

Abschlussbericht

Thema: Entwicklung eines 3D-Planungssystems
für die Sanierung von Grundleitungen durch abgehängte
Sammelleitungen

Antragsteller: RWTH Aachen
ibb - Institut für Baumaschinen und Baubetrieb
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Aachen, November 2006

Univ. Prof. Dr.-Ing. Rainard Osebold

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation.....	1
2	Problemstellung.....	5
3	Aufmaßverfahren.....	8
3.1	3D-Laserscanning	8
3.2	Photogrammetrie.....	9
3.3	Tachymetrie	10
3.4	Laserdistanzmessung	11
3.5	Mechanische Distanzmessung.....	12
4	Erprobung der ausgewählten Aufmaßverfahren.....	13
4.1	Vorüberlegungen.....	13
4.1.1	Erforderliche Genauigkeit.....	13
4.1.2	Auswahl der Räumlichkeiten.....	13
4.2	Erprobung Tachymeter.....	15
4.3	Erprobung Laserdistometer	20
4.4	Vergleich und Bewertung der Aufmaßverfahren	26
5	3D-Visualisierungsmodul.....	29
5.1	Visualisierung TachyCAD.....	29
5.2	Visualisierung maxmess.....	32
5.3	Beurteilung der Visualisierungen.....	33

6	Weitere Module	35
6.1	Planungsmodul.....	35
6.2	Kalkulationsmodul	38
6.3	Präsentationsmodul.....	39
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	42
8	Literatur	44

Abbildung 1: Fristen für die Dichtheitsprüfung an bestehenden Grundleitungen	2
Abbildung 2: Grundriss eines Altbau-Kellergeschoßes (Beispiel)	6
Abbildung 3: Kellerraum im Gästehaus der RWTH-Aachen	14
Abbildung 4: Klimaraum und Vorraum des ibb	14
Abbildung 5: Passmarken zum Einmessen des Tachymeters	16
Abbildung 6: Screenshot TachyCAD, Neuer Standpunkt	16
Abbildung 7: Screenshot TachyCAD, Lokales System	17
Abbildung 8: Screenshot TachyCAD, Neuer Passpunkt	17
Abbildung 9: Screenshot TachyCAD, Passpunkt messen	18
Abbildung 10: Schräge Draufsicht des aufgemessenen Raumes in TachyCAD	19
Abbildung 11: Schnitt des aufgemessenen Raumes in TachyCAD	19
Abbildung 12: Screenshot TachyCAD, Rohre	20
Abbildung 13: Aufmaß Klimakeller von maxmess in AutoCAD importiert	22
Abbildung 14: Screenshot maxmess, Grundriss	23
Abbildung 15: Screenshot maxmess, 3D-Darstellung	23
Abbildung 16: Screenshot maxmess, 3D-Darstellung, schräg	24
Abbildung 17: Screenshot maxmess, 3D-Darstellung, Seitenansicht	24
Abbildung 18: Screenshot maxmess, Raumelement anlegen	25
Abbildung 19: Screenshot maxmess, Grundfläche anlegen	26
Abbildung 20: Screenshot AutoCAD, Draufsicht importierte TachyCAD-Daten	29
Abbildung 21: Screenshot AutoCAD, 3D-Orbitansicht importierte TachyCAD-Daten	30
Abbildung 22: AutoCAD, gerenderte 3D-Darstellung	30
Abbildung 23: AutoCAD, Grundriss 1:50	31
Abbildung 24: AutoCAD, Längsschnitte 1:50	31
Abbildung 25: AutoCAD, Schnitt 1:50	32
Abbildung 26: AutoCAD, maxmess-Aufmaß mit und eingearbeiteten Rohrleitungen	33
Abbildung 27: Klassisches Strangschemata (hier Versorgung)	36
Abbildung 28: 3D-Strangschemata	37
Abbildung 29: 3D-Heizzentrale	37
Abbildung 30: AutoCAD, Rendering 3D-Kellerraum	40
Abbildung 31: AutoCAD, Rendering 3D-Innenansicht 1	40
Abbildung 32: AutoCAD, Rendering 3D-Innenansicht 2	41
Abbildung 33: AutoCAD, Rendering 3D-Details	41

1 Ausgangssituation

Durch eine geänderte Gesetzeslage sollen die Eigentümer privater Abwasserleitungen in Nordrhein-Westfalen seit dem 1. Juni 2000 stärker in die Pflicht genommen werden, die Dichtheit ihrer Entwässerungssysteme sicherzustellen. Erstmals wurden für den Nachweis der Dichtheit verbindliche Grenzwerte und Fristen festgesetzt. Gemäß § 45(4) und § 45(5) der Landesbauordnung NRW¹ müssen alle im Erdreich verlegten Abwasserleitungen privater Grundstücksentwässerungen bis spätestens zum 31.12.2015 auf ihre Dichtheit geprüft werden. Bei Grundstücken mit älteren Systemen innerhalb der Wasserschutzgebiete wurde als Stichtag zum Nachweis der Dichtheit sogar schon der 31.12.2005 festgelegt (Abbildung 1). Bis Ende 2005 hätten damit alleine in den Wasserschutzzonen Nordrhein-Westfalens 13.000 – 20.000 km Leitungen geprüft und gegebenenfalls saniert werden müssen.²

Bisher wurde jedoch nur ein geringer Anteil der Grundleitungen überprüft, obwohl der erste Stichtag bereits verstrichen ist. Gründe dafür liegen in den durch die Landesbauordnung nicht geklärten Fragestellungen, wie die Dichtheitsprüfung durchzuführen oder wer als sachkundig eingestuft wird und damit berechtigt ist die Dichtheit zu bescheinigen. Ein wesentlicher Grund für die nur sehr zögerliche Durchführung der Prüfung ist vermutlich eine fehlende gesetzliche Handhabe für den Fall, dass die Dichtheit nicht (fristgerecht) nachgewiesen wird. Durch eine Verschiebung der Regelungen aus dem § 45 der Landesbauordnung in das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist zukünftig eine entsprechende gesetzliche Grundlage vorhanden, um Verstöße zu ahnden. Die Problemstellung der Prüfung und einer anschließend gegebenenfalls erforderlichen Sanierung der Grundleitungen wird daher voraussichtlich noch an Bedeutung gewinnen.

Sanierungen von erdverlegten Abwasserleitungen wurden in der Vergangenheit fast ausschließlich im öffentlichen Netzbereich durchgeführt. Hierbei handelt es sich überwiegend um Abwasserkanäle mit Nennweiten ab DN 200, die zwischen den Schachtbauwerken geradlinig verlaufen. Dies hat zur Folge, dass die heute am Markt befindlichen Sanierungsverfahren weitgehend auf diesen Anwendungsbereich und die damit verbundenen Randbedingungen abgestimmt sind.³

¹ O. V.: LBO NW, Düsseldorf, 2000.

² Vgl.: Fiedler, M.: Zustand der Kanalnetze, 2003.

³ Vgl.: Dilg: Grabenlose Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen, 2000, Dilg: Sanierung von Grundleitungen, 1998

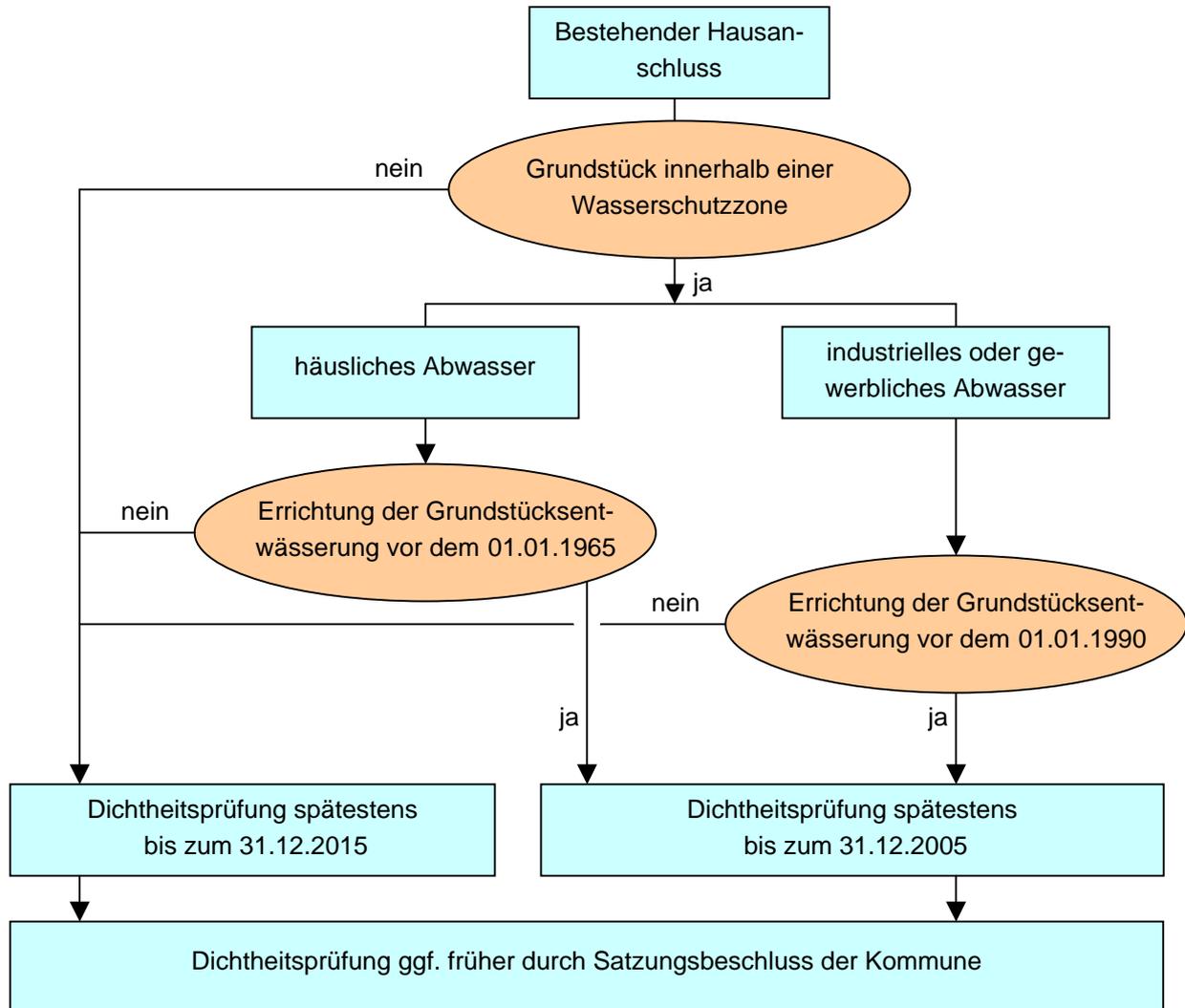


Abbildung 1: Fristen für die Dichtheitsprüfung an bestehenden Grundleitungen

Bei Abwasseranlagen auf privaten Grundstücken und öffentlichen Liegenschaften liegen die Rohrquerschnitte in einem für Sanierungen ungünstigeren Bereich von DN 50 bis DN 150 und die Leitungsführung ist geprägt von Verzweigungen, Querschnitts- und Richtungsänderungen sowie Werkstoffwechseln. Das Hauptproblem stellen in der Regel die unzugänglichen Leitungsnetze unterhalb der Bodenplatte von Gebäuden dar. Bis vor wenigen Jahren war oftmals nicht einmal die optische Inspektion mit einer Kanalkamera möglich. Erst durch Neuentwicklungen der letzten Zeit wurde die Manövrierfähigkeit der Kameras besser an die Geometrie der Grundleitungen angepasst. Weiterhin sind Grundleitungen im Unterschied zu den Kanälen häufig nicht von beiden Seiten zugänglich – dies ist jedoch für die meisten grabenlosen Sanierungsverfahren unabdingbar⁴.

⁴ Vgl.: Winkler: Sanierung von Grundleitungen, 1998.

Für die komplette Sanierung der unterhalb der Bodenplatte verlegten Leitungen kommen daher nach dem Stand der Technik nur folgende Verfahren in Betracht:

- Flutungsverfahren
- Erneuerung in alter Trasse
- Erneuerung in neuer Trasse durch abgehängte Leitungen

Das **Flutungsverfahren** ist im besonderen Maße prädestiniert für die Sanierung von Grundleitungsnetzen, da in kurzer Zeit ohne aufwändige Baumaßnahmen das komplette Netz abgedichtet werden kann. Nachteile des Flutungsverfahrens sind, dass es nicht bei allen Schadensarten und im Grundwasser nur eingeschränkt eingesetzt werden kann. Zudem ist die Dauerhaftigkeit fraglich sowie die ökologische Bewertung der Injektionsmittel umstritten, so dass derzeit vom Einsatz des Flutungsverfahrens in Grundwasserschutzzonen abgeraten wird.

Die **Erneuerung von Grundleitungen in alter Trasse** ist langwierig und mit großem baulichen Aufwand verbunden. Vielfach ist zudem aus baustatischer Sicht eine Überprüfung der verschiedenen Bauzustände notwendig, da Gräben in der Nähe oder unterhalb von Fundamenten erstellt werden müssen und hierdurch die Standsicherheit des Gebäudes gefährdet werden kann. Insgesamt ist die Erneuerung von Grundleitungen in alter Trasse sehr aufwändig und kostspielig.

Die **Erneuerung in neuer Trasse durch zugängliche Sammelleitungen** oberhalb des Kellerfußbodens (abgehängte Leitungen) ist eine sehr sichere Methode, die im Ergebnis zu einem langlebigen, einfach zu wartenden Leitungsnetz führt. Abgehängte Leitungen werden von der ATV-DVWK daher schon beim Neubau von Gebäuden zur Ausführung empfohlen.⁵ Allerdings sind bei der Sanierungsplanung vielfältige Randbedingungen zu berücksichtigen, um unter den Gesichtspunkten Funktionalität, Nutzung der Kellerräume, baulicher Aufwand und Kosten zu einem optimalen Ergebnis zu kommen. Voraussetzung für eine Planung, die alle Gesichtspunkte weitgehend berücksichtigt, ist die Verfügbarkeit von genauen Planunterlagen. Alte Planunterlagen zur Grundstücksentwässerung sind meist fehlerhaft oder unvollständig, da Änderungen, die schon bei der Erstellung oder späteren Umbaumaßnahme entstanden sind, oft nicht nachgetragen werden. Nicht selten sind überhaupt keine Bestandsunterlagen verfügbar. Daher ist der zu betreibende Aufwand für die Planung und Kalkulation abgehängter Leitungen zur Sanierung bestehender Anlagen häufig sehr hoch.

⁵ Vgl.: o. V.: ATV-Arbeitsgruppe 1.6.1: Richtlinien für die Grundstücksentwässerung, 1998.

Fazit:

Von den zur Verfügung stehenden Verfahren ist die Sanierung durch abgehängte Leitungen unter den Aspekten der Ökologie, Dauerhaftigkeit und Wartung in vielen Fällen die beste Alternative. Nachteilig ist, dass hierfür im Vorfeld der planerische Aufwand hoch ist, insbesondere dann, wenn unterschiedliche Varianten entwickelt und unter den Aspekten Kosten-Nutzen (hier auch: Nutzungseinschränkungen) abgewogen werden sollen.

Wünschenswert ist daher eine Planungshilfe, mit der eine anschaulich aufbereitete Planungsgrundlage erstellt werden kann (virtuelles Keller-Modell), die dann den Entwurf verschiedener Leitungsführungsvarianten schnell, sicher und mit geringem Aufwand ermöglicht.

2 Problemstellung

Ein Großteil der undichten und damit zu sanierenden Grundleitungen befindet sich in Altbauten, wie Untersuchungen im Rahmen anderer Forschungsvorhaben am ibb ergaben.⁶ Von diesen alten Gebäuden existieren häufig keine Planungsunterlagen oder nur solche, die nicht mehr den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen. Insbesondere gilt dies für die Kellergeschosse, sowie für die haustechnische Infrastruktur, die meist schon mehrfach verändert wurde.

Die Kenntnis über die Geometrie des Kellers sowie über den Verlauf der Leitungen der Haustechnik (Trinkwasserversorgung, Heizung, Strom) sind für die Sanierung von entscheidender Bedeutung, da sie sich in der Regel in dem Bereich befinden, in dem auch die Sammelleitungen neu verlegt werden sollen. Da die Sammelleitungen möglichst mit freiem Gefälle verlegt werden sollen, müssen die anderen haustechnischen Leitungen unterquert werden, da deren Umlegung nur mit hohem zusätzlichem Aufwand und Beeinträchtigungen für die Hausbewohner (zeitweiser Ausfall der jeweiligen Versorgung) verbunden ist.

Neben der Erfassung der Kellergeometrie und der Versorgungsleitungen müssen weiterhin die Fallleitungen, Entwässerungsgegenstände im Keller sowie die Lage des Revisionsschachts aufgenommen werden.

Um mit diesen und anderen baulichen Problemen nicht erst während der Durchführung der Sanierung konfrontiert zu werden, sondern vorab geeignete Lösungen entwickeln zu können, müssen verlässliche Planungsunterlagen vorliegen. In den überwiegenden Fällen bedeutet dies, dass die Planungsunterlagen neu erstellt oder zumindest die vorhandenen überprüft und in der Regel ergänzt werden müssen. Hierfür ist im ersten Schritt immer eine messtechnische Aufnahme des Gebäudekellers erforderlich.

Wie Abbildung 2 zeigt, sind die Kellergeschosse von Altbauten teilweise sehr verschachtelt, so dass sich dem vor Ort Aufmessenden nicht immer erschließt, wie die einzelnen Räume zueinander liegen. Das Aufmaß und Einmessen der Abwassergegenstände werden zudem häufig dadurch erschwert, dass die einzelnen Kellerräume noch weiter unterteilt und nicht frei zugänglich sind, da z.B. jeder Mieter des Hauses einen eigenen abgeschlossenen Kellerraum hat. Ferner dienen die Kellergeschosse vielfach als Lagerflächen, so dass selbst bei unbehindertem Zugang zu den einzel-

⁶ Vgl.: o.V.: Dichtheitsprüfung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen, Aachen, 2001.

nen Räumen diese nicht problemlos aufgemessen werden können, da sie mit Dingen aller Art zugestellt sind.

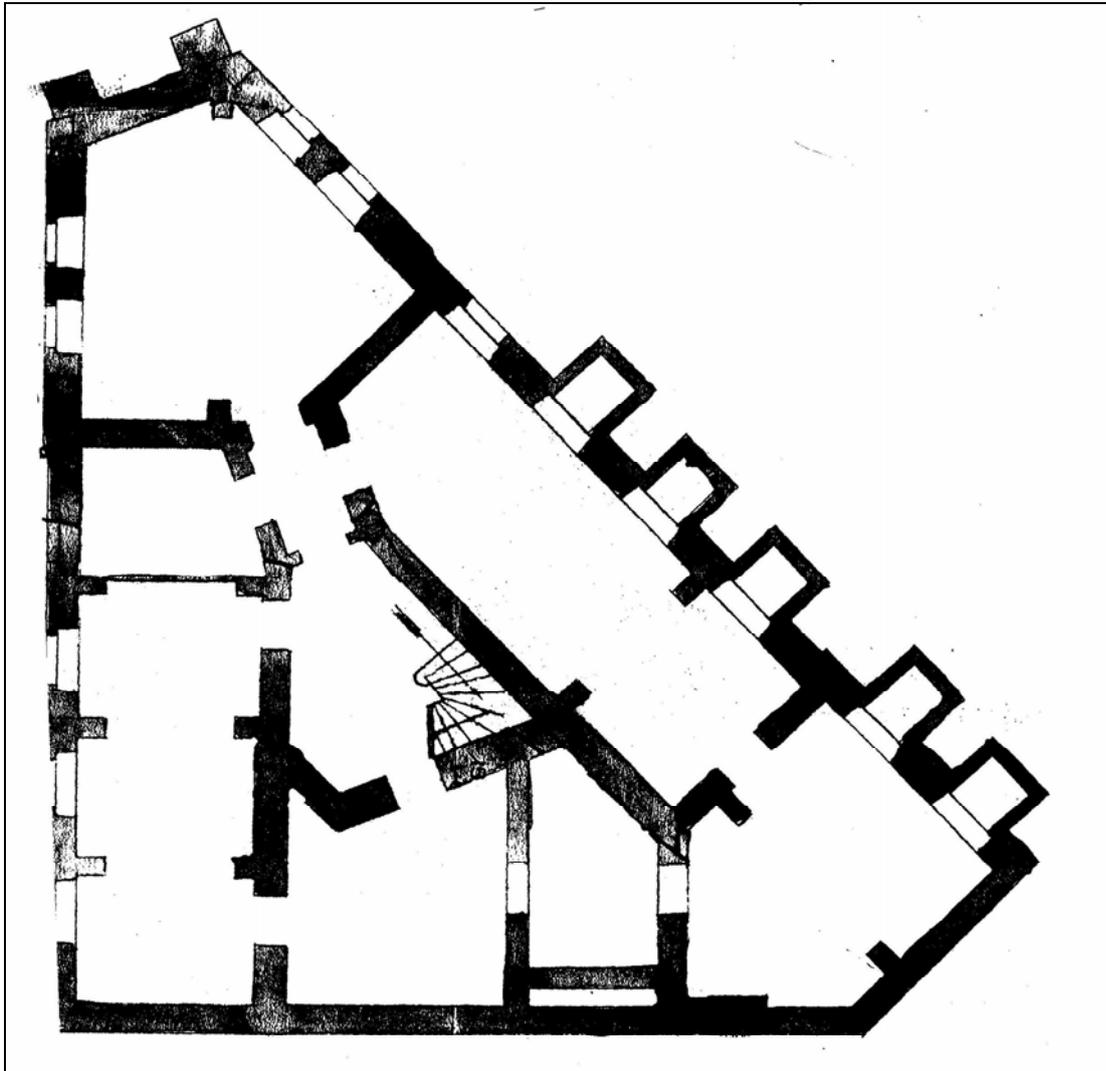


Abbildung 2: Grundriss eines Altbau-Kellergeschoßes (Beispiel)

Zur Planung der Erneuerung einer Abwasseranlage durch abgehängte Leitungen muss im nächsten Schritt eine Leitungsführung konzipiert werden, die die Geometrie des Kellers mit Türausschnitten, Kellerfenstern, die Nutzungen, die übrigen Leitungsführungen der Versorgung berücksichtigt sowie bei der Auswahl der Rohrdurchmesser und Neigungen der Leitungen die hydraulischen Gegebenheiten einbezieht.

Die Akzeptanz einer Sanierung durch die Grundstückseigentümer wird wesentlich gefördert, wenn ihnen die Maßnahme plausibel und anschaulich erläutert wird und wenn Kostensicherheit gegeben ist. Beides erfordert eine detaillierte Planung und auch eine für den Laien verständliche Darstellung der Maßnahme. Hierfür bietet sich die dreidimensionale grafische Darstellung an. Auch die Kostenaufstellung sollte direkten Bezug auf diese Darstellung nehmen und somit nachvollziehbar und transparent gestaltet sein.

Die einzelnen Arbeitsschritte (Aufnahme Kellergeometrie und Abwasserzuleitungen, Planerstellung Keller, Planung und Dimensionierung der Leitungen, anschauliche Darstellung der Leitungsführung, Kalkulation) sind in der Summe zeitaufwändig und, da nur von qualifizierten Fachleuten ausführbar, mit entsprechenden Kosten verbunden. Insbesondere wenn unterschiedliche Leitungsführungen geplant, dargestellt und kalkuliert werden sollen, betragen die Kosten hierfür schon bei kleineren Sanierungsmaßnahmen einen zweistelligen Prozentanteil der Ausführungskosten.

Deshalb ist ein praktikables Planungssystem zur Unterstützung und Vereinfachung der verschiedenen Arbeitsschritte und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit wünschenswert.

3 Aufmaßverfahren

Das Aufmaßverfahren muss es dem Anwender gestatten, möglichst schnell alle für die Sanierung relevanten Daten aufzunehmen. Dabei sind die besonderen Randbedingungen zu beachten⁷. Ferner ist ein Ziel, dass das Aufmaß möglichst von einer Person durchgeführt werden kann. Die Kosten des Verfahrens müssen in einem vertretbaren Verhältnis zu den späteren Sanierungskosten stehen, da das Aufmessen im ersten Schritt nur zur Erstellung eines Angebotes dient und nur im Falle der Beauftragung indirekt vergütet wird.

In einem ersten Schritt werden verschiedene potentielle Aufmaßverfahren auf ihre Eignung hin untersucht. Vor einer praktischen Erprobung wird zunächst geprüft, ob das Verfahren unter den bereits genannten Randbedingungen grundsätzlich geeignet ist.

3.1 3D-Laserscanning

Das terrestrische 3D-Laserscanning ist eine Methode, bei der Objekte mit Hilfe von punktwisen Entfernungsmessungen erfasst werden. In Abhängigkeit von dem gewünschten oder erforderlichen Detaillierungsgrad wird der Abstand der aufzunehmenden Punkte, also die Abtastrate, vorgegeben, die vom Laser dann innerhalb seines Messbereichs automatisch erfasst wird. Beim Messbereich wird der Laserscanner hinsichtlich der Gesichtsfelder zwischen Panorama- und Kamera-Scanner unterschieden. Panorama-Scanner können ihre Umgebung über einen 360°-Schwenk fast vollständig abscannen. Kamera-Scanner haben hingegen ein eingeschränktes Gesichtsfeld, vergleichbar einer Fotokamera. Für eine effektive Erfassung, insbesondere beim Aufmaß von Innenräumen, sind Panorama-Scanner besser geeignet.

Mit einer Messgeschwindigkeit eines Laserscanners von durchschnittlich etwa 15 Minuten pro Scan mit circa einer Million Punkten werden pro Minute mehr als 1000 Punkte erfasst. Als Ergebnis einer Messung entsteht eine dreidimensionale Punktwolke, welche die Oberflächengeometrie des vermessenen Objektes äußerst exakt beschreibt und für die weitere Bearbeitung zur Verfügung steht. Ein Verknüpfen von Punktwolken ist auf verschiedenen Wegen möglich. So kann dies durch direkte Stationierung und Horizontierung auf einen Bezugspunkt sowie die Orientierung zu einem weiteren Bezugspunkt geschehen. Ferner ist eine Verknüpfung durch spezielle Referenzmarken, z.B. retroreflektierende Zielmarken, Referenzkörper oder durch Objekt-

⁷ Vgl. Kapitel 2.

referenzen möglich, wenn das Messobjekt aus Regelgeometrien besteht oder in den Punktwolken jeweils identische markante Objektabschnitte enthalten sind.⁸

Zur Ableitung von dreidimensionalen Modellen sind die gegebenenfalls miteinander verknüpften Punktwolken in idealisierte Grund- oder Regelgeometrien zu zerlegen. Bei einigen Programmen erfolgt die Erkennung von einfachen Bauteilen, z.B. Wänden oder Fenstern, automatisch. Andere Software ermöglicht einen direkten Transfer der Punktwolke in CAD-Programme, mit denen dann z.B. über Objektfänge Körper und Flächen erstellt werden können. Nach Abschluss der Modellierung liegt ein dreidimensionales Abbild des aufgenommenen Objektes vor, das als Grundlage für weitere Planungen von CAD-Programmen genutzt werden kann.⁹

Der Einsatz eines 3D-Laserscanners wird im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht weiter verfolgt, da allein schon die Investitionskosten für einen solchen 3D-Scanner im Bereich eines sechsstelligen Euro-Betrages liegen. Im Hinblick auf einen Handwerksbetrieb aus dem Bereich des Heizungs- oder Sanitärgerwerbes als potentiellen Nutzer ist eine solche Investition nicht wirtschaftlich vertretbar. Ferner verursacht die erforderliche Auswertungssoftware für die vom 3D-Laserscanner ermittelten Daten nicht nur weitere Kosten, sondern erfordert eine intensive Einarbeitung und setzt eingehende Kenntnisse von 3D-Software voraus. Auch dies kann von einem Mitarbeiter eines Handwerksbetriebes als Gelegenheitsanwender nicht geleistet werden.

3.2 Photogrammetrie

Die Photogrammetrie ist ein indirektes physikalisches Messverfahren zur Bestimmung der Geometrie eines Objektes. Der photogrammetrische Messprozess besteht dabei aus den zwei grundsätzlichen Bestandteilen der Bildaufnahme, fotografisch oder digital, und aus der Bildauswertung.

Die klassische fotografische Aufnahme spielt aufgrund der inzwischen sehr leistungsstarken und preiswerten Digitalkameras nur noch eine untergeordnete Rolle. Bei der Restaurierung oder Rekonstruktion alter Bauwerke oder Bauwerksbestandteile liegen jedoch in der Regel nur analoge Fotos vor, so dass in diesem Einsatzbereich zunächst eine digitale Aufbereitung der Fotos erforderlich ist. Ansonsten werden die Aufnahmen jedoch direkt digital erstellt.

⁸ Vgl.: Kern: 3D-Laserscanning bei der Gebäudedokumentation, 2004.

⁹ Vgl.: o.V., Infobroschüre Geosys / IB-Eber, 2003.

In Abhängigkeit von der Anzahl der Bilder und insbesondere der dafür gewählten Standpunkte ist bei der Bildauswertung ein Transfer in Ansichten oder auch in dreidimensionale Koordinaten möglich. Im ersten Fall, der so genannten Einzelbildauswertung, wird die Abbildung entsprechend den Gesetzen der Zentralprojektion vorgenommen. Um eine dreidimensionale Darstellung zu erhalten, sind mindestens zwei Aufnahmen von unterschiedlichen Standpunkten aus erforderlich. Sowohl bei der Einzel- als auch bei der Mehrbildauswertung sind zusätzliche Angaben über Größen von im Bild dargestellten Strecken, Höhen oder ähnlichem erforderlich.¹⁰

Die Investitionskosten für eine Digitalkamera sind inzwischen relativ gering, allerdings ist die erforderliche Auswertungssoftware um ein vielfaches teurer. Weiterhin ist eine intensive Einarbeitung in die Auswertungssoftware erforderlich, um damit arbeiten zu können. Da die Photogrammetrie fast ausschließlich von Vermessern angeboten wird, die sich darauf spezialisiert haben, verdeutlicht dies, dass das Verfahren für einen Gelegenheitsanwender, der im Rahmen dieses Vorhabens die Zielgruppe bildet, eher nicht geeignet ist. Daher wird ein Aufmaß durch Photogrammetrie nicht weiter untersucht.

Der Einsatz einer Digitalkamera zur Aufnahme der Räumlichkeiten oder spezieller Details innerhalb dieser, erscheint dennoch sinnvoll, um als Gedankenstütze zu dienen und einen visuellen Eindruck zu vermitteln. Daher wird im Rahmen der Erprobung der dafür geeignet erscheinenden Aufmaßverfahren auch eine Digitalkamera eingesetzt.¹¹

3.3 Tachymetrie

Unter Tachymetrie wird die Bestimmung von Geländepunkten nach Lage und Höhe durch gleichzeitiges Messen von Entfernung, Richtung und Höhenunterschied mit einem Tachymeterinstrument verstanden. Die Lageaufnahme arbeitet dabei nach dem Prinzip der Polarkoordinaten und die Höhe wird trigonometrisch aus Distanz und Zenitwinkel bestimmt. Bei der Tachymetrie werden einzelne charakteristische Punkte aufgenommen, die im Anschluss zeichnerisch verbunden werden.

Das Haupteinsatzgebiet der Tachymetrie ist die Erfassung der topographischen Gegenstände und Geländeoberfläche zur Herstellung von Lage- und Höhenplänen und zur Ergänzung topographischer Karten. Dabei kann die Erfassung sowohl von koordinaten- und höhenmäßig bekannten Standpunkten aus erfolgen, was den Vorteil hat, dass auch die aufgenommenen Geländepunkte direkt im Landeskoordinaten-

¹⁰ Vgl.: Hell: Photogrammetrie, 2001

¹¹ Vgl. Kapitel 4 + 5.

und -höhen system bestimmt werden können, als auch von frei gewählten Standpunkten aus, deren Positionen durch Winkel- und Streckenmessung zu Anschlusspunkten ermittelt werden.

Bei den Tachymeterinstrumenten handelt es sich im Prinzip um Theodoliten mit der zusätzlichen Möglichkeit, Entfernungen zu messen. Dies geschieht bei klassischen Instrumenten durch im Zielfernrohr eingebaute Einrichtungen und Ablesung an einer im Zielpunkt aufgestellten Tachymeterlatte. Bei moderneren Geräten sind Einrichtungen zur elektrooptischen Distanzmessung integriert und im Zielpunkt wird ein Reflektorprisma aufgestellt. Da inzwischen durch die Weiterentwicklungen bei den Entfernungsmessgeräten berührungslose Messungen möglich sind, werden Tachymeterinstrumente auch verstärkt zur Bauwerksaufnahme eingesetzt.¹²

Die Investitionen für einen Tachymeter, der auch als Totalstation bezeichnet wird, belaufen sich inzwischen auf unter 10.000 Euro. Dies ist zwar für einen Handwerksbetrieb in der Regel schon eine große Summe, die aber dennoch gerechtfertigt scheint, wenn damit ein einfaches und schnelles Aufmaß erreicht werden kann. Im Rahmen diese Vorhabens ist daher der Einsatz eines Tachymeters erprobt worden.

3.4 Laserdistanzmessung

Mit dem Laserlicht können interferometrische Längenmessungen mit Genauigkeiten bis in den Mikrometerbereich hinein bei Längen von 20 m und in Ausnahmefällen sogar von 50 m durchgeführt werden. Der sehr kleine Divergenzwinkel ermöglicht die Nutzung des Laserstrahls als aktiven Zielstrahl sowie zur Zielpunktmarkierung für reflektorlose Distanzmessungen, die infolge der hohen Energiedichte ebenfalls möglich sind.

Die Gebäudeaufnahme und speziell die Gebäudeinnenaufnahme zählt zu den Haupteinsatzgebieten der reflektorlosen oder berührungslosen Laserdistanzmessung. Hierfür werden vor allem Laser im Impulsbetrieb eingesetzt, bei denen die Distanz aus der Laufzeit von sehr kurzen Lichtimpulsen zwischen Aussenden und Rückkehr bestimmt wird.

Die Reichweite und die Genauigkeit der reflektorlosen Messung hängt erheblich von den meteorologischen Bedingungen und der angemessenen Oberfläche ab. Neben der Oberflächenstruktur und -rauigkeit sind die Farbe und Abweichung der Lage der Fläche von der Rechtwinkligkeit zum Messstrahl, die eine Messung auf gedrehte oder geneigte Zielflächen zur Folge hat, wesentliche Parameter. Ferner beeinflussen

¹² Vgl.: Witte, Schmidt: Vermessungskunde für das Bauwesen, 1995.

reflektierende Gegenstände im Zielstrahl die Messungen. Beim Aufmessen in Gebäuden können bei inneren und äußeren Ecken sowie an Kanten von z.B. Vorsprüngen Abweichungen im Millimeterbereich auftreten. Solche Ungenauigkeiten sind aber für ein Aufmaß unerheblich.

Reflektorlose Laserdistanzmessgeräte sind häufig als Aufsatzgeräte mit anderen Vermessungsgeräten kombinierbar und werden von einer Vielzahl von Herstellern angeboten. Für das Aufmaß in Gebäuden gibt es Handmessgeräte, die in einem Messbereich von 0,3 bis 100 m mit 1,5 bis 5 mm ausreichende Genauigkeiten erreichen.¹³

Die Anschaffungskosten für ein Handmessgerät, das als Distometer oder kurz Disto bezeichnet wird, betragen einige hundert Euro. Selbst Spitzenmodelle die auch eine kabellose Datenübertragung mittels Infrarot oder Bluetooth ermöglichen sind für unter tausend Euro zu erwerben. Diese geringen Investitionskosten und die einfache Anwendung der Geräte lassen ihren Einsatz bei Handwerksbetrieben sinnvoll erscheinen. Daher wird das Aufmaß mittels Laser-Distometer im Rahmen dieses Forschungsvorhabens getestet.

3.5 Mechanische Distanzmessung

Bei der mechanischen Distanzmessung werden mit den klassischen Messgeräten Zollstock oder Maßband Längen gemessen. Die Protokollierung der aufgemessenen Strecken erfolgt in der Regel in einer Skizze mit Stift und Papier. Es gibt jedoch neuere Verfahren, bei denen auf dem Display eines so genannten Handheld-PCs mit einem Spezialstift der Grundriss skizziert und von dem PC dann vorgegeben wird, welche Werte zu messen sind. Dies stellt sicher, dass alle erforderlichen Maße zur Bestimmung der Raumgeometrie aufgenommen werden.

Da ein Aufmaß mit dem Maßband zwei Personen erfordert und auch bei der Verwendung von Handheld-PCs Eingabefehler nicht ausgeschlossen werden können, wird die mechanische Distanzmessung im Rahmen dieses Vorhabens nur als Ergänzung zu anderen Aufmaßverfahren erprobt.

¹³ Vgl.: Mörser, Müller, Schlemmer, Werner: Ingenieurgeodäsie, 2000.

4 Erprobung der ausgewählten Aufmaßverfahren

4.1 Vorüberlegungen

4.1.1 Erforderliche Genauigkeit

Planungsunterlagen für die Erstellung von Bauleistungen werden in der Regel mit einer Genauigkeit bis in den Millimeterbereich vermaßt. Die gebräuchlichste Darstellung ist in der Einheit Meter vor dem Komma, die Zentimeter dahinter und die Millimeter werden hochgestellt (z.B.: 1,01⁵ m). Diese Exaktheit sollte auch für das Aufmaß angestrebt werden, da damit maximale Abweichungen von weniger als einem Zentimeter sichergestellt werden. Diese Genauigkeit ist auch für die Ausführung relevant, um die abgehängten Sammelleitungen mit einem entsprechenden Gefälle verlegen zu können und somit das Abwasser durch eine Freispiegelleitung abzuführen.

4.1.2 Auswahl der Räumlichkeiten

Um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Aufmaßverfahren zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass die Räumlichkeiten über den für die Testphase der jeweiligen Verfahren erforderlichen Zeitraum möglichst unverändert zur Verfügung stehen. Weiterhin soll es sich um Kellerräume in einem Altbau handeln, da dies auch die häufigste Umgebung bei der realen Ausführung von abgehängten Sammelleitungen ist. Ferner sollten Vorsprünge oder andere Einbauten in den Räumlichkeiten vorhanden sein und Teilbereiche möglichst nicht direkt zugänglich sein, um realistische Randbedingungen zu erreichen.

Bei einer Anfrage an die für die Hochschulgebäude zuständige Abteilung des Bau- und Liegenschaftsbetriebes (BLB) in Aachen, wurde uns angeboten, die Kellerräume des Gästehauses der RWTH-Aachen zu nutzen. Das Gebäude wurde 1913/14 errichtet und seit 2005 wird es saniert und teilweise umgebaut. Aufgrund des Umbaus erfolgt keine Nutzung des Gästehauses, so dass die Kellerräumlichkeiten über den erforderlichen Zeitraum für das Testen der verschiedenen Aufmaßverfahren zur Verfügung standen. Teilbereiche der Räume waren nur eingeschränkt zugänglich, da sie, wie in Abbildung 3 zu sehen ist, während der Umbauphase als Lagerflächen verwendet wurden. Weiterhin ist in Abbildung 3 zu erkennen, dass in den Kellerräumen Versprünge der Wände und Einbauten in Form von gemauerten Regalen vorhanden sind. Da die Kellerräume des Gästehauses der RWTH-Aachen alle gestellten Anforderungen an die aufzumessenden Räumlichkeiten erfüllten, wurden sie zum Testen der Aufmaßverfahren genutzt.



Abbildung 3: Kellerraum im Gästehaus der RWTH-Aachen

Für eventuell erforderliche Vortests der einzelnen Aufmaßverfahren stand im Kellergeschoss der Versuchshalle des ibb – Institut für Baumaschinen und Baubetrieb ein Klimaraum samt Vorraum zur Verfügung. In Abbildung 4 ist zu sehen, dass auch schon in diesem relativ kleinen Raum verschiedene Einbauten vorhanden sind, die ein Aufmaß entsprechend aufwendiger werden lassen. Insbesondere sind einige Rohrleitungen vorhanden, die ebenfalls aufgenommen werden sollen.



Abbildung 4: Klimaraum und Vorraum des ibb

Auf die Auswahl weiterer Räumlichkeiten wurde zunächst verzichtet, da mit den gewählten bereits alle Anforderungen für das Testen der Aufmaßverfahren erfüllt werden konnten.

4.2 Erprobung Tachymeter

Bei der Erprobung des Aufmaßes mittels Tachymeter wurde zunächst geprüft, ob dies durch Mitarbeiter des ibb oder des Institutes für Vermessungskunde der RWTH-Aachen geschehen kann. Nach Rücksprache mit den Vermessungskundlern wurde entschieden, eine externe Firma mit der Durchführung des Aufmaßes zu beauftragen. Dabei wurden zunächst einige Vermessungsbüros und auch Hersteller von Auswertungssoftware für Aufmaße angefragt.

Nach Durchsicht und Auswertung der eingegangenen Antworten wurde entschieden, bei dem Aufmaß mittels Tachymeter die Software TachyCAD der Firma Kubit zu verwenden. Die Software ist mit allen gängigen CAD-Programmen kompatibel, so dass die Daten aus dem Aufmaß problemlos in das am ibb verwendete AutoCAD 2006 eingelesen werden können. Ferner bietet die Software die Möglichkeit, auch anderweitig, beispielsweise mittels Zollstock aufgemessene Daten einzugeben.

Für das eigentliche Aufmaß im Gästehaus der RWTH-Aachen wurde uns von der Firma Kubit ein Partner, das Büro vermessung + technik in Köln, empfohlen. Um einen möglichst realitätsnahen Ablauf des Aufmaßes zu gewährleisten, wurde dem Büro lediglich mitgeteilt, dass es sich um Kellerräume handelt, die aufzumessen sind. Mehr Informationen liegen einem Handwerker in der Regel auch nicht vor, wenn er in die Räumlichkeiten gelangt, in denen die abgehängten Sammelleitungen verlegt werden sollen.

Da für das Aufmaß der Räumlichkeiten keine Anbindung an ein übergeordnetes Koordinatensystem erforderlich ist, wird nur ein lokales Koordinatensystem benötigt, so dass keine Stationierung des Standortes des Tachymeters notwendig ist. Um den Standort eindeutig zu definieren, sind mindestens drei so genannte Passpunkte erforderlich. Diese werden möglichst an verschiedenen Wänden des Raumes angebracht und mittels Klebmarken fixiert, damit der Tachymeter, falls er zwischenzeitlich, z.B. durch Unachtsamkeit, von seinem Standpunkt verschoben werden sollte, ggf. neu exakt eingemessen werden kann. In Abbildung 5 sind die Passmarken dargestellt. Sie sind so anzubringen, dass sie vom Tachymeter direkt angepeilt werden können.

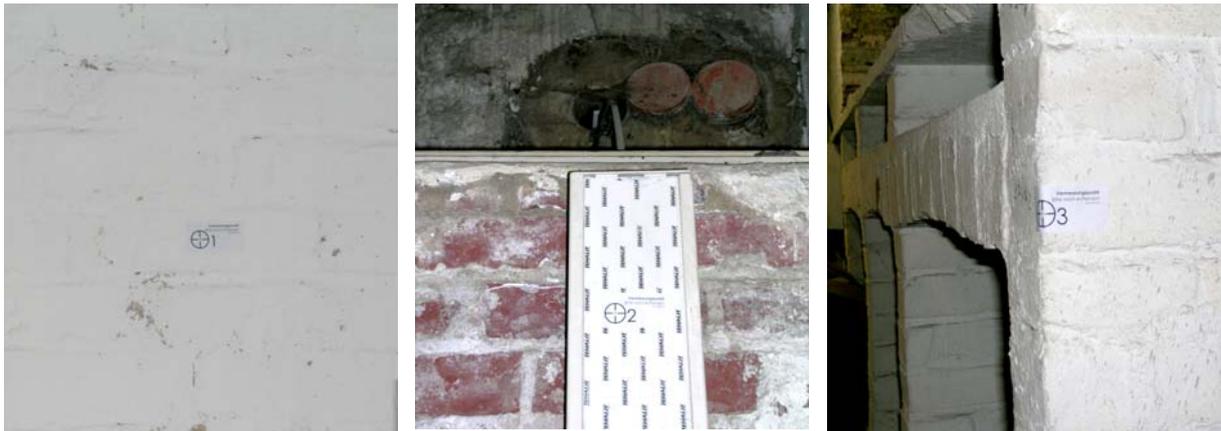


Abbildung 5: Passmarken zum Einmessen des Tachymeters

Das Programm TachyCAD führt den Anwender durch die erforderlichen Schritte, wie anhand der folgenden Abbildungen zu erkennen ist.

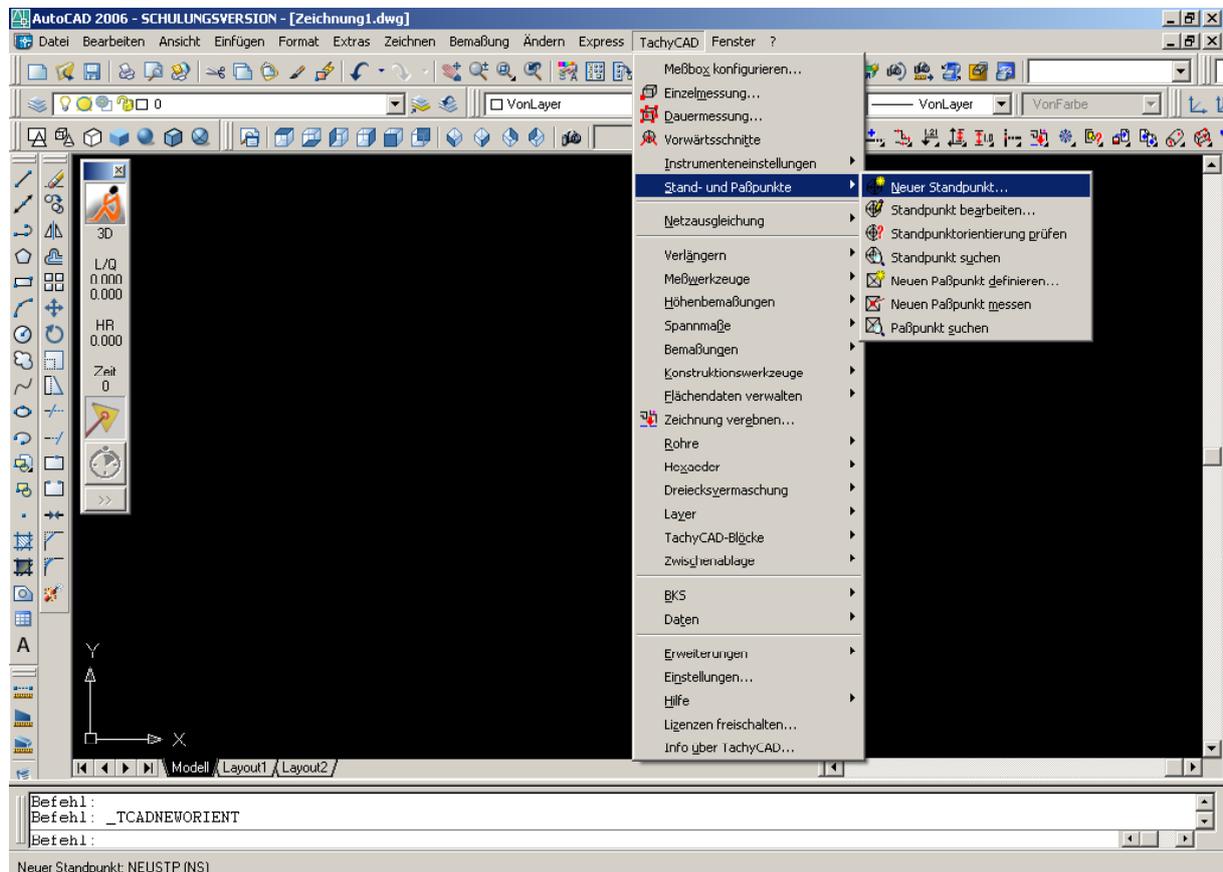


Abbildung 6: Screenshot TachyCAD, Neuer Standpunkt

Entwicklung eines 3D-Planungssystems

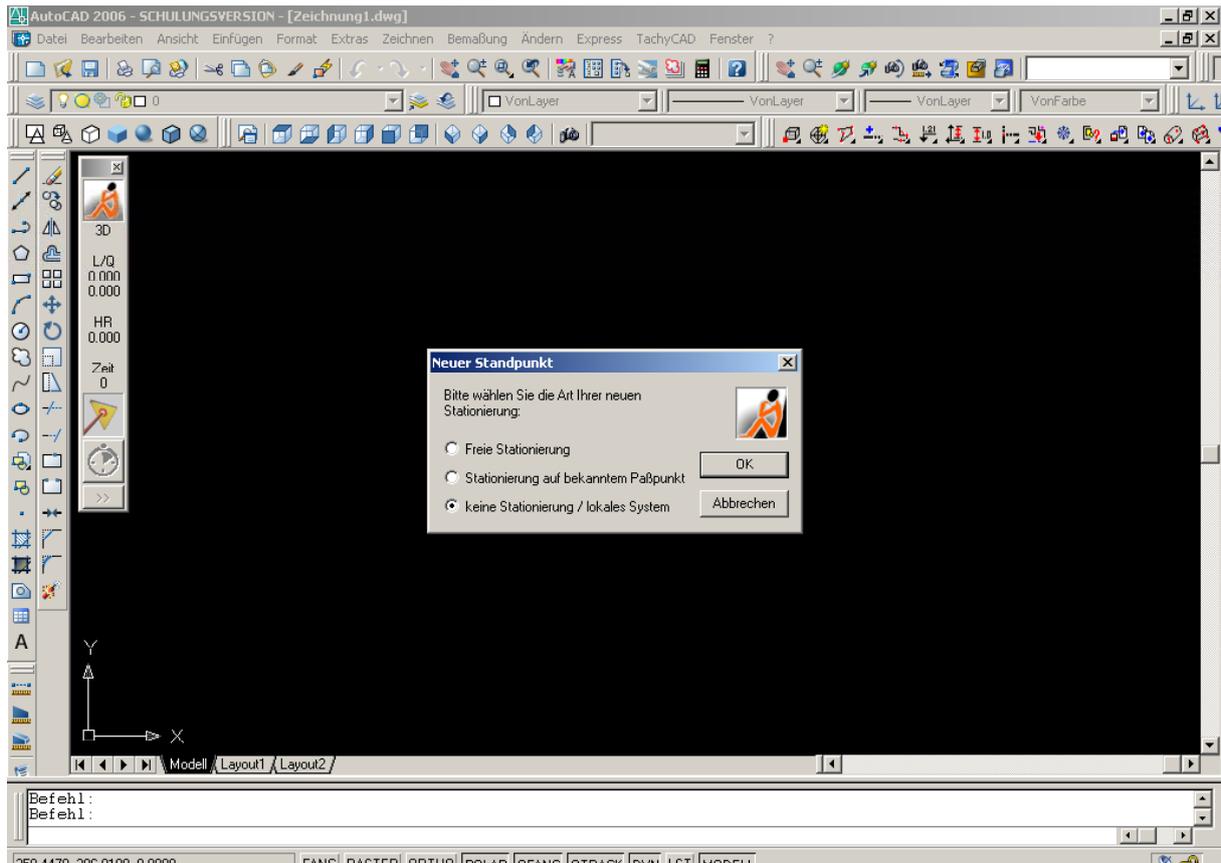


Abbildung 7: Screenshot TachyCAD, Lokales System

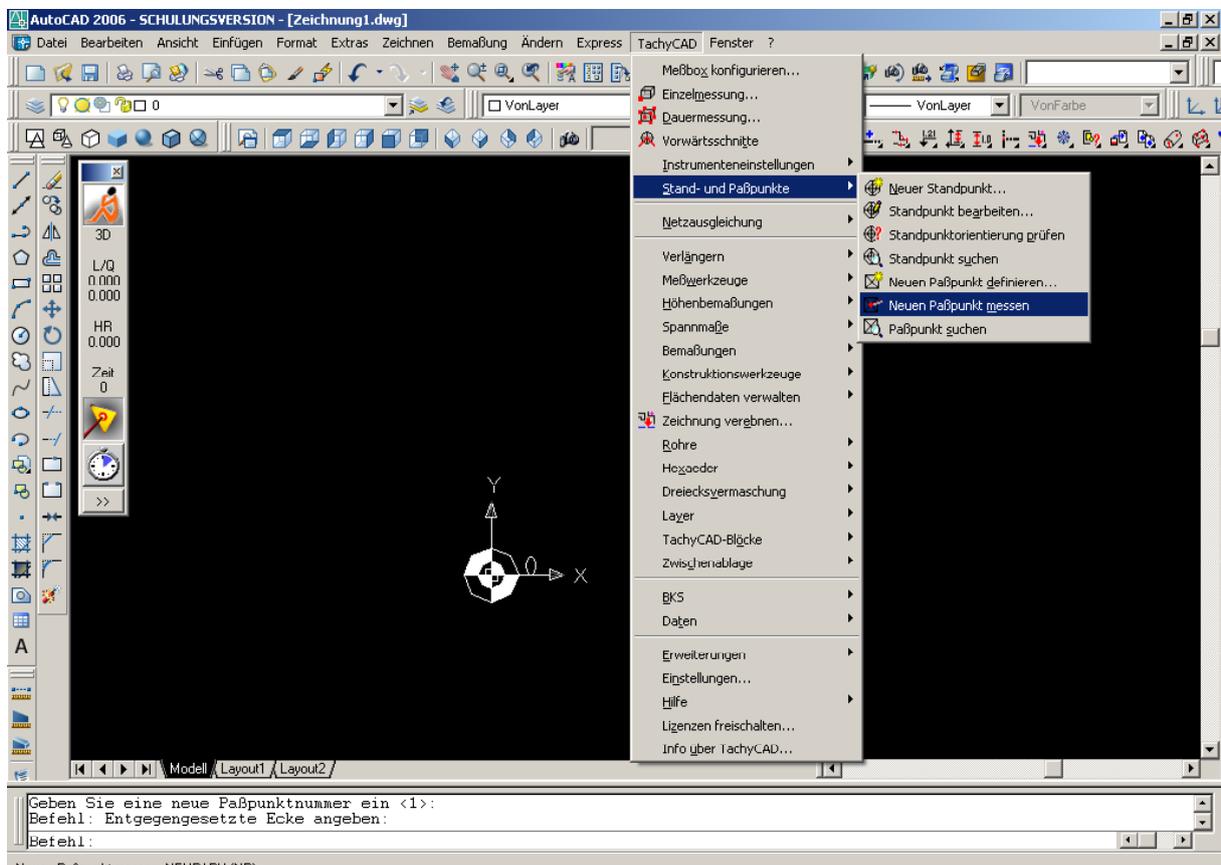


Abbildung 8: Screenshot TachyCAD, Neuer Passpunkt

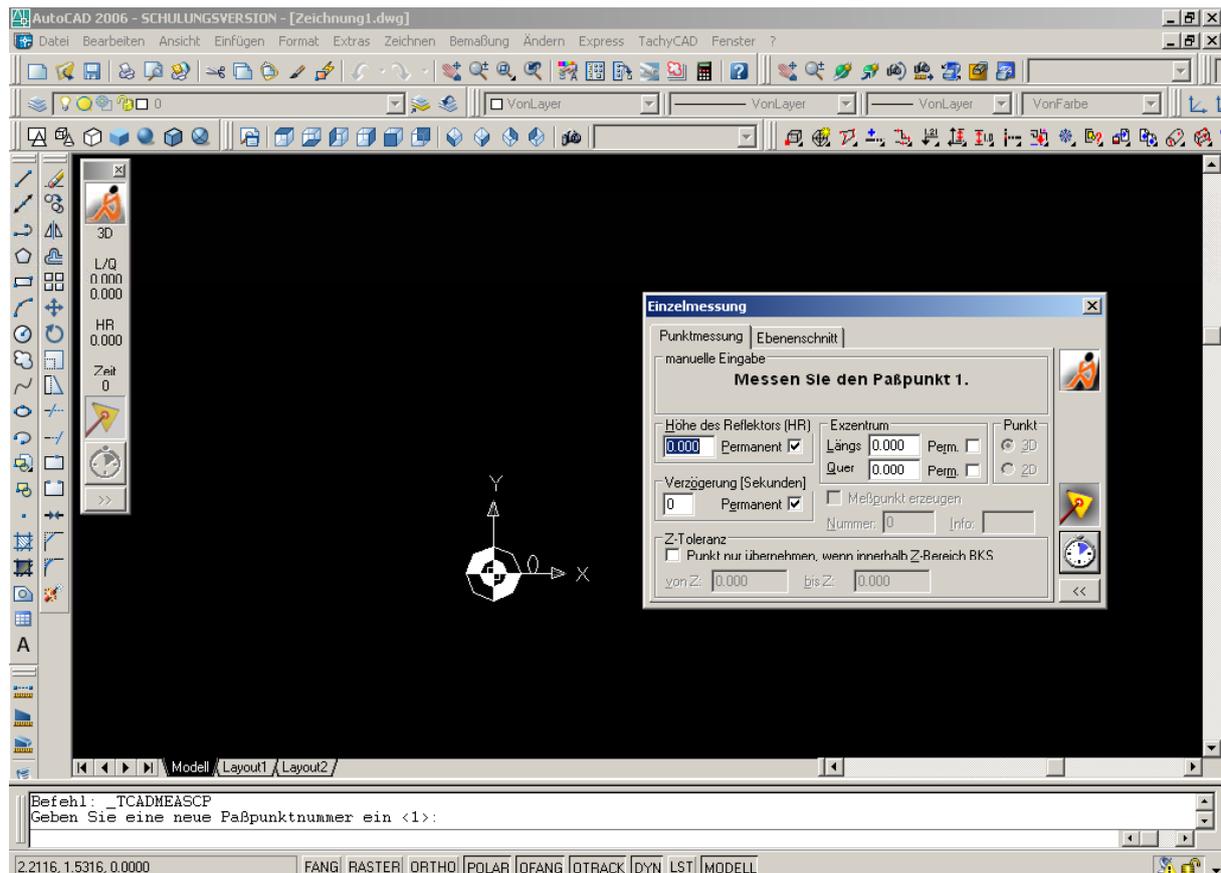


Abbildung 9: Screenshot TachyCAD, Passpunkt messen

Nachdem der Standpunkt durch drei Passpunkte festgelegt ist kann jeder beliebige Punkt im Raum gemessen werden. Beim Aufnehmen des Grundrisses wird der Anwender durch das Programm geführt. So kann an einer beliebigen Ecke des Raumes begonnen und dann immer die nächste Ecke oder Kante anvisiert werden. Ist die letzte Ecke / Kante aufgenommen und bestätigt, verbindet die Software diese automatisch mit dem Anfang der Messkette. Dabei ist es nicht erforderlich, dass alle Messpunkte in einer Höhe liegen, denn die Software berücksichtigt die verschiedenen Höhenlagen bei der Auswertung und es kann direkt ein Grundriss oder jede beliebige Ansicht inklusive Schnitten angezeigt werden, wie in Abbildung 10 und Abbildung 11 zu sehen ist. Dort sind auch die Passpunkte und der Standort des Tachymeters mit jeweils eigenen Symbolen dargestellt. Weiterhin ist zu erkennen, dass zwei Standpunkte des Tachymeters für das Aufmaß erforderlich waren, aufgrund der günstigen Wahl der Standorte jedoch nur ein weiterer Passpunkt angebracht werden musste.

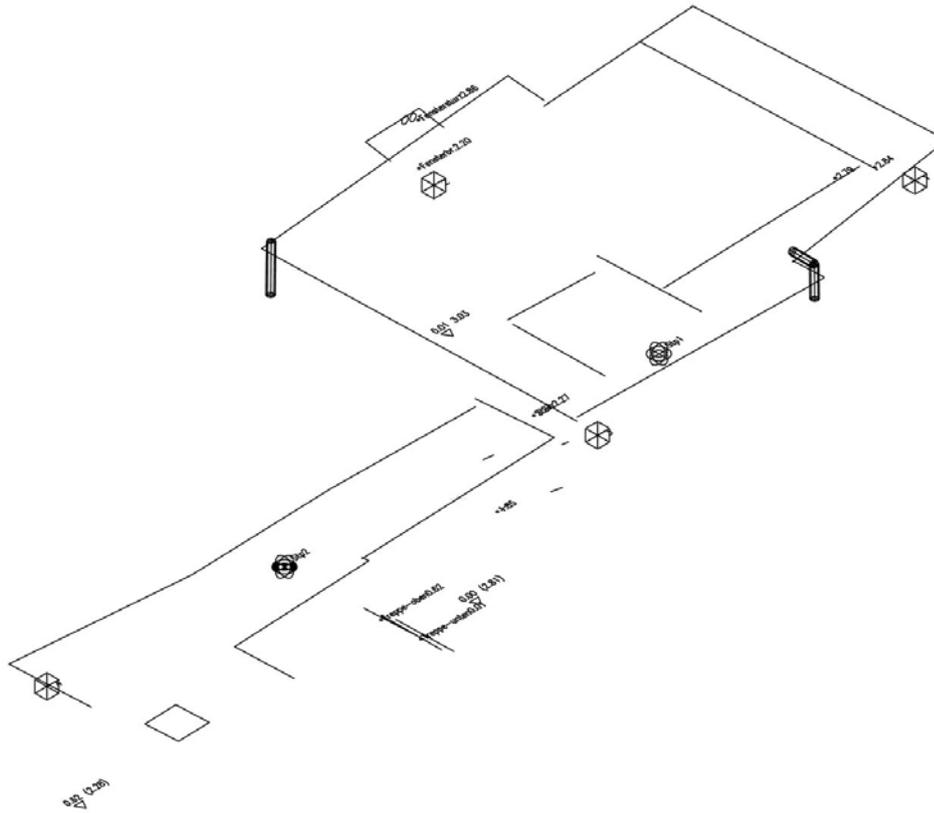


Abbildung 10: Schräge Draufsicht des aufgemessenen Raumes in TachyCAD

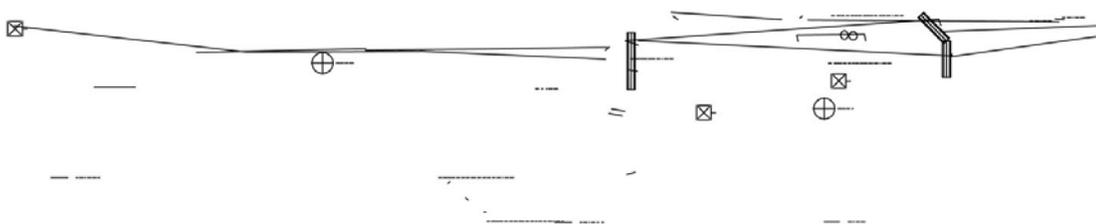


Abbildung 11: Schnitt des aufgemessenen Raumes in TachyCAD

Auch für das Aufmaß linienartiger Objekte wie Leitungen gibt es einen Assistenten in TachyCAD, der den Anwender führt. Rohrleitungen können direkt als solche aufgemessen werden, wie in Abbildung 12 durch einen entsprechenden Screenshot dargestellt.

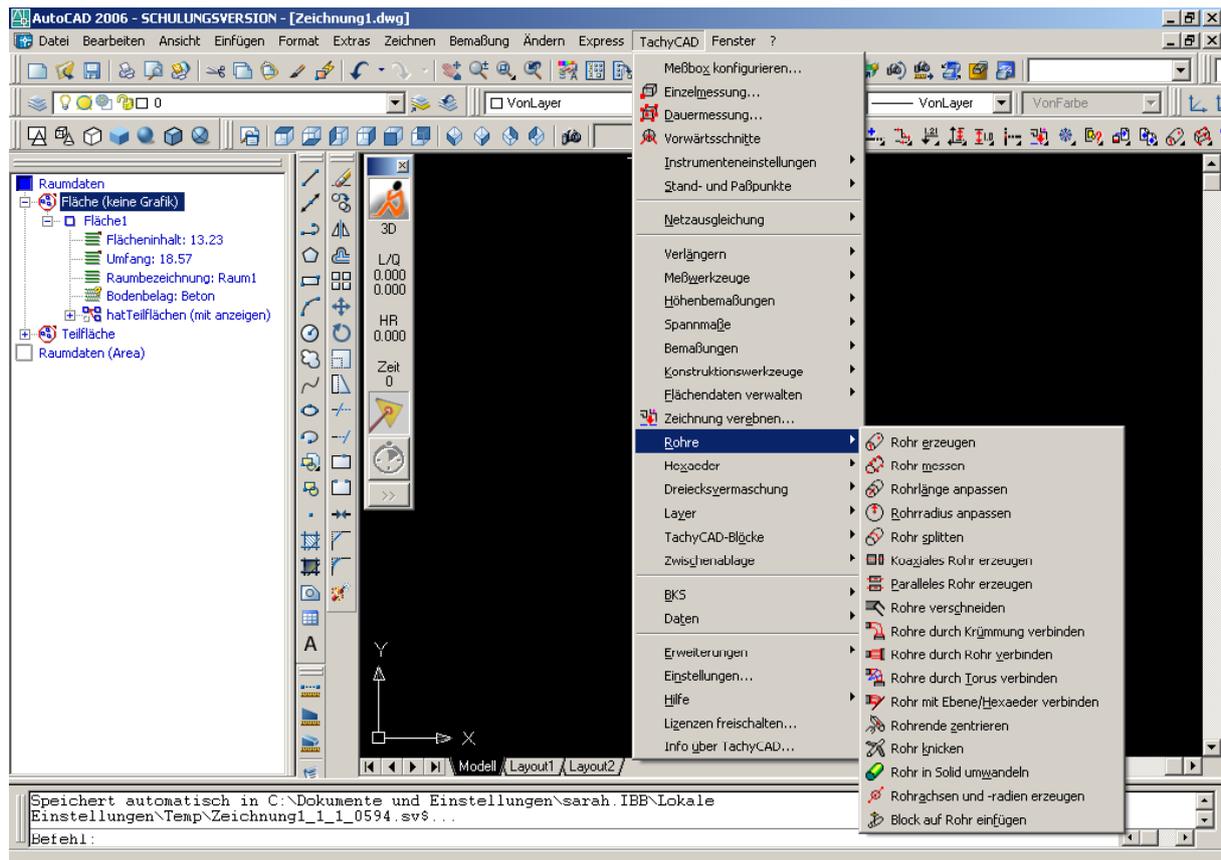


Abbildung 12: Screenshot TachyCAD, Rohre

Für das in den vorigen Abbildungen gezeigte Aufmaß hat ein Mitarbeiter des Büros vermessung + technik inklusive der erforderlichen Zeit zum Aufbau und Einrichten des Tachymeters drei Stunden benötigt. Bei dem Mitarbeiter handelt es sich um einen so genannten professionellen Anwender, d.h. jemanden, der beruflich nahezu täglich mit der Software und einem Tachymeter umgeht. Ein Gelegenheitsanwender benötigt voraussichtlich mehr Zeit für dieses Aufmaß. Weiterhin hat die Erprobung gezeigt, dass eine intensive Einarbeitung in die Software TachyCAD notwendig ist, um schnell und zuverlässig damit zu arbeiten.

4.3 Erprobung Laserdistometer

Aufgrund der einfachen Bedienbarkeit eines Laserdistometers ist die Erprobung des Aufmaßes mittels Laserdistometer (Disto) nicht extern vergeben, sondern von Mitarbeitern des ibb durchgeführt worden. Weiterhin sprach für die Erprobung in Eigenleistung, dass ein entsprechender Disto bereits im Institut vorhanden war. Dieser entspricht zwar nicht mehr den aktuellen Modellen, die Unterschiede liegen vor allem in der Baugröße und einer heute möglichen kabellosen Datenübertragung, ist aber für eine Erprobung des Aufmaßverfahrens ausreichend.

Das Aufmaß mittels Distometer sollte wie das Verfahren mittels Tachymeter Software gestützt durchgeführt werden. Dazu wurde das Programm „maxmess“ der Firma BJC eingesetzt. Diese Software wurde ursprünglich für das CAD-Programm der Firma Nemetschek entwickelt, ist jedoch auch mit anderen CAD-Programmen und insbesondere mit AutoCAD 2006 kompatibel. Da es sich bei „maxmess“ um ein eigenständiges Programm handelt, ist für das Erstellen eines Aufmaßes keine andere CAD-Software erforderlich. Weiterhin werden die Systemvoraussetzungen der Software bezüglich der Hardware von jedem neueren Rechner erfüllt. Zusätzlich ist auch eine Verwendung auf kleineren Handheld- oder Tablet-PCs möglich. Im Rahmen der Erprobung wurde ein Laptop verwendet, da dieser auch für die weitere Planung geeignet ist.

Um maxmess einsetzen zu können, ist als Betriebssystem mindestens Windows 2000 erforderlich, was aber als Standard vorausgesetzt werden kann. Der Aufbau der Benutzeroberfläche von maxmess ist an Office-Produkte angelehnt, so dass auch für einen „gewöhnlichen“ Computernutzer keine besondere Einarbeitung in die Software notwendig ist. Die Benutzung von maxmess ist aufgrund der sehr einfachen Struktur weitestgehend selbsterklärend. Neben einer kabellosen Übermittlung der Daten eines Distometers wird auch die händische Eingabe anderweitig, beispielsweise mittels Zollstock, gemessener Daten ermöglicht. Weiterhin können Fotos und sogar Videosequenzen in das Aufmaß integriert werden, so dass diese Informationen direkt in dem jeweiligen Raum oder zu dem entsprechenden Bauteil hinterlegt werden.

Um vergleichbare Randbedingungen für das Aufmaß mit einem Distometer sicherzustellen, wurde es von einer studentischen Hilfskraft des ibb durchgeführt, der die Räumlichkeiten im Keller des Gästehauses der RWTH-Aachen noch nicht bekannt waren. Um dort jedoch nicht zum ersten Mal ein Aufmaß mit dem Disto und der Software maxmess durchzuführen, wurden zur Vorerprobung Räumlichkeiten im Keller der Institutshalle aufgemessen (siehe Abbildung 4).

In Abbildung 13 ist das mit der Software maxmess unterstützte Aufmaß des Klimakellers des ibb dargestellt, nachdem es zur weiteren Bearbeitung in AutoCAD importiert wurde. Die studentische Hilfskraft hat für das abgebildete Aufmaß, bei der erstmaligen Benutzung des Distometers und der Software maxmess, zwei Stunden benötigt. Für die weitere Aufbereitung wurden einige Fotos des Klimakellers angefertigt und zu dem Aufmaß hinzugefügt.

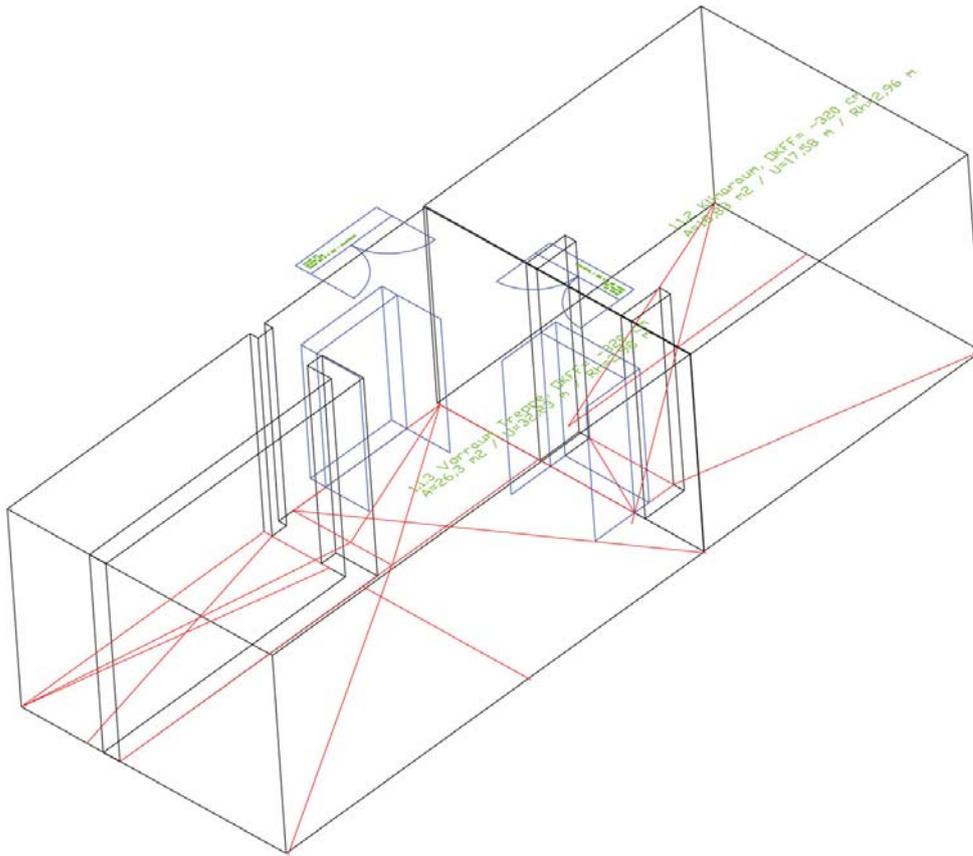


Abbildung 13: Aufmaß Klimakeller von maxmess in AutoCAD importiert

Nach der problemlosen Einarbeitung der studentischen Hilfskraft in das Aufmaß mittels Distometer und maxmess am Beispiel des Klimakellers, wurde das eigentliche Aufmaß der Kellerräumlichkeiten des Gästehauses der RWTH-Aachen durchgeführt. Abbildung 14 zeigt den aufgemessenen zweidimensionalen Grundriss sowie einige links in der Menüleiste graphisch dargestellte Funktionen. Sobald ein Raumhöhe eingegeben oder gemessen wird, berechnet die Software daraus automatisch eine dreidimensionale Darstellung. Dies gilt entsprechend auch für sämtliche Einbauten. Die folgenden Abbildungen zeigen die 3D-Darstellung, die aus beliebigen Winkeln möglich ist, da sich das Objekt frei drehen lässt.

Entwicklung eines 3D-Planungssystems

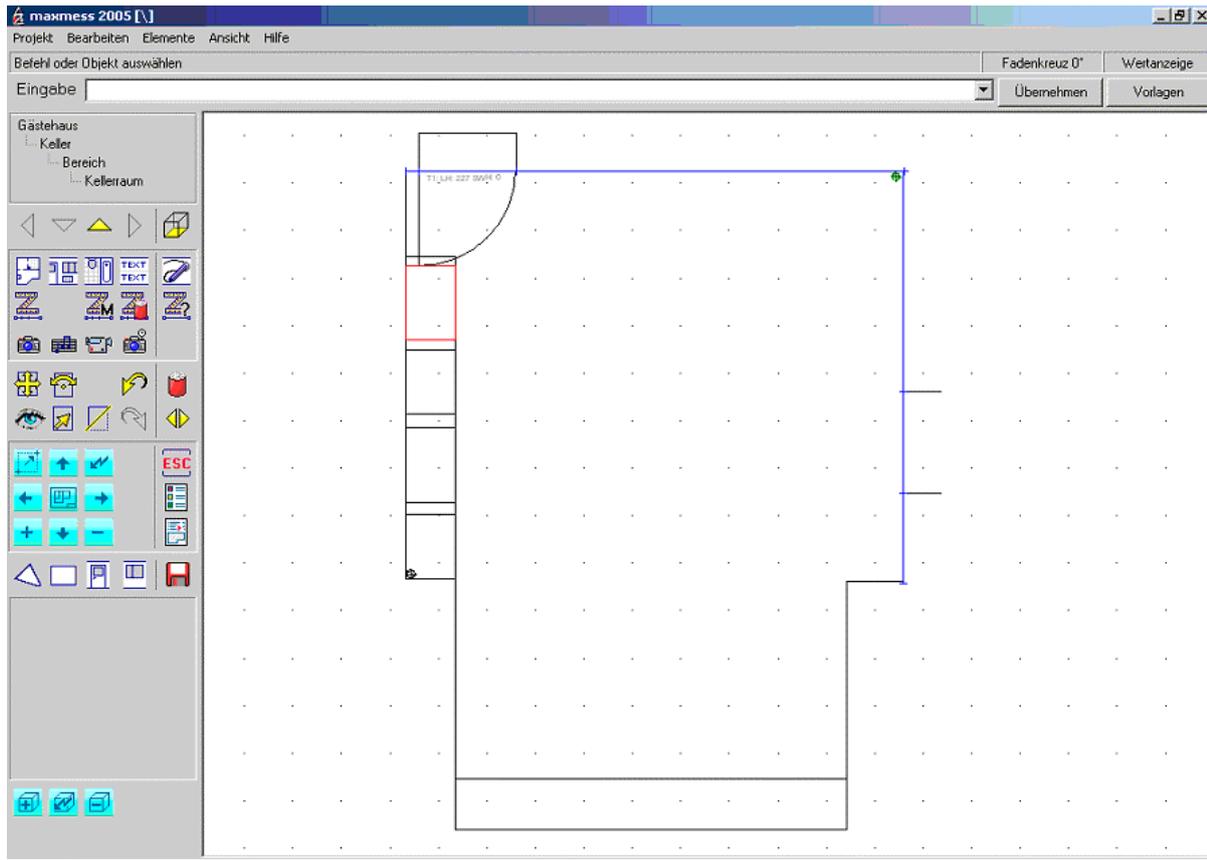


Abbildung 14: Screenshot maxmess, Grundriss

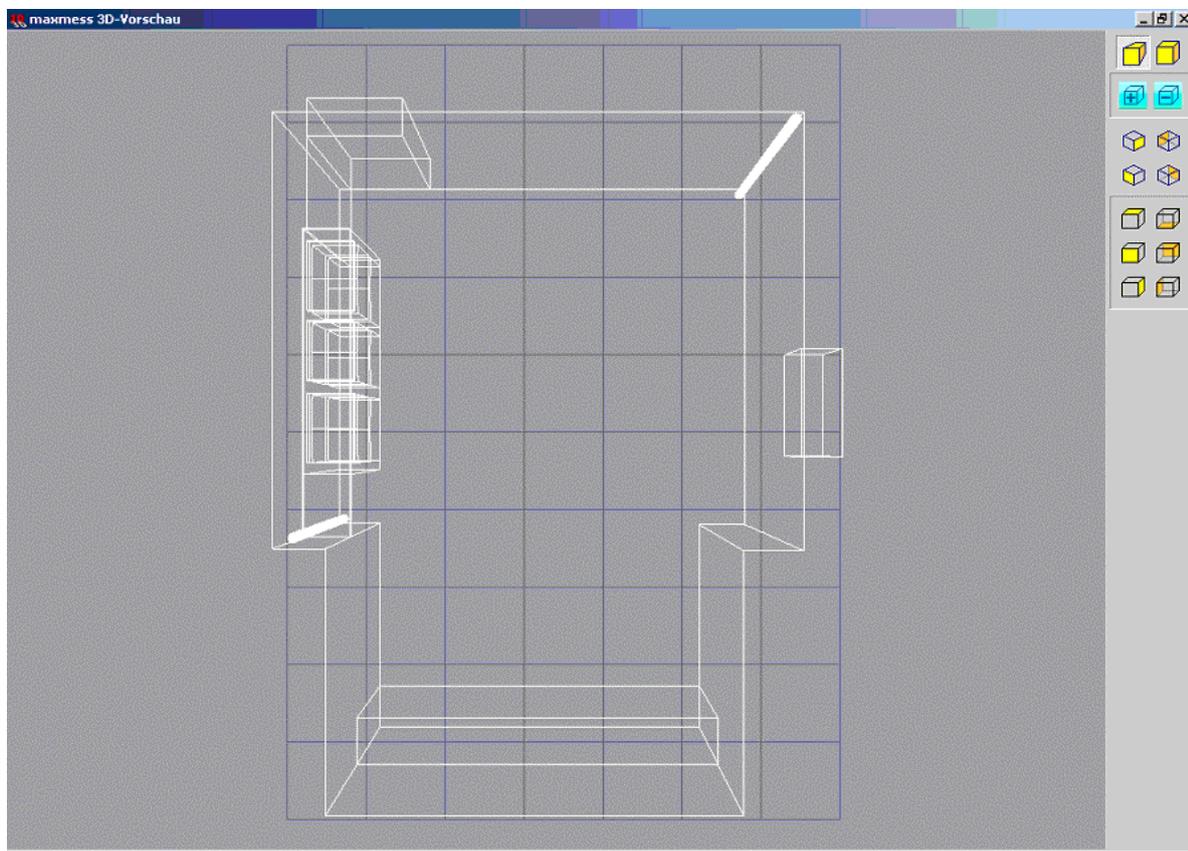


Abbildung 15: Screenshot maxmess, 3D-Darstellung

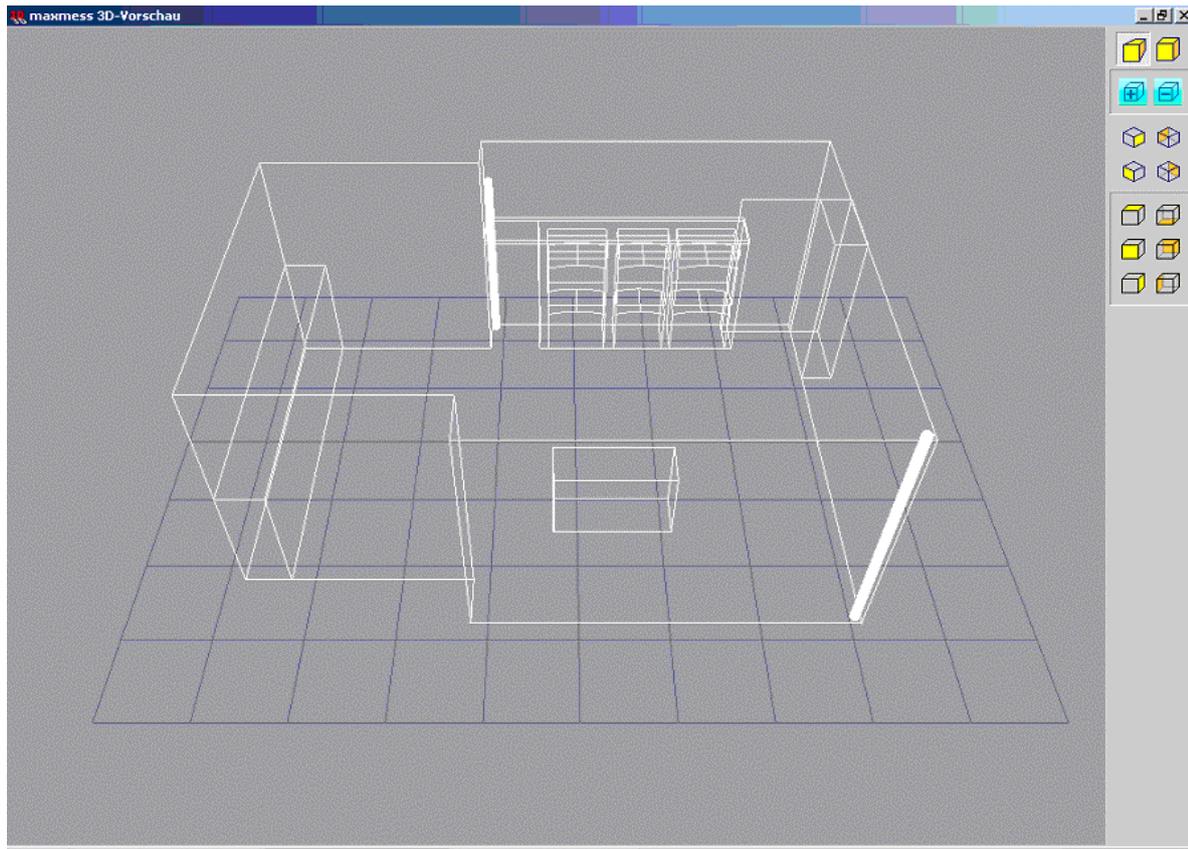


Abbildung 16: Screenshot maxmess, 3D-Darstellung, schräg

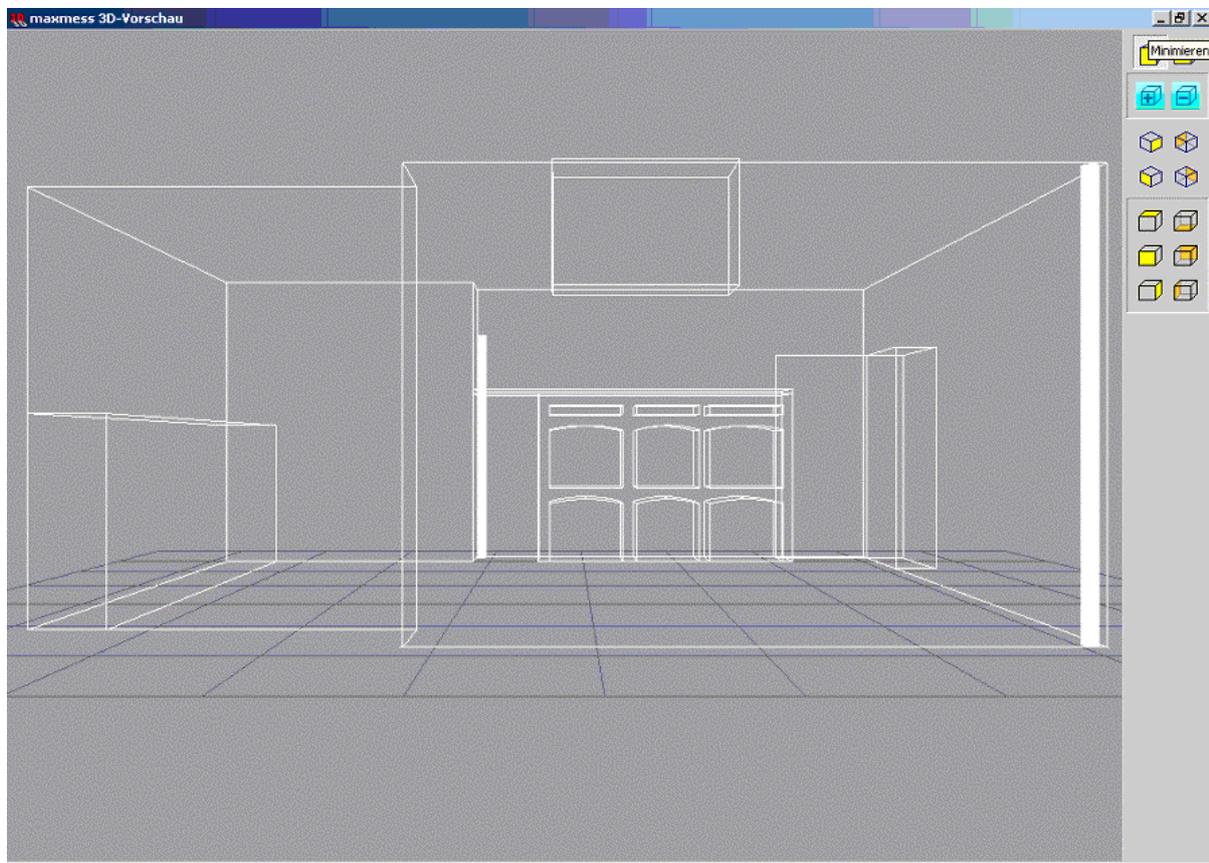


Abbildung 17: Screenshot maxmess, 3D-Darstellung, Seitenansicht

Grundsätzlich kann das Aufmaß anhand einer zweidimensionalen Darstellung durchgeführt werden, wobei eine dreidimensionale Berechnung dann nicht nur im Hintergrund abläuft, sondern unten links in der Leiste auch angezeigt wird (siehe Abbildung 18, Abbildung 19). In Abbildung 18 ist ein Screenshot mit dem Assistent zum Anlegen von Raumelementen, in diesem Fall wurde ein Kellerfenster eingemessen, dargestellt. Hier ist sehr gut zu erkennen wie der Anwender mit wenigen Piktogrammen und der genauen Angabe, welche Maße er wie zu bestimmen hat, durch den Assistenten geführt wird.

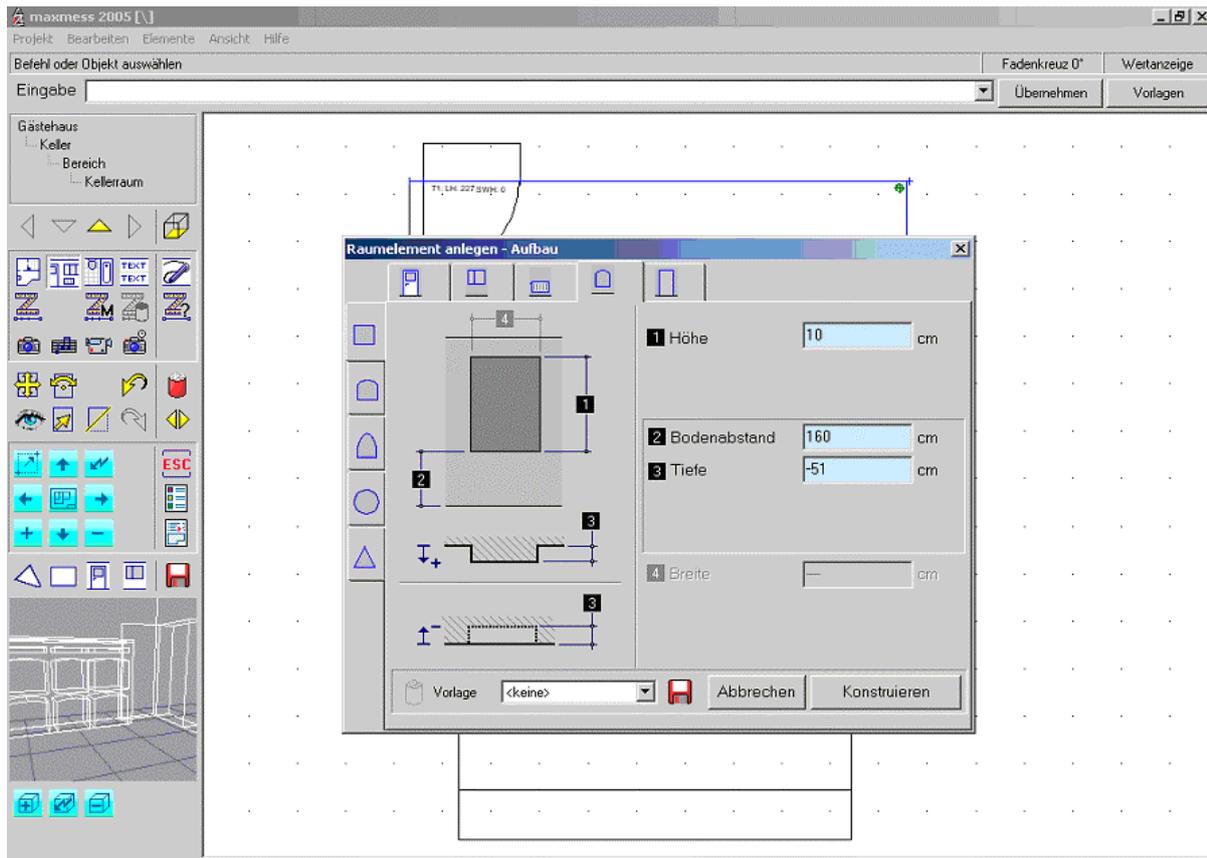


Abbildung 18: Screenshot maxmess, Raumelement anlegen

Ebenso einfach ermöglicht der Assistent es dem Aufmessenden, den Grundriss anzupassen. Auf dem Screenshot in Abbildung 19 ist zu erkennen, dass Teilflächen mit beliebiger Geometrie, wie durch die Piktogramme links im Dialogfeld dargestellt, einzeln gemessen und anschließend zu der bereits vorhandenen Grundfläche addiert oder davon abgezogen werden können. Wie und in welcher Reihenfolge der Anwender zu messen hat, wird ihm durch die Software eindeutig vorgegeben, so dass hier Fehler nahezu ausgeschlossen werden können.

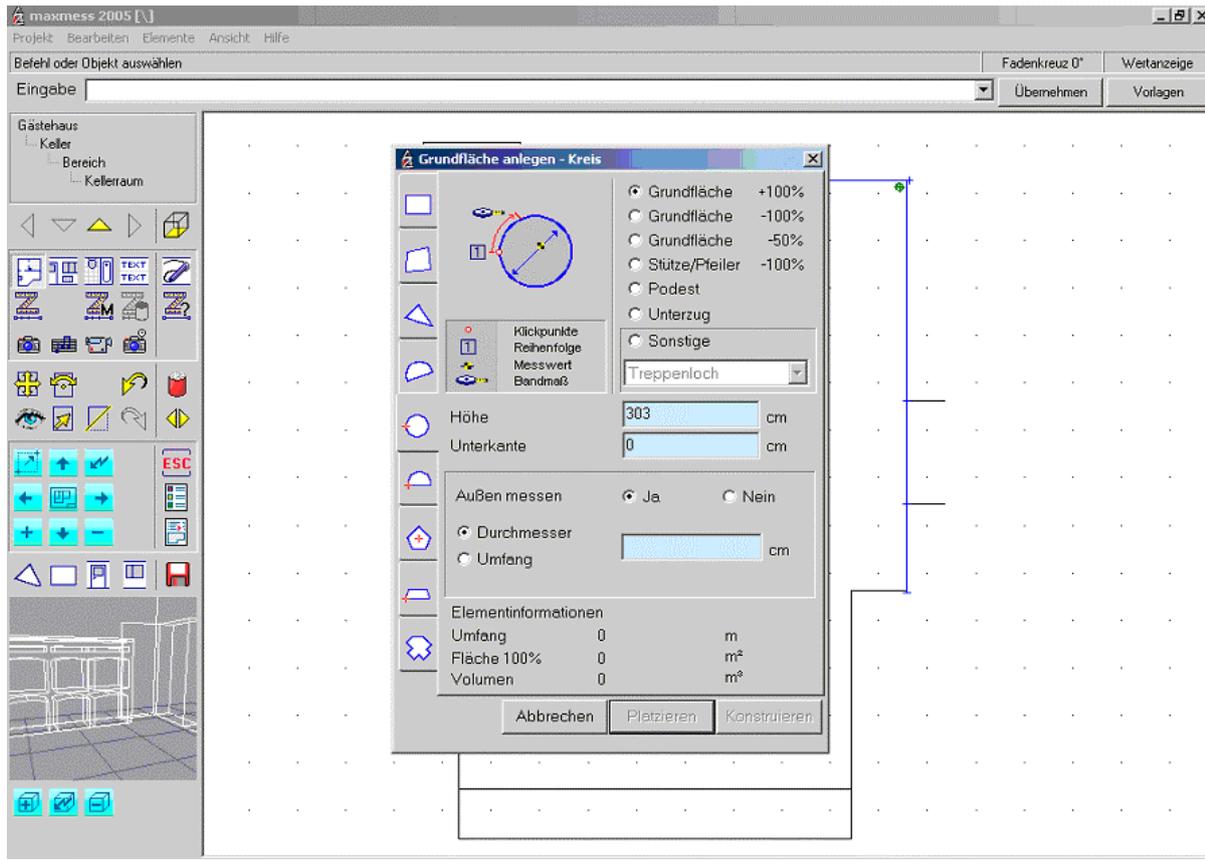


Abbildung 19: Screenshot maxmess, Grundfläche anlegen

Für das Erstellen des in den vorigen Abbildungen gezeigten Aufmaßes mittels Distometer und der Software maxmess hat die studentische Hilfskraft des ibb zwei Stunden benötigt. Die studentische Hilfskraft hatte zuvor lediglich den Klimakeller des ibb aufgemessen und ansonsten keine Vorkenntnisse, weder über den Distometer noch über die Software maxmess. Die Vorgehensweise kann somit sehr gut mit der eines Handwerkers als Gelegenheitsanwender verglichen werden, so dass dieser das Aufmaß zumindest in der gleichen Zeit erstellen kann.

4.4 Vergleich und Bewertung der Aufmaßverfahren

Sowohl beim Aufmaß mit dem Tachymeter und der Software TachyCAD als auch mit dem Distometer und der Software maxmess wird eine Genauigkeit bis in den Millimeterbereich erreicht. Dies ist für ein Aufmaß zur Ermittlung von Planungsgrundlagen für die Sanierung von Grundleitungen durch abgehängte Sammelleitungen, wie auch für sonstige Bauplanungen ausreichend und entspricht dem Standard. Durch eine entsprechend dichte Anordnung und einer sich daraus ergebenden großen Anzahl von Aufmaßpunkten kann mit dem Tachymeter eine sehr hohe Detaillierung erzielt werden. Dies erfordert jedoch einen größeren Aufwand und ist der Regel nicht erforderlich, so dass dieser Vorteil gegenüber einem Aufmaß mittels Distometer nur selten relevant sein wird.

Bei den Investitionskosten für das jeweilige Aufmaßverfahren muss nach Kosten für die Hardware und für die Software unterschieden werden. Mit Kosten zwischen etwa 1000 Euro und 2000 Euro, je nach Ausstattung, sowohl für TachyCAD als auch für maxmess ist die Software etwa gleich teuer. Bei TachyCAD ist allerdings ein CAD-Programm erforderlich, was weitere Kosten verursacht. Diese sind jedoch nicht relevant, da für die weitere Planung, unabhängig von dem durchgeführten Aufmaß ohnehin ein CAD-Programm notwendig ist. Bei der Hardware kostet ein Tachymeter etwa das zehnfache bis vierzigfache eines Distometers. Dieser Unterschied bei den Investitionskosten ist eindeutig ein klarer Vorteil des Distometers und wird in der Regel auch ein wesentlicher Faktor für die Akzeptanz und die Investitionsentscheidung bei der Zielgruppe Handwerker sein. Weiterhin benötigen beide Aufmaßverfahren einen mobilen Rechner, wobei ein Laptop jeweils das am besten geeignete Gerät ist, weil damit auch die weitere Planung durchgeführt werden kann. Diese Investitionskosten sind für beide Aufmaßverfahren entsprechend gleich.

Die Begriffe und Funktionen im TachyCAD sind auf einen professionellen Anwender abgestimmt und erschließen sich einem Gelegenheitsanwender nicht immer automatisch. Dies wird ferner dadurch deutlich, dass ein CAD-Programm Voraussetzung für TachyCAD ist und entsprechende Kenntnisse vorausgesetzt werden. Bei der Software maxmess handelt es sich hingegen um ein eigenständiges Programm, das einfacher in seiner Bedienung ist und damit auch für einen Gelegenheitsanwender schnell und gut zu nutzen ist. Gleiches gilt für die Hardware. Während ein Distometer nahezu selbsterklärend ist, erfordert ein Tachymeter eine eingehende Einweisung, weshalb er sich für einen Gelegenheitsanwender weniger eignet.

Für die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens relevante Zielgruppe eines Handwerkers als Gelegenheitsanwender ist ein Aufmaß mittels Tachymeter ungeeignet, da die Bedienung eine intensive Einarbeitung erfordert und der Kauf eine relativ große Investition bedeutet. So wird dieses Aufmaßverfahren in der Praxis vornehmlich von darauf spezialisierten Vermessern eingesetzt, auf die auch die Software, wie TachyCAD, zugeschnitten ist. Ein Aufmaß mit einem Distometer kann hingegen von einem Gelegenheitsanwender mit nur wenig Einarbeitung ausgeführt werden. Dabei wird er insbesondere mit der hier getesteten Software maxmess gut unterstützt. Zur Erstellung von Planungsgrundlagen für die Sanierung von Grundleitungen durch abgehängte Sammelleitungen sind jedoch noch Modifikationen an der Software notwendig. Vor allem müssen die verschiedenen Leitungen direkt als solche aufgemessen werden können, d.h. sie sollten wie z.B. Fenster und Türen durch das anklicken entsprechender Piktogramme ausgewählt werden können.

Weiterhin hat es sich bei der Erprobung als sehr sinnvoll herausgestellt, das Aufmaß mit Fotos von den jeweiligen Räumlichkeiten und speziell von wichtigen Details als Ergänzung zu hinterlegen. So ist es bei den getesteten Softwareprodukten möglich, die mit einer Digitalkamera erzeugten Fotos direkt an den entsprechenden Stellen im Aufmaß zu verlinken und mit dem Aufmaß abzuspeichern. Damit wird sichergestellt, dass bei der späteren Aufbereitung des Aufmaßes die Fotos eindeutig zugeordnet sind.

Bei den durchgeführten Aufmaßen wurden einige Details, wie die Tiefe von Türleibungen oder Stützen, mittels Zollstock aufgenommen. Dies war die einfachste und schnellste Möglichkeit, um diese Daten zu ermitteln. Daher muss die beim Aufmaß eingesetzte Software zwingend die Eingabe von „Handmessungen“ ermöglichen. Bei den getesteten Produkten war dies jeweils möglich.

5 3D-Visualisierungsmodul

Ein wesentlicher Teil der Visualisierung wird bereits direkt beim Aufmaß durch die Verwendung einer unterstützenden Software, wie die erprobten TachyCAD und maxmess, vorgenommen. Die Programme ermöglichen sogar jeweils schon eine 3D-Darstellung, wie in Kapitel 4 erläutert. Allerdings sind nicht alle für die weitere Planung relevanten Informationen direkt in die jeweiligen Zeichnungen eingeflossen, sondern beispielsweise in Form von Fotos hinterlegt. In diesem Kapitel wird daher die Visualisierung nach dem Importieren der Daten aus der Aufmaß-Software in AutoCAD behandelt.

5.1 Visualisierung TachyCAD

In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind Screenshots der in AutoCAD importierten Aufmaßdaten aus TachyCAD dargestellt. Diese dreidimensionalen Daten bilden die Grundlage für die weitere Visualisierung, bei der auch die übrigen zu den Räumlichkeiten vorhandenen Informationen, z.B. aus Fotos, einbezogen werden.

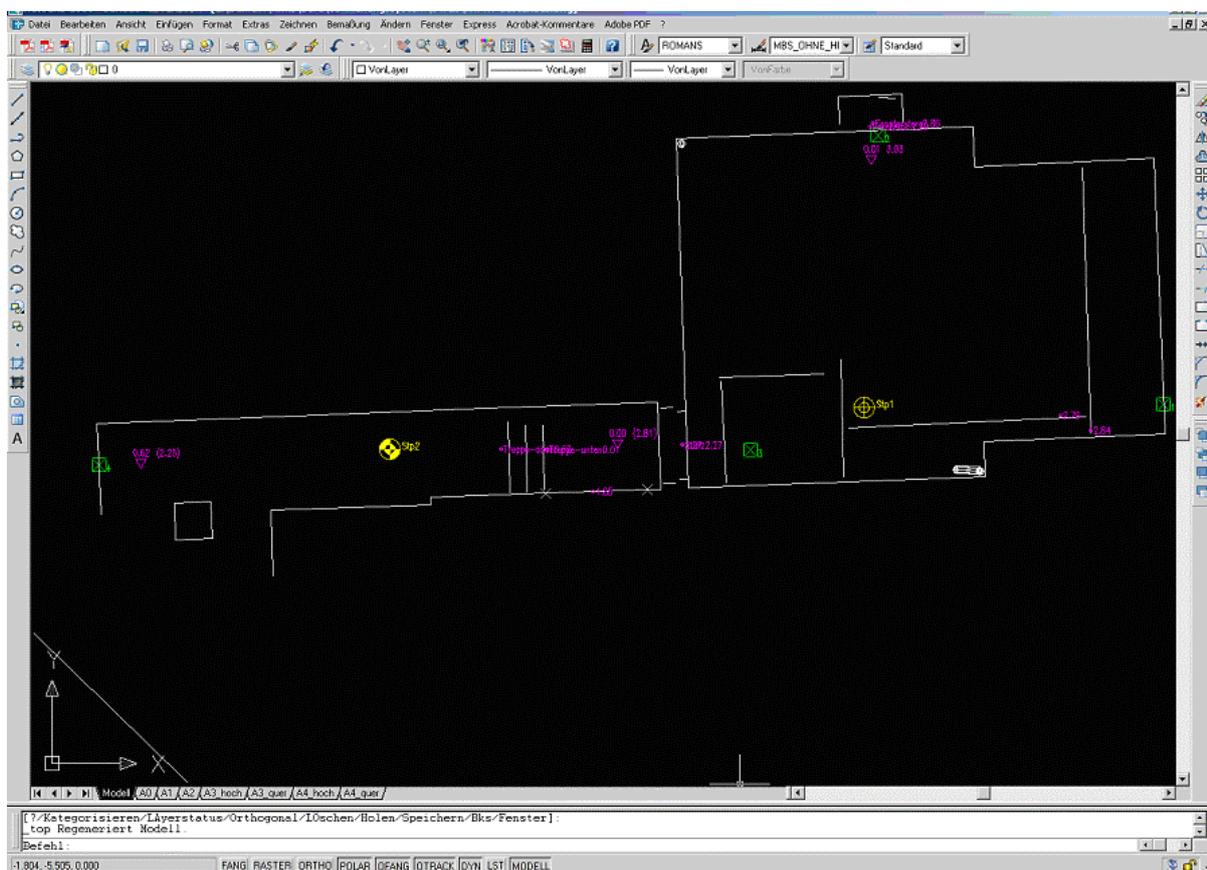


Abbildung 20: Screenshot AutoCAD, Draufsicht importierte TachyCAD-Daten

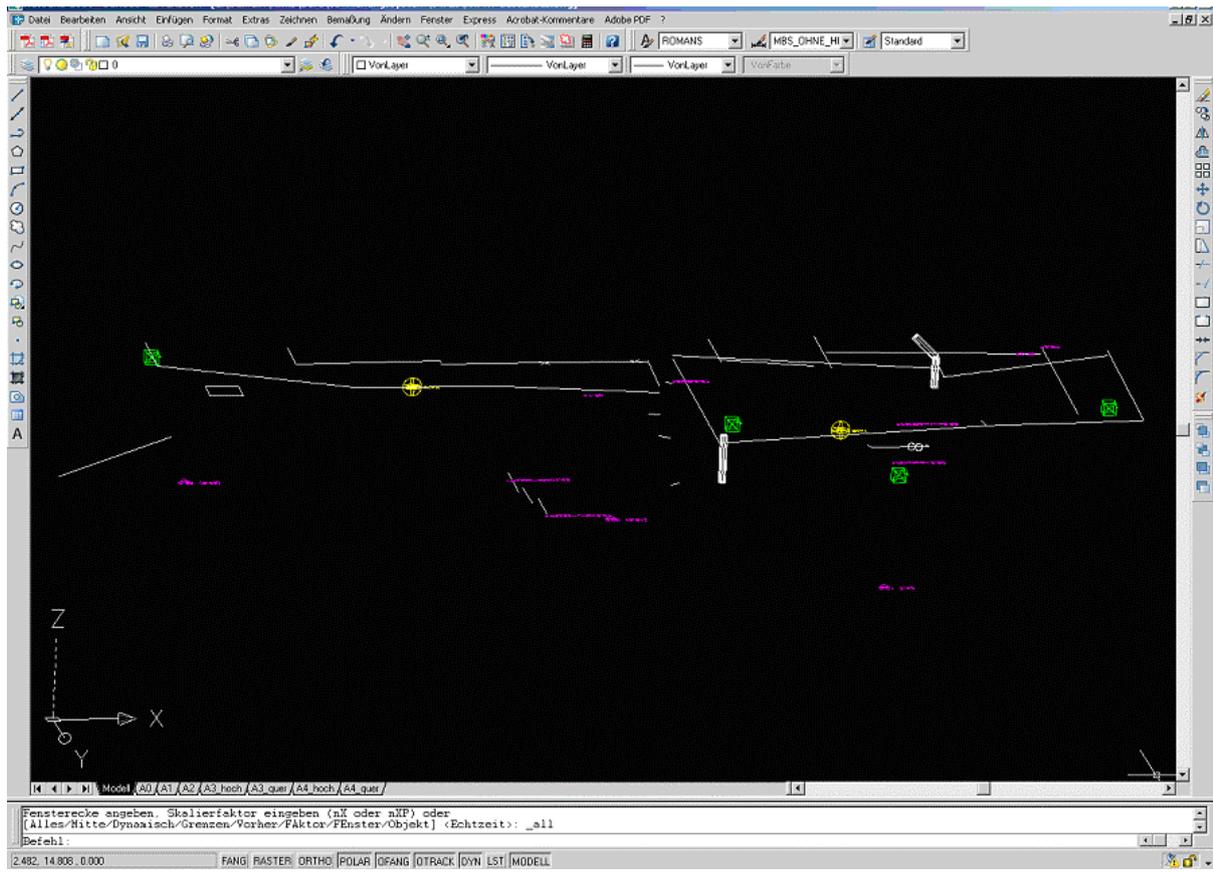


Abbildung 21: Screenshot AutoCAD, 3D-Orbitansicht importierte TachyCAD-Daten

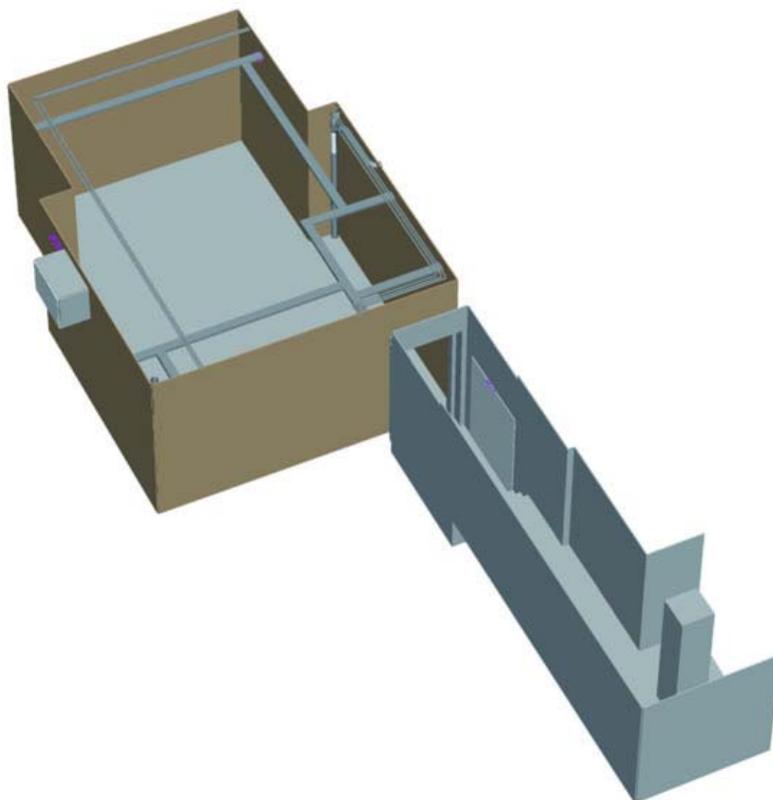


Abbildung 22: AutoCAD, gerenderte 3D-Darstellung

Für die Aufbereitung der Daten zu einem 3D-Modell in AutoCAD (Abbildung 22), das als Grundlage für die weitere Planung geeignet ist, wurden acht Stunden benötigt. Diese Arbeiten wurden von einer studentischen Hilfskraft durchgeführt, die aufgrund ihres Architekturstudiums sehr gut mit AutoCAD 2006 vertraut war. Ein Gelegenheitsanwender würde für die Aufbereitung der Planungsdaten aus TachyCAD deutlich mehr Zeit benötigen, soweit er dies überhaupt leisten könnte, denn dafür sind Kenntnisse von AutoCAD oder anderer CAD-Software zwingend erforderlich.

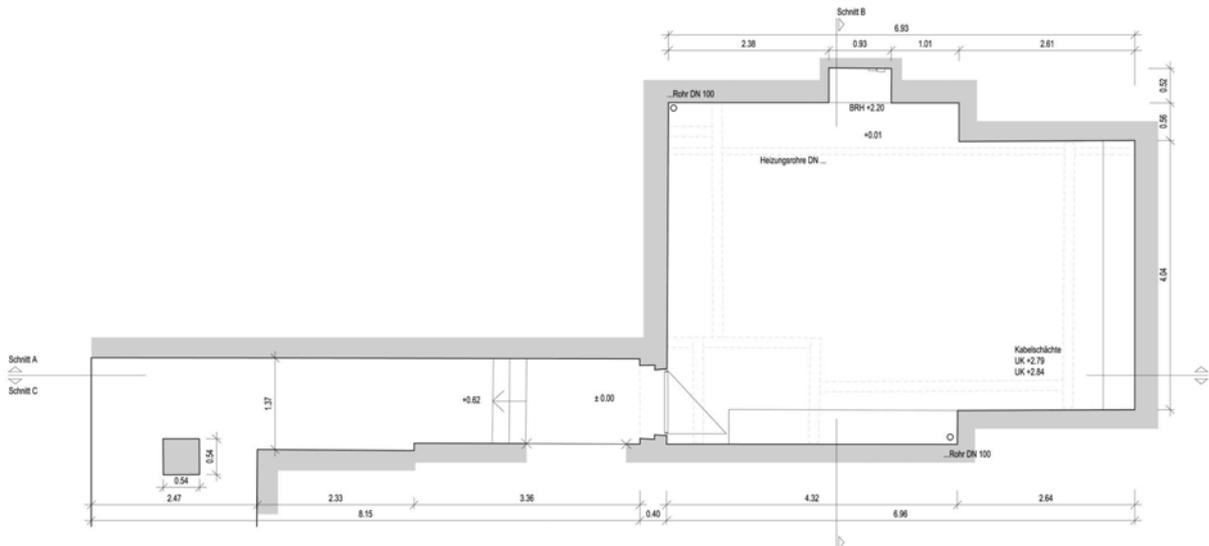


Abbildung 23: AutoCAD, Grundriss 1:50

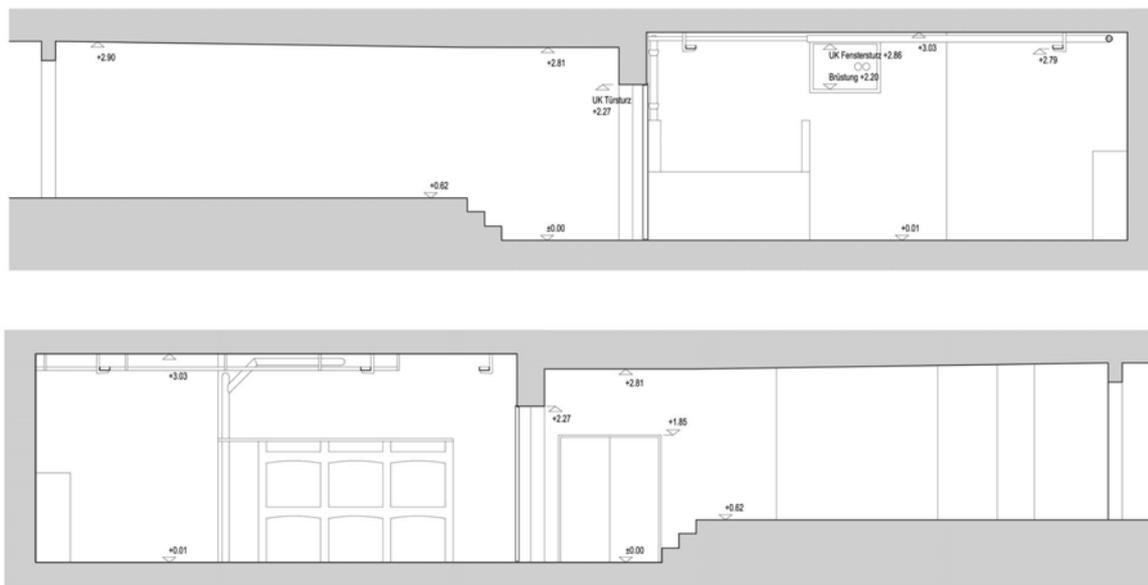


Abbildung 24: AutoCAD, Längsschnitte 1:50

Um aus dem 3D-Modell den in Abbildung 23 dargestellten Grundriss im Maßstab 1:50 sowie die verschiedenen Schnitte (Abbildung 24, Abbildung 25) ebenfalls im für eine Ausführung gebräuchlichen Maßstab 1:50 zu erstellen, wurden weitere sechs Stunden benötigt. Das Erstellen dieser Zeichnungen in 1:50 ist für die Planung der abgehängten Leitungen nicht notwendig, da sie direkt im 3D-Modell ausgeführt werden kann. Die hier erzeugten Darstellungen dienen aber zur Veranschaulichung und könnten entsprechend, wenn sie nach Abschluss der Planung erstellt werden, zur Präsentation dienen.

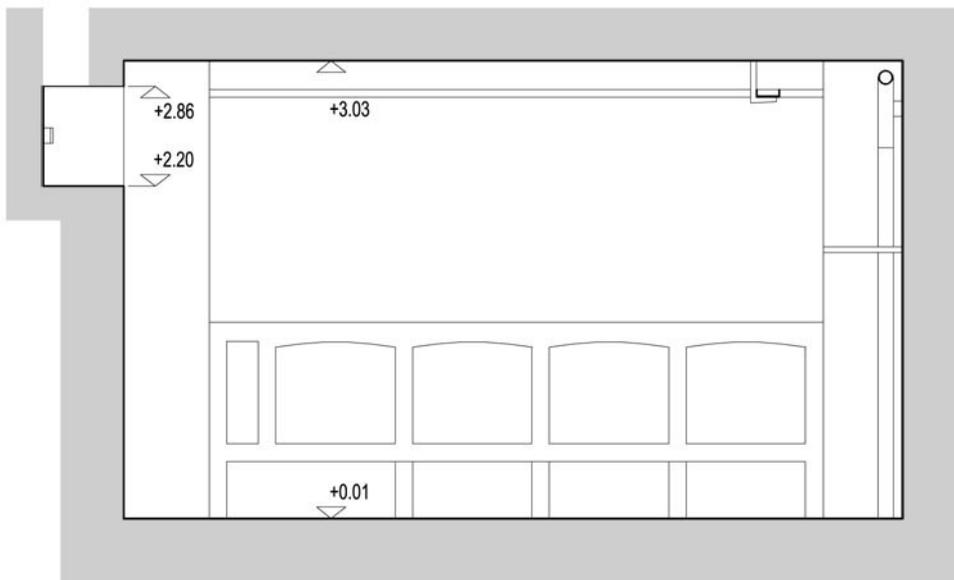


Abbildung 25: AutoCAD, Schnitt 1:50

5.2 Visualisierung maxmess

Beim Aufmaß mit maxmess wird direkt eine dreidimensionale Abbildung erzeugt, so dass nach dem Importieren der Daten in AutoCAD (Abbildung 13) direkt mit der Planung begonnen werden könnte. Da beim Aufmaß die Rohrleitungen jedoch nicht als solche mit aufgemessen werden konnten, müssen sie anschließend eingearbeitet werden. Dies wurde mit dem Programm 3D-Heizzentrale der Firma liNear durchgeführt, da in AutoCAD das Einfügen von Rohren standardmäßig nicht vorgesehen ist, sondern diese vielmehr als Objekte konstruiert werden müssen. Bei dem Programm 3D-Heizzentrale handelt es sich um eine Applikationssoftware für AutoCAD, die zur Berechnung und Darstellung von Heizungsanlagen entwickelt wurde. Im Rahmen

dieses Forschungsvorhabens wurde sie nur zum Einzeichnen von Rohrleitungen verwendet¹⁴.

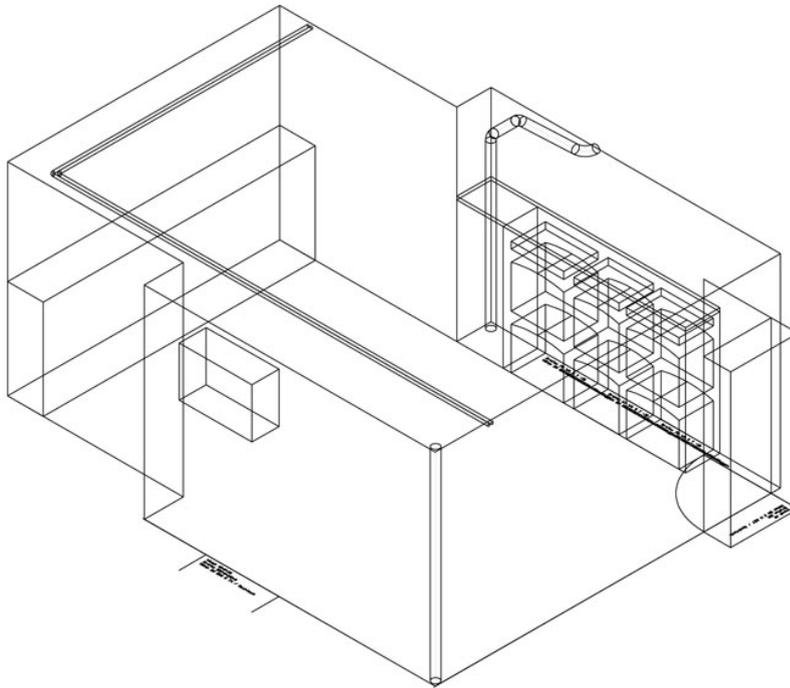


Abbildung 26: AutoCAD, maxmess-Aufmaß mit eingearbeiteten Rohrleitungen

Um die Rohrleitungen einzuarbeiten und die Darstellung wie in Abbildung 26 zu erzielen, wurden von der studentischen Hilfskraft drei Stunden benötigt. Um ggf. einen Grundriss oder Schnitte aus dem 3D-Objekt zu erstellen, sind die gleichen Arbeitsschritte und damit der gleiche Aufwand erforderlich wie zuvor in Kapitel 5.1 erläutert.

5.3 Beurteilung der Visualisierungen

Keines der getesteten Aufmaßprogramme kann direkt eine Visualisierung der Daten mit allen relevanten Details vornehmen. Daher ist vor dem Beginn der Planung jeweils eine Aufbereitung des Aufmaßes unerlässlich. Zu diesem Zweck sind die Daten in ein CAD-Programm, hier AutoCAD 2006, zu importieren, was sowohl bei TachyCAD als auch bei maxmess problemlos möglich ist.

Die Daten aus dem Aufmaß mit TachyCAD aufzubereiten erfordert einen relativ großen Aufwand, da zwar dreidimensionale Daten in die CAD-Software importiert werden, allerdings kein dreidimensionales Objekt. Dieses muss erst noch mit der CAD-Software erzeugt werden. Ein einfacher Grundriss ließe sich jedoch sehr schnell anzeigen, da in TachyCAD die Aufmaßdaten verebnet werden können und somit keine

¹⁴ In Kapitel 6.1 wird die Software 3D-Heizzentrale ausführlicher erläutert.

Nachbearbeitung nötig wäre. Ziel dieses Vorhabens soll jedoch die Bereitstellung dreidimensionaler Daten für die weitere Planung sein.

Durch maxmess wird direkt ein dreidimensionales Objekt erzeugt, das nach dem Importieren in ein CAD-Programm dort ebenfalls direkt als 3D-Objekt erkannt wird. Wenn beim Aufmaß auch die Rohrleitungen als solche mit aufgenommen werden können, was ein Ziel einer Optimierung der Aufmaßsoftware sein sollte¹⁵, wäre eine weitere Aufbereitung nur notwendig, um beispielsweise Daten aus Fotos einzuarbeiten. Ansonsten könnte direkt die Planung für die abgehängten Sammelleitungen stattfinden, was ein erheblicher Vorteil im Vergleich zu der aufwändigen Nachbearbeitung der TachyCAD-Daten wäre.

¹⁵ Vgl. Kapitel 4.4.

6 Weitere Module

6.1 Planungsmodul

In den wie zuvor erläutert generierten Planungsunterlagen werden Zwangspunkte und Tabubereiche festgelegt und entsprechend dargestellt. Unter den Zwangspunkten sind insbesondere die Abwasseranfallstellen, wie Fallrohre, Bodeneinläufe, Revisionsschächte und die Hausanschlüsse zu verstehen, die in das neue abzuhängende Leitungsnetz einbezogen werden müssen. Zusätzlich sind Tabubereiche freizuhalten, die für Versorgungseinrichtungen, wie Leitungen für Strom, Trinkwasser, Heizung und Gas sowie für besondere Nutzungen, z.B. als Sauna oder Partyräume, benötigt werden. Weiterhin sind als Tabubereiche Durchgänge, Türen, Fenster und alle Bauteile, die aus statischen Gründen nicht verändert werden dürfen (z.B. Unterzüge), zu bewerten.

Nachdem alle Randbedingungen festgelegt wurden, sollen unter Beachtung der Zwangspunkte und Tabubereiche Leitungsführungsvarianten geplant werden. Dazu soll das Modul, beispielsweise durch anklicken der zu verbindenden Zwangspunkte durch den Benutzer, einen Leitungsverlauf anbieten, der akzeptiert, gegebenenfalls modifiziert oder abgelehnt werden kann. Eine Alternative zu dieser quasi automatischen Berechnung des Leitungsverlaufes, liegt in einer vom Benutzer erstellten Trassierung. Diese sollte möglichst mit dem Mousezeiger vorgegeben werden und entsprechende Bögen und Abzweige müssten in einer Bibliothek hinterlegt sein, um sie an den jeweiligen Stellen einzufügen. In jedem Fall sollten die Leitungen nicht in Strichform, sondern direkt dreidimensional entsprechend der späteren Ausführung dargestellt werden. Weiterhin muss durch das Modul eine Berechnung erfolgen, welche die hydraulische Leistungsfähigkeit des Systems gewährleistet. Insbesondere sind ein geeigneter Leitungsdurchmesser sowie ein ausreichendes Gefälle sicherzustellen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde untersucht, inwieweit ein solches Planungsmodul realisierbar ist und ob ggf. bereits entsprechende oder ähnliche Programme existieren. Für die Berechnung von Abwasserleitungen unter dem Gesichtspunkt der hydraulischen Leistungsfähigkeit existieren bereits verschiedene Programme. Sie liefern als Ergebnis eine Dimensionierung der Leitungen und geben ebenfalls das notwendige Gefälle für die Leitungen vor. Die graphische Darstellung erfolgt jedoch in der Regel als sogenanntes Strangschema, d.h. die Leitungen werden nur in Form von Strichen dargestellt. Dabei werden die wahren Längen der Leitungen nur in der Berechnung, nicht aber in der Darstellung berücksichtigt (Abbildung 27). Einige Programme ermöglichen jedoch bereits eine dreidimensionale Darstel-

lung, bei der auch der tatsächliche Verlauf der Leitungen abgebildet wird (Abbildung 28).

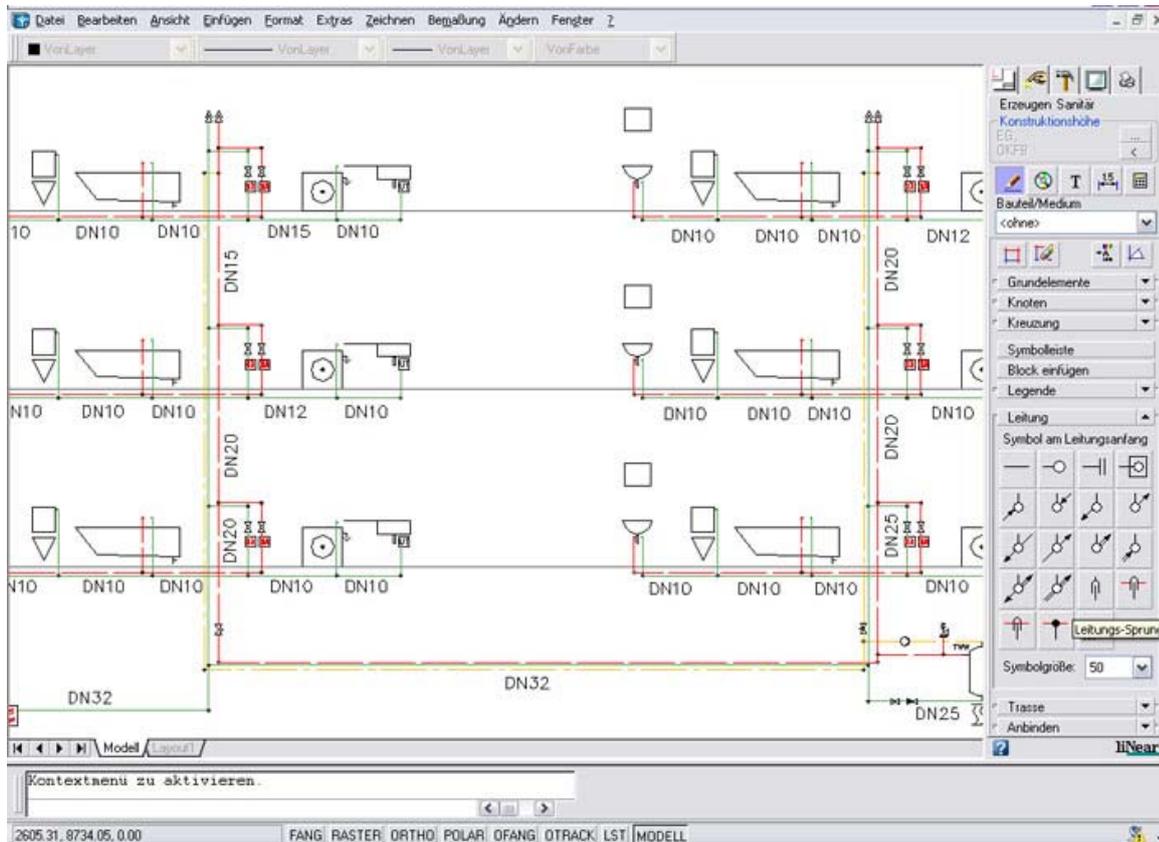


Abbildung 27: Klassisches Strangschema (hier Versorgung)

Bisher wurde jedoch kein Programm gefunden, das Abwasserrohre dreidimensional darstellt. Mit CAD-Programmen können zwar dreidimensionale Rohrleitungen konstruiert werden, dies ist jedoch recht aufwendig und nicht speziell auf Abwasserleitungen ausgelegt. Bibliotheken mit Bauteilen wie Bögen und Abzweigen existieren nicht. In anderen Bereichen, speziell im Anlagenbau, gibt es jedoch bereits Programme, die eine 3D-Planung ermöglichen und auch die Rohrleitungen mit allen Details entsprechend ihrem tatsächlichen Aussehen abbilden. Dort sind direkt die Produkte von verschiedenen Herstellern in Bibliotheken hinterlegbar und können so auf einfache Weise vom Benutzer ausgewählt werden.

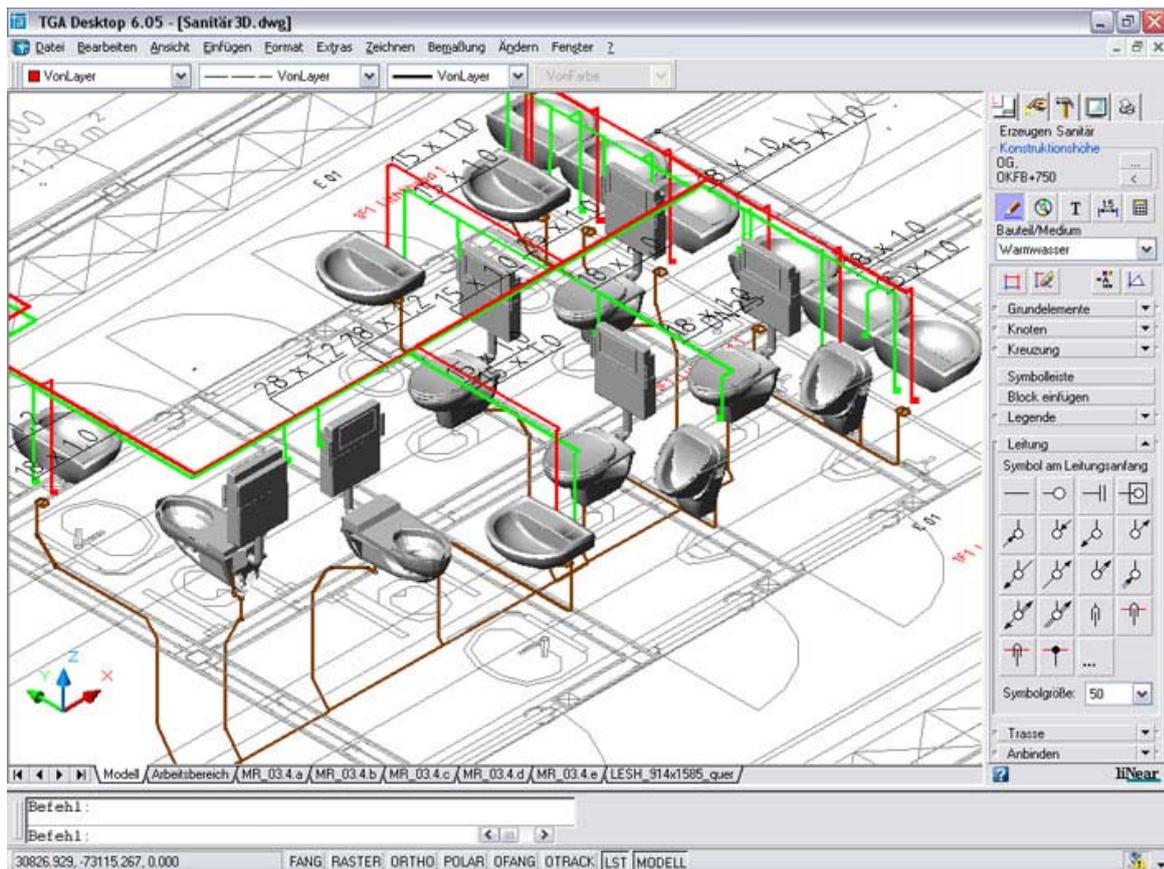


Abbildung 28: 3D-Strangschema

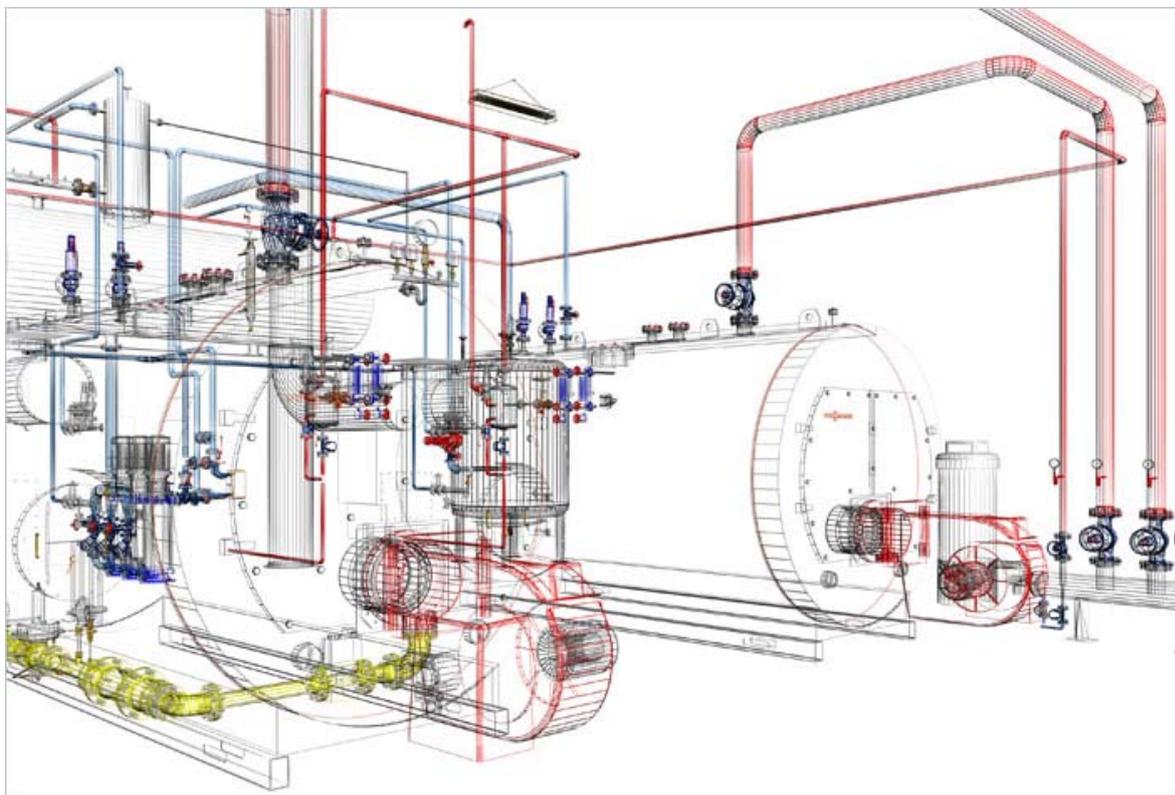


Abbildung 29: 3D-Heizzentrale

Nach Rücksprache und einer entsprechenden Empfehlung des Zentralverbandes Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) wurde das Programm „3D-Heizzentrale“ (Abbildung 29) der Firma liNear getestet, um damit Rohrleitungen zu zeichnen. Dieses Programm wurde auch deshalb ausgewählt, da die Firma liNear ebenfalls Berechnungssoftware für die Sanitärgewerke inklusive des Abwassers anbietet (Abbildung 27, Abbildung 28), so dass hier bei evtl. Problemen und Rückfragen ein entsprechendes Know-how vorhanden war. Im Rahmen der Erprobung wurden beispielsweise in das mit maxmess erstellte Aufmaß die im Raum vorhandenen Leitungen eingezeichnet. Da das Programm 3D-Heizzentrale nicht für Abwasserleitungen konzipiert wurde, können Details wie z.B. die Muffen nicht entsprechend realistisch dargestellt werden. Ferner sind Formteile wie Bögen und Abzweige auf Heizungsanlagen ausgelegt und erfüllen damit nicht die entsprechenden Vorgaben aus den Normen, die bei Abwasserleitungen zu berücksichtigen sind. Während der Laufzeit dieses Forschungsvorhabens ist von der Firma liNear auch ein Programm zur 3D-Planung von Lüftungskanälen entwickelt worden. Hierbei ist eine normengerechte Planung sichergestellt, da nicht normgerechte Ausführungen vom Programm nicht akzeptiert und entsprechend nicht vorgenommen werden können. Ferner kann der Benutzer in einer Bibliothek unter verschiedenen Herstellern wählen und für die weitere Planung stehen dann nur die jeweiligen Produkte dieses Herstellers zur Verfügung. Damit kann nur geplant werden, was auch tatsächlich ausgeführt werden kann. Diese Entwicklung zeigt, dass ein entsprechendes Programm für eine 3D-Planung ebenfalls für Abwasserleitungen realisierbar wäre.

Die bisher erhältlichen 3D-Planungsprogramme sind für Ingenieur- und Planungsbüros entwickelt worden. Für die in diesem Forschungsvorhaben vorgesehene Zielgruppe von Handwerkern, die sich nicht täglich mit der Planung beschäftigen, sind Anpassungen, insbesondere Vereinfachungen der Software, erforderlich.

6.2 Kalkulationsmodul

Dieses Modul soll dem Anwender die Möglichkeit geben, die Kosten für die zuvor gewählten Leitungsführungen zu ermitteln. Dafür ist ein Programm erforderlich, das anhand des Leitungsverlaufs automatisch die Menge des benötigten Materials, wie Leitungslänge, Art und Anzahl der Bögen, Befestigungen etc. ermittelt. Anhand dieser Mengen soll mittels einer im Modul hinterlegten Datenbank, die ein standardisiertes Leistungsverzeichnis und die Einheitspreise für sämtliche Teilleistungen enthält und vom Anwender erweitert und verändert werden kann, automatisch eine Bepreisung erfolgen. Dabei sollen vom Programm selbständig auch die erforderlichen baulichen Maßnahmen (z.B. Durchbrüche) erkannt und ebenfalls bepreist werden, so dass am Ende für jede Leitungsführungsvariante die damit verbundenen Kosten mit ausreichend hoher Genauigkeit ermittelt werden.

Ein Programm, das die Anforderungen an das Planungsmodul komplett erfüllt, ist derzeit nicht am Markt erhältlich. Einige oben erläuterte Elemente sind jedoch bereits in Softwareprodukten umgesetzt worden. So sind im Anlagenbau Programme erhältlich, die aufgrund der durchgeführten Planung automatisch Stücklisten von den zu verbauenden Elementen erstellen. Dies erfordert entweder die baugleiche Ausführung der einzelnen Elemente von allen Herstellern, z.B. aufgrund normativer Vorgaben, oder die Auswahl der Produkte einzelner Hersteller, die dann in Bibliotheken hinterlegt sein müssen. Ein Beispiel für ein solches Programm, ist das schon erwähnte 3D-Luftkanal der Firma liNear. Hier werden nach der Auswahl eines Produktherstellers alle für die Ausführung erforderlichen Elemente inklusive Befestigungen und Verschraubungen in einer Stückliste ausgegeben, in der sogar auf die jeweiligen Artikelnummern verwiesen wird, so dass anhand der Stückliste das Material direkt bestellt werden kann.

Verschiedene Kalkulationsprogramme für die Baubranche bieten die Möglichkeit einer automatischen Bepreisung von Leistungen und Materialien. Dies erfordert, dass im Programm eine Bibliothek mit den entsprechenden Materialien und Leistungen hinterlegt ist. Für den hier vorgesehenen Einsatzbereich müsste eine solche Bibliothek entwickelt werden, wobei zumindest die Produkte einiger Hersteller bereits in entsprechender Form vorliegen.

Ein vermutlich schwieriger umzusetzendes Element des Kalkulationsmoduls ist das automatische Erkennen und Bepreisen von Durchbrüchen. Denkbar wäre hier eine Bestimmung durch so genannte Kollisionsprüfungen. Sollte ein Hindernis in Form einer Wand oder Decke auftreten, könnte automatisch oder nach Bestätigung durch den Anwender ein Durchbruch geplant werden. Entsprechende Programme zur Kollisionsprüfung werden bereits eingesetzt, so dass eine Adaption für diesen Anwendungsfall realisierbar sein müsste. Eine Bepreisung würde dann wie bei den übrigen Leistungen und Bauteilen durch eine hinterlegte Datenbank erfolgen.

6.3 Präsentationsmodul

Mit diesem Modul soll dem Planenden ein Instrument an die Hand gegeben werden, das es ermöglicht, dem Kunden vorab die Sanierungsmaßnahme vorzustellen. So sollen die möglichen Leitungsführungsvarianten mit den zugehörigen Kosten in einer dreidimensionalen Darstellung demonstriert werden, so dass dem Kunden veranschaulicht wird, welche Nutzungseinschränkungen gegebenenfalls mit den einzelnen Varianten verbunden sind. Dem Kunden soll damit eine Entscheidungshilfe geboten werden, die ihn erkennen lässt, ob die Einschränkungen in der Nutzung für ihn akzeptabel sind bzw. mit welchen Mehrkosten eine alternative Leitungsführung verbunden ist.

Die in den folgenden Abbildungen dargestellten Renderings wurden nach der Aufbereitung der Aufmaßdaten¹⁶ direkt mit AutoCAD 2006 erzeugt. Da derartige Darstellungen mit heutigen CAD-Programmen erstellt werden können, sind weitere Programme zur Präsentation nicht notwendig.

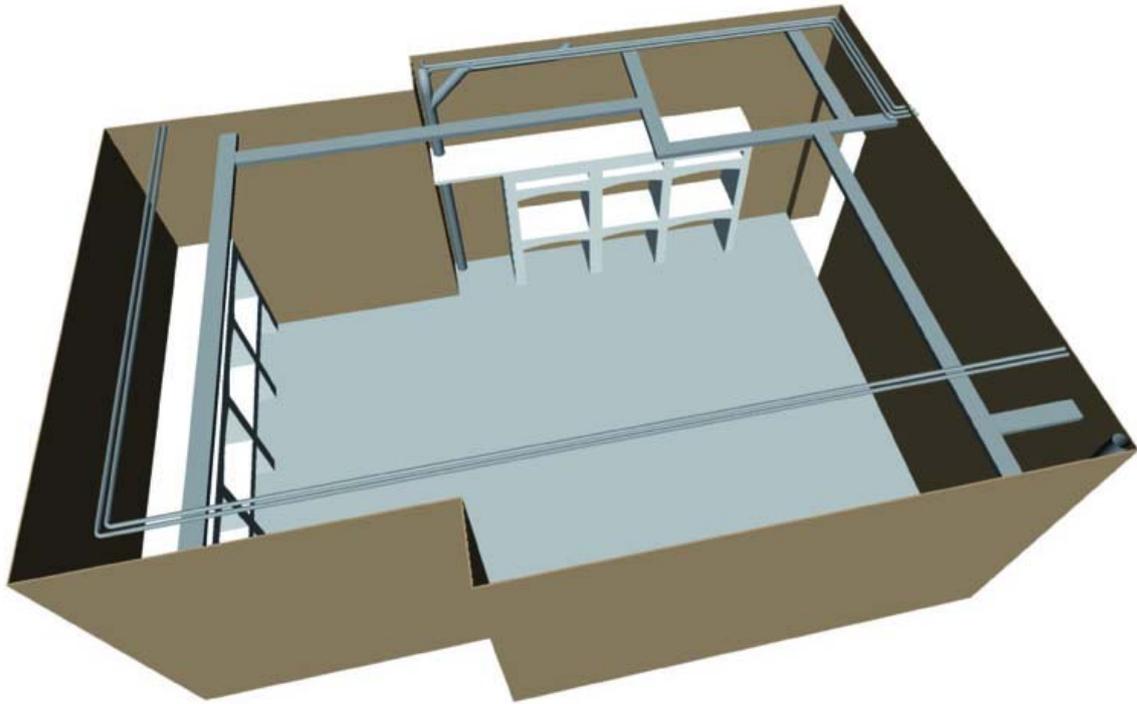


Abbildung 30: AutoCAD, Rendering 3D-Kellerraum



Abbildung 31: AutoCAD, Rendering 3D-Innenansicht 1

¹⁶ Vgl. Kapitel 5.

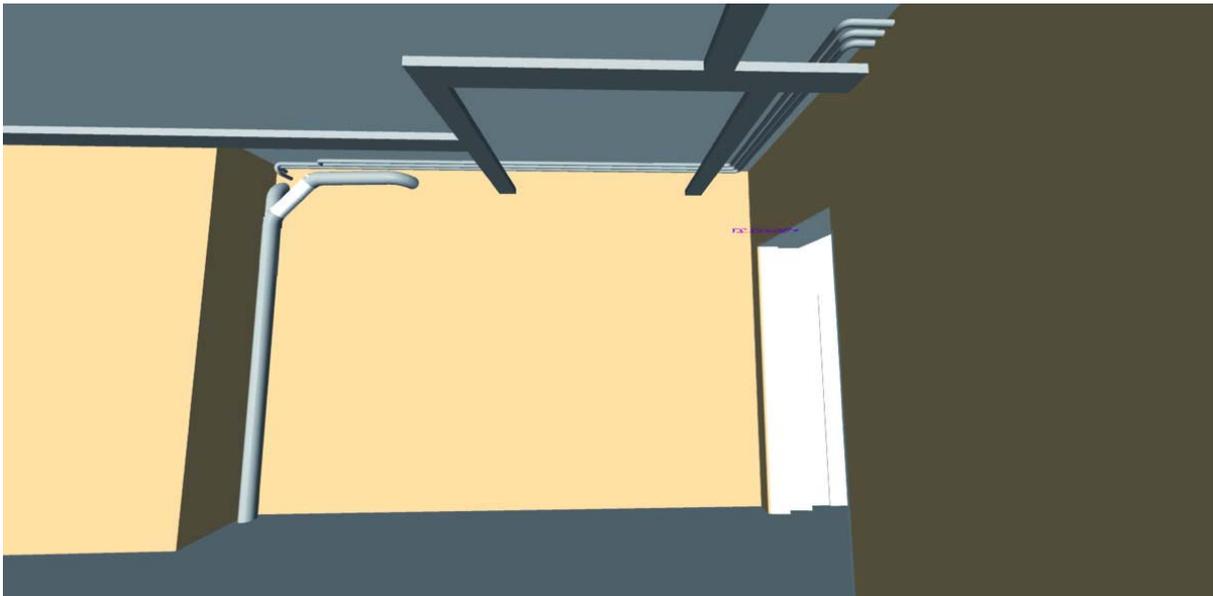


Abbildung 32: AutoCAD, Rendering 3D-Innenansicht 2

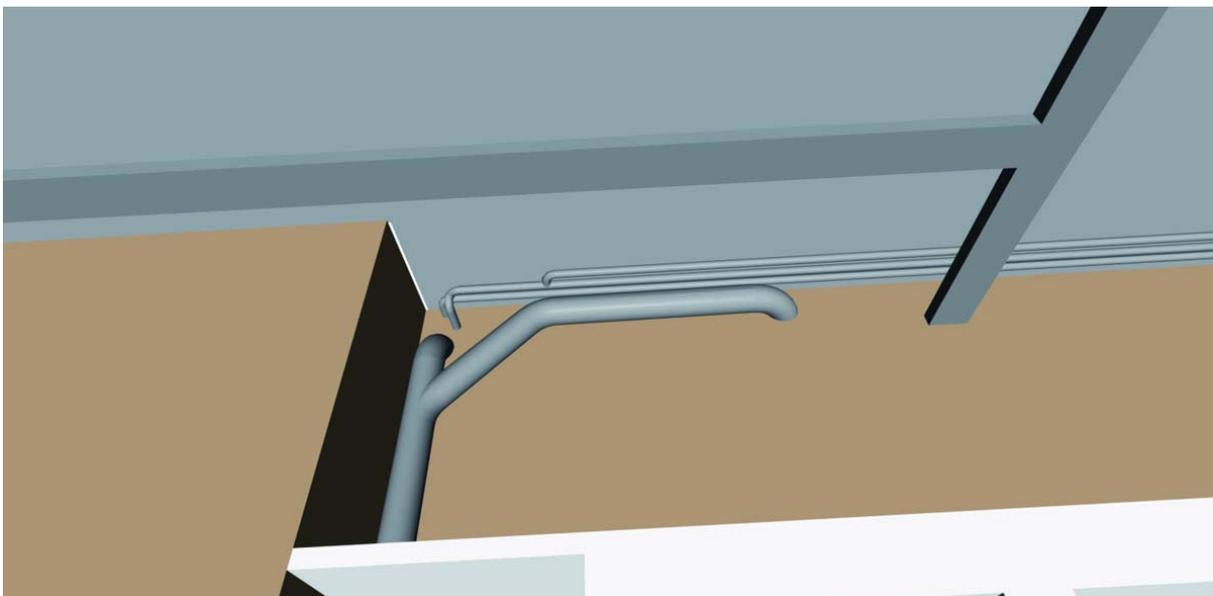


Abbildung 33: AutoCAD, Rendering 3D-Details

Mit entsprechenden Animationsprogrammen wären auch virtuelle Rundgänge durch die dreidimensional geplanten Räumlichkeiten möglich. Für den im Rahmen diese Forschungsvorhabens vorgesehenen Zweck ist dies jedoch nicht erforderlich und abgesehen von einer notwendigen intensiven Einarbeitung sind die Investitionskosten für diese Art Software recht hoch.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der Nachweis der Dichtheit von privaten Grundstücksentwässerungsanlagen und die damit verbundenen Sanierungen sind auch nach Ablauf der ersten Frist der LBO NW (31.12.2005) eine aktuelle Aufgabe. Durch die Überleitung der Regelungen in das Wasserhaushaltsgesetz wird die Dringlichkeit voraussichtlich noch erhöht, da dann eine gesetzliche Handhabe bei Nichterfüllung der Nachweise geschaffen wird. Bei den möglichen Sanierungsverfahren wurden in den letzten Jahren weder grundsätzlich neue entwickelt, noch wurden die bekannten wesentlich verändert, so dass die Sanierung durch abgehängte Sammelleitungen weiterhin die beste Variante darstellt.

Ein praktikables Planungssystem für die Sanierung durch abgehängte Sammelleitungen existiert derzeit nicht. Einzelne Elemente der verschiedenen Module sind allerdings bereits in verschiedenen Software-Produkten umgesetzt. Dies zeigt, dass das geplante 3D-Planungssystem grundsätzlich realisierbar ist und teilweise auf schon vorhandene Elemente zurückgegriffen werden kann.

Nach einer Recherche, welche Verfahren für ein Aufmaß zur Ermittlung einer Planungsgrundlage für die Sanierung durch abgehängte Leitungen geeignet sein könnten, wurden zwei Verfahren getestet. Sowohl beim Einsatz des Tachymeters als auch bei der Verwendung eines Laserdistometers wurde jeweils direkt beim Aufmessen eine Software zur Visualisierung der Daten verwendet. Das Aufmaß mittels Distometer stellte sich dabei als das besser geeignete heraus, da es in der Handhabung wesentlich einfacher ist und keine intensive Einarbeitung erfordert. Weiterhin sind die Investitionskosten deutlich geringer, was für Gelegenheitsanwender wie Handwerksbetriebe kein unwesentliches Kriterium ist.

Von den getesteten Programmen konnte die Software maxmess, die das Distometer-Aufmaß unterstützt, durch ihre einfache und leicht verständliche Benutzerführung überzeugen. Ferner waren weniger Nacharbeiten notwendig, um eine Grundlage für die weitere Planung zu erstellen, als mit dem Programm TachyCAD, das beim Aufmaß mit dem Tachymeter eingesetzt wurde. Beide Programme ermöglichen ein problemloses Importieren ihrer Daten in CAD-Programme, wobei durch maxmess direkt ein dreidimensionales Objekt erzeugt wird. Für das Aufmaß in Kellerräumen mit der haustechnischen Infrastruktur sind jedoch auch hier noch einige Anpassungen notwendig, um ein schnelles und zuverlässiges Arbeiten durch einen Gelegenheitsanwender zu gewährleisten.

Sowohl für das Planungs- als auch für das Kalkulationsmodul existieren keine Softwareprodukte, die alle Anforderungen erfüllen. Viele der erforderlichen Elemente sind allerdings in diversen Programmen bereits realisiert worden, so dass hier in den meisten Fällen keine grundlegenden Neuentwicklungen vorzunehmen sind. Durch Modifikation bestehender Software aus dem Bereich des Anlagenbaus und der Baukalkulation könnten auch für die Planung von abgehängten Leitungen entsprechende Module erstellt werden. Die grundsätzliche Realisierbarkeit ist in jedem Fall gegeben.

Für das Präsentationsmodul werden keine Neuentwicklungen benötigt, die Möglichkeiten der heutigen CAD-Programme reichen für die Planung von abgehängten Leitungen und die zu erstellende Veranschaulichung vollkommen aus. Hier existieren sogar schon Softwareprodukte, die weit mehr ermöglichen, z.B. virtuelle Rundgänge durch Gebäude. Diese Software ist allerdings für einen Gelegenheitsanwender ungeeignet und zudem kostspielig.

Insgesamt haben die Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ergeben, dass ein Planungssystem für die Sanierung mit abgehängten Sammelleitungen noch nicht vorhanden, aber realisierbar ist. Ein Interesse an einem solchem Planungssystem ist speziell bei ausführenden Handwerksbetrieben, aber auch bei Planungsbüros in hohem Maße vorhanden. Ein im Forschungsprojekt angesprochener Software-Entwickler hat die Aufgabenstellung „Sanierung von Grundleitungen“ erkannt und plant auf der Grundlage der bisher durchgeführten Untersuchungen die Entwicklung einer entsprechenden Software.

Ziel ist die Entwicklung eines gestuften Planungssystems, das sowohl dem Gelegenheitsanwender als auch dem spezialisierten Ingenieurbüro die Möglichkeit bietet, in einem 3D-Modell abgehängte Sammelleitungen zur Sanierung von Grundleitungssystemen zu planen und anschaulich zu präsentieren.

8 Literatur

- DILG** [Grabenlose Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen, 2000,]: Positives Szenario: Grabenlose Sanierung von Hausanschlüssen und Grundstücksentwässerungsleitungen, Abwasser Report der Abwasserberatung NRW, Ausgabe 3/00
- DILG** [Sanierung von Grundleitungen, 1998]: Sanierung von Hausanschlusskanälen und Grundleitungen, Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (tis), Ausgabe 9/98
- FIEDLER, M.** [Zustand der Kanalnetze, 2003]: Zustand der öffentlichen und privaten Kanalnetze und die Umsetzung der Sanierung insbesondere im privaten Bereich, Seminarband: Standpunkte der Grundstücksentwässerung – Probleme und Lösungen, Düsseldorf, 2003
- HELL** [Photogrammetrie, 2001]: Photogrammetrie, Stellung in der Bauaufnahme und heutige Möglichkeiten, in: von Handaufmaß bis High Tech, Hrsg., Mainz, 2001
- KERN** [3D-Laserscanning bei der Gebäudedokumentation, 2004]: Lösungen für das 3D-Laserscanning bei der Gebäudedokumentation, 14th International Conference on Engineering Surveying, Zürich, 2004-04-15
- MÖRSER/MÜLLER/SCHLEMMER/WERNER** [Ingenieurgeodäsie, 2000]: (Hrsg.): Handbuch Ingenieurgeodäsie, Grundlagen, Heidelberg, 2000
- o.V.** [ATV-Arbeitsgruppe 1.6.1: Richtlinien für die Grundstücksentwässerung, 1998]: ATV-Arbeitsgruppe 1.6.1: Richtlinien für die Grundstücksentwässerung; Arbeitsbericht; Korrespondenz Abwasser 9/98
- o.V.** [Dichtheitsprüfung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen, Aachen, 2001]: ibb Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: „Dichtheitsprüfung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen auf Chemischreinigungsgrundstücken“, Aachen, 2001
- o.V.** [Infobroschüre Geosys / IB-Eber, 2003]: Ansichten, Infobroschüre der Firmen Geosys / IB-Eber, München, Ausgabe 01/2003
- o.V.** [LBO NW, Düsseldorf, 2000]: Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2000

WINKLER [Sanierung von Grundleitungen, 1998]: Sanierung der Hausanschlüsse und Grundleitungen, Wasserwirtschaft-Wassertechnik (wwt), Ausgabe 1/98

WITTE/SCHMIDT [Vermessungskunde für das Bauwesen, 1995]: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen, Stuttgart, 1995