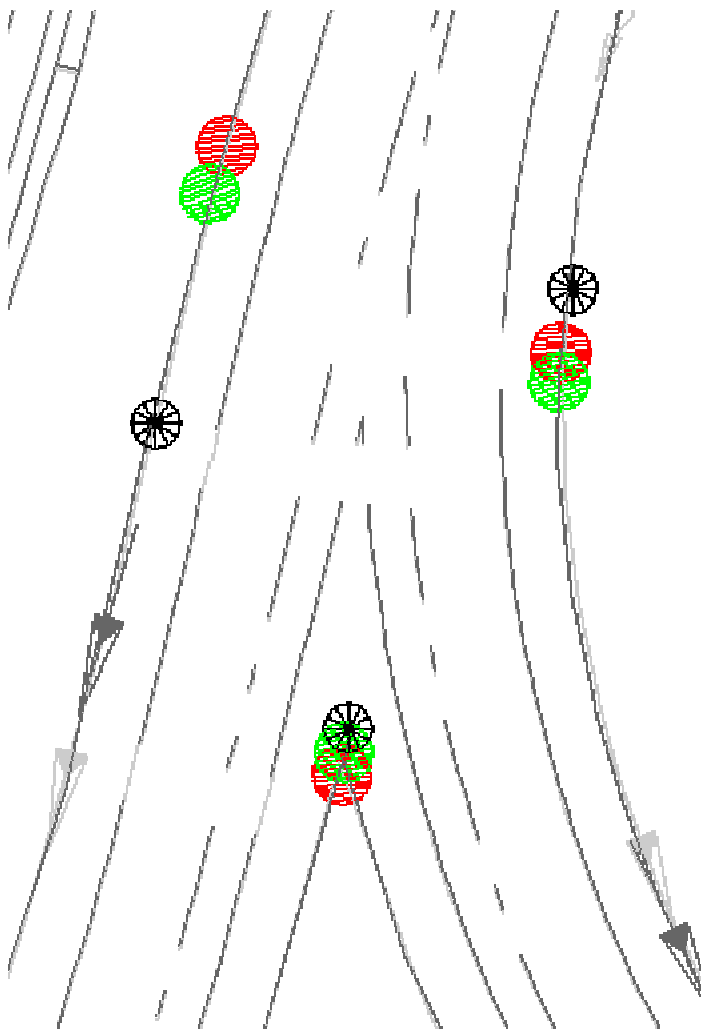
7. Vermeide Redundanz



Redundanz tritt immer dann auf, wenn ein Element mehrfach erzeugt wird, obwohl es im Modell nur einmal auftritt. Dies kann z.B. eine Körperkante sein, die in verschiedenen Ansichten auftritt. Die häufigste Form der Redundanz ist das Zeichnen von

mehreren Ansichten von 3-dimensionalen Objekten. Von der zeichnerischen

Betrachtungsweise (der Darstellungsorientierten Sicht) ist das auch richtig: Sieht man eine Kante in 3 Ansichten, so muss man sie auch 3 mal zeichnen. Ändert sich diese Kante, so muss man sie in allen Ansichten ändern. Da es sich bei den Ansichten aber nur um **Sichten** auf ein und dasselbe Modell handelt, liegt es eigentlich nahe, nur das Modell zu konstruieren und es dem CAD-Programm überlassen, alle gewünschten Ansichten zu generieren. Als Problem könnte man dabei die Bemaßung sehen, die immer in der Ebene liegt. In welcher? Das ist eben die Frage. Die Bemaßung bei AutoCAD liegt immer in der Ebene des geltenden Benutzerkoordinatensystems. Wird also das Benutzerkoordinatensystem mit der gewünschten Ansicht ausgerichtet, so kann man auch Elemente bemaßen, die nicht koplanar zum Weltkoordinatensystem ausgerichtet sind.



Es gibt keinen Grund Elemente, die auf mehreren Zeichnungen zu sehen sein sollen, auch mehrfach zu zeichnen. Das ist überflüssig (redundant) und verursacht mehr Schaden als Nutzen. Im Beispiel war eine Straße von ca. 3 km Länge zu bearbeiten. Der Lageplan erstreckte sich über 4 Zeichnungen, die an den Nahtstellen überlappten. Diese Überlappungsbereiche waren auch doppelt gezeichnet. D.h. wenn sich in der einen Zeichnung etwas änderte, musste die Nachbarzeichnung ebenfalls fortgeführt werden. Den Abgleich hatten die Projektanten nicht voll im Griff, so dass Widersprüche auftraten. Ein Schmutzwasserschacht im

Überlappungsbereich hatte z.B. 2 unterschiedliche Koordinaten und überflüssigerweise durch die Schachtliste, die sich auf Station der Straßenachse und Abstand zu dieser bezog, eine dritte. Das schwarze Schachtsymbol im nebenstehenden Bild hat zum Größenvergleich einen Durchmesser von 2m und die Lage entspricht den Angaben aus der Schachtliste. Rote und grüne Schächte stammen aus benachbarten Plänen. Im Beispiel sind die Angaben über

Haltungslängen und Gefälle ausgeblendet, nach denen im Normalfall die Schachtkolonnen bauen. Sie waren schlicht unbrauchbar und mussten neu festgelegt bzw. berechnet werden.

8. Benutze Blöcke

Sobald mehr als ein (d.h. also ab 2!), komplexes Element benötigt wird, das aus mehr als einem (d.h. also ab 2!) Element besteht, definiere einen Block (falls kein fertiger Block zur Verfügung steht) und füge diesen an den gewünschten Positionen in das Modell ein. Ein Block ist eine Zusammenfassung von mehreren Elementen, die ihrerseits wiederum Blöcke sein können. Der Block erhält einen Namen und besitzt einen Einfügepunkt - seinen Basispunkt. AutoCAD fügt an der gewünschten Position nicht die Elemente ein, aus denen der Block besteht, sondern nur seinen Namen. Es zeigt aber die Elemente aus denen der Block besteht. Wird ein Block neu definiert, erhalten alle seine Referenzen im Modell das neue Aussehen, ohne dass der Benutzer die aktualisierte Darstellung initiieren müsste. Einfache Blöcke sind zum Beispiel eine Zaunsignatur „v“ oder ein Gitterkreuz „+“, die beide aus je zwei einfachen Linien bestehen. Der Basispunkt der Zaunsignatur ist die Spitze und der Basispunkt des Gitterkreuzes ist der Schnittpunkt der sich kreuzenden Linien. Um Missverständnissen vorzubeugen: In AutoCAD ist keiner dieser Blöcke vordefiniert. Der Benutzer definiert sie sich selbst, oder er und sein Büro hat eine Sammlung oder er kauft sich welche.

9. Weise den Elementen eines Blockes vor der Definition den Layer „0“ zu

Elemente, die zum Zeitpunkt der Blockdefinition nicht dem Layer „0“ zugeordnet waren, bleiben bei der Referenzierung des Blockes (seiner Einfügung) dem Definitionslayer zugeordnet. Elemente, die dem Layer „0“ zugeordnet waren, werden bei der Verwendung dem Einfügelayer zugeordnet.

Nehmen wir an, die beiden Linien des Gitterkreuzes waren vor der Definition des Blockes „gk“ dem Layer „linie“ zugeordnet. Der Block „gk“ wird vom Benutzer auf dem Layer „gitter“ eingefügt und im Raster vervielfacht. Will er die Gitterkreuze vorübergehend nicht sehen, schaltet er den Layer „gitter“ aus - und es passiert nichts, die Gitterkreuze bleiben weiterhin zu sehen. Erst wenn der Layer „gitter“ gefroren wird oder der Layer „linie“ ausgeschaltet oder gefroren wird, verschwinden die Gitterkreuze vom Bildschirm. Hat der Benutzer wie vor verfahren, passiert umgekehrt beim Einschalten oder Tauen des Layers „gitter“ ebenfalls nichts – die Kreuze bleiben verschwunden. Erst wenn der Layer „linie“ getaut und eingeschaltet wird erscheinen die Kreuze wieder.

Waren die Linien dem Layer „0“ zugeordnet, so werden sie nach dem Einfügen des Blockes „gk“ auf dem Layer „gitter“ ebenfalls dem Layer „gitter“ zugeordnet. Schaltet der Benutzer den Layer „gitter“ aus in der Erwartung, dass die Gitterkreuze verschwinden - so passiert das auch.

Ich selbst habe fluchend vor einem Haufen Blöcke namens „baum“ einer als DXF-Datei übernommenen CADdy-Zeichnung gesessen, die nicht verschwinden wollten. Alle Elemente aller Blöcke waren auf dem Layer „symbole“ definiert.

10. Arbeite nicht in Originaldateien fremder Leute - benutze sie als externe Referenzen

Es kommt oft vor, dass man Details aus anderen Plänen verschiedener Quellen für die eigene Vorbereitung benutzen muss. Dies kann zum Beispiel in Vorbereitung einer Erschließung ein Beleuchtungsplan, eine Katasterkarte, ein Markierungsplan, ein Entwässerungsplan sein. Um Kollisionen zwischen den verschiedenen Gewerken zu erkennen, muss sich der Planer ein Gesamtbild verschaffen und mit den fremden Geometrien arbeiten. Dafür könnte er sich die fremden Modelle in die eigene Zeichnung laden. Das würde aber das eigene Modell sinnlos aufblähen, da man ja eigentlich an dem fremden Modell nichts verändern will (und meistens auch nicht darf), sondern nur mit den darin enthaltenen Informationen arbeiten muss. Genau für diesen Anwendungsfall sind die externen Referenzen vorgesehen. Die Elemente der externe Referenzen gehören nicht zum bearbeiteten Modell, sie werden nur angezeigt. Objektpunkte von Elementen in den Referenzen können aber gefangen werden. Durch diese Verfahrensweise können die eigenen Modelle schlank gehalten und auf das wesentliche beschränkt werden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der externen Referenzierung ist die Verwendung für konstante Inhalte, die in jedem Modell und jeder Zeichnung immer wieder benötigt werden und eigentlich nie verändert werden wie z.B. Firmenlogos. Da externe Referenzen nicht automatisch Bestandteil eines Modells werden, müssen sie beim Datenaustausch mit anderen Mitarbeitern oder Firmen separat mit geliefert werden.

11. Verforme ein Modell nicht ohne triftigen Grund

Man kann Elemente und ganze Modelle drehen, verschieben, skalieren und strecken. Es gibt aber besonders im Bereich der Vermessung Koordinaten im Modell, die nicht nur Zahlen (manchmal sehr große) sondern auch von realer und fundamentaler Bedeutung sind. Sie stellen den Bezug zu einer größeren, übergeordneten Umgebung her. Die Koordinaten werden u.a. von Vermessern benutzt, um ein Objekt abzustecken, d.h. seine geplante Form und Lage in die Örtlichkeit zu übertragen. Wird diese Relation verfälscht, landet der Vermesser an einer

falschen Stelle, wird das Objekt nicht in der richtigen Größe oder verdreht abgesteckt. Dieses sei dem Bearbeiter ins Stammbuch geschrieben, der ein Modell mal eben um mehrere Hundert Meter verschob, damit es in den ebenfalls im Modellbereich gezeichneten Zeichnungsrahmen (siehe Modell- und Papierbereich!) passt. Solche Größenordnungen fallen gleich ins Auge. Gefährlich sind kleinere Verformungen.

12. Brauchst du Längen und Flächen – verwende 2D-Polylinien

Polylinien bestehen aus lückenlos aneinander anschließenden Linien und Bögen. Sie verraten auf einen Klick ihre Gesamtlänge und die eingeschlossene Fläche im Eigenschaften-Fenster, ohne dass eine separate Berechnung in Gang gesetzt werden müsste. Nach Anwendung des Befehls „AREA“ auf eine Polylinie ist die Fläche in der Variablen „AREA“ und die Länge in der Variablen „PERIMETER“ gespeichert. Diese Variablen können vom Anwender und seinen Applikationen ausgelesen und weiter verwendet werden, z.B. für Mengen- und Massenermittlungen.

Dreh- und Angelpunkt der Verwendung von Polylinien ist eine exakte Konstruktion der Elemente, damit diese **lückenlos** an einander anschließen. Auch wenn keine zu sehen ist – meist ist es eine Lücke, die einem das Leben schwer macht. AutoCAD selbst erzeugt manchmal solche Lücken beim Trimmen schleifender Schnitte. Da hilft nur das Ziehen (Grip Edit) von Endpoint auf Endpoint. Weitere Hindernisse können doppelte (redundante!) Elemente und in der Ebene anschließende aber nicht koplanare Elemente sein.