

Technische Universität Dresden
Fakultät Informatik
Institut für Systemarchitektur
Professur Rechnernetze

Großer Beleg

**Konzeption eines universitären
Praktikums zur Rechnernetzprojektierung**

Feng Li

Matrikel Nr. 3180270

Betreuender HSL: Prof. Dr. habil. A. Schill
Betreuer: Dr. rer. nat. Dietbert. Gütter

Eingereicht am: 31.03.08



AUFGABENSTELLUNG FÜR DEN GROSSEN BELEG

Name, Vorname: Li, Feng
Studiengang: Informatik
Matrikel-Nr.: 3180270
Thema: **„Konzeption eines universitären Praktikums zur
Rechnernetzprojektierung“**

ZIELSTELLUNG

An der TU Dresden sind innerhalb des Projektes „CANDY“ einige CAD-Tools zur Unterstützung des Rechnernetzdesigns entwickelt worden.

Im Rahmen der Arbeit soll der aktuelle Stand der Arbeiten analysiert und festgestellt werden, inwieweit die Komponenten für ein studentisches Praktikum innerhalb der Rechnernetzausbildung geeignet sind.

Speziell sind zu konzipieren und zu realisieren:

- ein komplexes Rechnernetz-Szenario
- geeignete Praktikumsaufgaben
- Dokumentationen zur Einarbeitung der Studenten
- Auswahl und Testung der Praktikumssoftware
- Installationsanleitungen
- Musterlösungen

Betreuende HSL: Prof. Dr. rer. nat. habil. Dr. h. c. Alexander Schill
Betreuer: Dr. rer. nat. Dietbert Gütter, Dr.-Ing. Andriy Luntovskyy

Beginn am: 01. Oktober 2007
Einzureichen am: 31. März 2008

Unterschrift des betreuenden Hochschullehrers

Postadresse (Briefe)
Technische Universität Dresden
01062 Dresden

Postadresse (Pakete u.ä.)
Technische Universität Dresden
Helmholtzstraße 10
01069 Dresden

Besucheradresse
Sekretariat:
Hans-Grundig-Str. 25
Zi. 316 a

Internet
<http://www.rn.inf.tu-dresden.de>

Erklärung

Hiermit erkläre ich, Frau Feng Li, die vorliegende Großer Beleg zum Thema

„Konzeption eines universitären Praktikums zur Rechnernetzprojektierung“

selbständig und unter Verwendung der im Quellenverzeichnis aufgeführten
Literatur- und sonstigen Informationsquellen verfasst zu haben.

Dresden, am

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Zielsetzung.....	1
1.3	Aufbau.....	2
2	Theorie der Rechnernetzprojektierung	3
2.1	Überblick über die Netzwerkprojektierung.....	3
2.2	Netzlastplanung.....	6
2.2.1	Berechnung der Auslastung bei der Annahme statischer Ströme...	6
2.2.2	Berechnung der Auslastung bei Annahme dynamischer Ströme....	7
2.3	Optimierung der strukturierten Verkabelung.....	8
2.3.1	Grundsätze der strukturierten Verkabelung.....	8
2.3.2	Dijkstra Algorithmus.....	9
2.3.3	Bellmann Ford Algorithmus.....	11
2.3.4	Problem.....	12
2.3.5	Optimaler Algorithmus zur Berechnung.....	12
2.4	Analyse und Planung von Standorten für Access Point.....	13
2.4.1	Access Point.....	13
2.4.2	Aspekte für die Analyse von Standorten.....	13
2.4.3	Ausbreitungsmodelle.....	14
2.4.4	Methoden zur Standortplanung für Access Point.....	19
2.5	Kostenanalyse.....	20
2.5.1	Kostenkategorien.....	20
2.5.2	Methodik zur Kostenanalyse.....	21
2.6	Beispielszenarium zur Projektierung eines Netzwerkes.....	23
2.6.1	Aufgabenstellung.....	23
2.6.2	Lösungskonzept.....	24
3	Spezielle Tools	29
3.1	Network Simulator 2.....	29
3.2	OMNET++.....	31
3.3	Psiber Pinger Plus.....	33
3.4	Ekahau Site Survey.....	34

4	CANDY	37
4.1	Aktuelle Stand des Projekts.....	37
4.2	Architektur und Vorgehensweise.....	37
4.3	Praktische CANDY Tools.....	41
4.3.1	Network-Editor.....	41
4.3.2	Bill Reporter.....	41
4.3.3	Trace Router.....	42
4.3.4	CANDY Site Finder.....	43
5	Konzeption des Praktikums	45
5.1	Lehrziel.....	45
5.2	Voraussetzungen.....	45
5.3	Dokumente zur Lehnen für Studenten.....	45
5.4	Inhalt.....	46
5.4.1	Wissenstest.....	46
5.4.2	Praktischer Versuch.....	47
5.5	Musterlösungen für Betreuer.....	53
5.6	Auswahl der Praktikumssoftware.....	62
5.7	Installationsanleitungen.....	62
5.7.1	Installation des CANDY Tools.....	62
5.7.2	Installation des NS-2 Simulators.....	63
5.7.3	Installation des Apache HTTP Servers.....	64
6	Implementierung des Praktikums	65
6.1	Umgebungen.....	65
6.2	Implementierung der Webseiten.....	65
7	Zusammenfassung und Ausblick	75
A	Verzeichnisse	77
A.1	Abkürzungen.....	77
A.2	Abbildungsverzeichnis.....	78
A.3	Tabellenverzeichnis.....	79
A.4	Literaturverzeichnis.....	80
B	CD Inhalt	83

1 Einleitung

1.1 Motivation

Moderne Computernetze sind sehr komplex. Bei ihrem Entwurfsprozess müssen viele Aspekte beachtet werden. Z. B.

- Welche Übertragungstechnologien sind geeignet?
- Wie wird die Gebäudeverkabelung sein?
- Wird ein WLAN geplant?
- Welche Kosten- und Zeitgrenzen sind gegeben?
- Welche Übertragungslast ist vertretbar?

Aber bisher existiert noch keine allgemeine Lösung für die Netzprojektierung. Der Netzwerkdesigner handelt in vielen Fällen intuitiv. Er trifft seine Entscheidungen häufig aufgrund von gesammelten Erfahrungen und angeeignetem Wissen. Daher kommen die Fehler beim Entwurf leicht und häufig vor. Die steigende Komplexität der Netzprojektierung erfordert den Einsatz von CASE Werkzeugen im Arbeitsprozess. Bei der Konzipierung, der Inbetriebnahme und dem Testen eines Netzwerkes sollten einige übergreifende Tools zur Verfügung stehen, um den Projektanten bei schwierigen Entscheidungen teilweise oder vollständig automatisch unterstützen zu können, und somit seine Arbeit zu vereinfachen.

Zusammengefasst ist es notwendig, eine sorgfältige Netzwerkplanung zu machen. Dies kann Entwurfsfehler vermeiden und unnötige Übertragungsengpässe und kostspieliger Veränderungsarbeiten verhindern.

Aufgrund dieser vorgestellten Situation läuft das Projekt „CANDY“, das auch Computer Aided Network Development Utilities heißt, an der TU Dresden. Es hat das Ziel, Anwendungen zur computergestützten Netzwerkplanung und Netzwerkoptimierung zu entwickeln.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Belegarbeit ist es, ein universitäres Praktikum zur Rechnernetzprojektierung zu konzipieren und zu realisieren. Dazu soll in diesem

Beleg zunächst festgestellt werden, welche Komponenten, die innerhalb des Projektes „CANDY“ zur Unterstützung des Rechnernetzdesigns entwickelt worden, für ein studentisches Praktikum innerhalb der Rechnernetzausbildung geeignet sind. In dieser Arbeit sollen neben der ausführlichen Einführung über Rechnernetzprojektierung, einem Überblick über CAD-Tools auch ein komplexes Rechnernetz-Szenario dargestellt werden.

Das Lehrziel besteht darin, dass die Teilnehmer Erkenntnisse über Rechnernetzprojektierung, Netztopologie, Netzlastplanung, Netzwerksicherheit und VLAN, Simulation, WLAN-Planung, strukturierte Verkabelung und Kostenanalyse anhand eines theoretischen Wissenstests und praktischer Versuche erwerben. Zusätzlich soll die Nutzung moderner CAD-Tools am Beispiel des CANDY-Frameworks vermittelt werden.

1.3 Aufbau

Der Aufbau dieser Arbeit gestaltet sich wie folgt:

- **Kapitel 2** stellt wichtige Aspekte der Theorie der Rechnernetzprojektierung vor. Dazu wird zunächst ein Überblick über Rechnernetzprojektierung gegeben. Danach werden einige Techniken bei Rechnernetzprojektierung dargestellt, z.B. Netzlastanalyse, Optimierung der strukturierte Verkabelung, Analyse und Planung von Standorten für Access Point und Kostenanalyse. Zum Schluss wird ein typisches Beispielsszenarium zur Rechnernetzprojektierung vorgestellt.
- **Kapitel 3** stellt spezielle Tools zur Unterstützung der Netzwerkprojektierung vor.
- **Kapitel 4** gibt einen Überblick zum aktuellen Stand des „CANDY“ Projektes. Dazu werden Architektur und Vorgehensweise des CANDY Frameworks gezeigt. Zum Schluss wird die Funktionsweise jedes einzelnen praktischen CANDY Tools erläutert
- **Kapitel 5** dient der Erarbeitung eines Konzeptes für ein universitären Praktikums zur Rechnernetzprojektierung.
- **Kapitel 6** stellt die Implementierung des Praktikums vor.
- **Kapitel 7** fasst die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick.

2 Theorie der Rechnernetzprojektierung

Beim Prozess der Rechnernetzwerkausbildung spielt die Netzwerkprojektierung eine sehr wichtige Rolle. Eine gute Planung kann Entwurfsfehler vermeiden und Zeit sparen. In diesem Kapitel wird zunächst ein Überblick über die Rechnernetzplanung gegeben. Danach werden einzelne Technologien innerhalb der Rechnernetzprojektierung dargestellt. Zum Schluss wird ein Beispielszenarium zur Projektierung eines Netzwerkes vorgestellt

2.1 Überblick über die Netzwerkprojektierung

In der Praxis gibt es je nach Zielstellung des Auftraggebers vielfältige Typen von Netzwerkprojekten. Zum Beispiel kann gefordert werden

- Planung der strukturierten Verkabelung in einem Gebäude
 - Planung einer WLAN-Struktur in einem Gebäude
 - Auswahl der Netzkopplungskomponenten (Switches, ...)
 - Konzeption verteilter Applikationen (Hard- und Software)
- Evtl. verbunden mit Überlastungskontrolle, Kostenkontrolle usw.

Die Einzelaufträge können auch kombiniert werden. Das Ziel der Netzwerkprojektierung ist es, die Lösung für die Gestaltung kostenoptimaler Kommunikationsnetze zu finden. Dabei sind verschiedene technische und technologische Aufgaben zu berücksichtigen. Ein Netzwerkplan soll gegenwärtige, kurzfristige (die rechtszeitige Vorbereitung auf die Netzwerkerweiterungen wie Topologie, Kapazität und Routing/Wegewahl) und langfristige Ziele (Ausgangsrichtlinien für die Erfüllung der Zukunftsnachfragen) enthalten. Das langfristige Ziel ist grob geschätzt und variabel. Das gegenwärtige Ziel steht im Mittelpunkt von Netzwerkanalyse und -entwurf. Deswegen erfordert die Netzplanung komplexe Vorgehensweise und ist eine kontinuierliche Aufgabe, beginnend mit den ersten Ideen des Netzwerkentwurfs und dem ständigen Begleiten des vollständigen Lebenszyklus eines Systems.

Die Netzführung beinhaltet die Überwachung, Auswertung und Steuerung der Anlage während der Netzinstallation und des Betriebes. Infolgedessen, gibt es ein starkes Verhältnis zwischen dem Planungsprozess und Netzführung.

Jeder mögliche Planungsprozess enthält die folgenden typischen Phasen:

1. Informationserhebung (Leistungsanforderungen, Preislimit,...)
2. Konzeptioneller Entwurf (Auswahl geeigneter Technologien, ...)
3. Ausführlicher Entwurf, einschließlich Konfiguration, Installationsstrategie, Teststrategie und Management
4. Realisierung (Installation und Test)
5. Verifikation, Simulation des Netzes, Verbesserung
6. Erweiterung und Upgrade des Netzes

Die korrekte Vorgehensweise einer Netzwerkplanung setzt zunächst die Informationserhebung voraus, bei der wird man mit den Problemen konfrontiert, wie Istzustand des vorhandenen Netzwerks, Probleme von vorhandenem Netzwerk und System, Anforderungen des Nutzers, der Anwendungen und der Geräten, Analyse notwendiger Performance und Datenübertragungsvolumen.

Der konzeptionelle Entwurf legt die Alternativen der Technologien und Topologien, die Klassen benötigter Einrichtung und die Beziehungen zwischen Netzwerkfunktionen fest.

Der ausführliche Entwurf erzeugt einen Konfigurationsplan. Er schließt die Hardwarespezifikation, System und die Kommunikationssoftware ein und enthält auch den Netzführungsplan sowie Installation- und Teststrategie. Er wird Schritt für Schritt verwirklicht. Software und Hardware werden ausgewählt und in einer Bestellliste zusammengefasst.

Nach Fertigstellung der kompletten Installation, muss diese über das Netzwerkmanagement systematisch überwacht werden, um die Performance des Netzwerkes analysieren und auswerten zu können, und um das gesamte Verhalten des Systems abstimmen zu können.

Mit der Zeit wird es infolge von Traffic - Zunahme notwendig, erweiterte Dienste oder geographischen Ausdehnungen des Netzes einzuführen. Schließlich führt der Upgrade-Prozess zu einer neuen Generation von Netzwerken.

Die Abbildung 2.1 beschreibt den allgemeinen Netzwerkplanungsprozess.

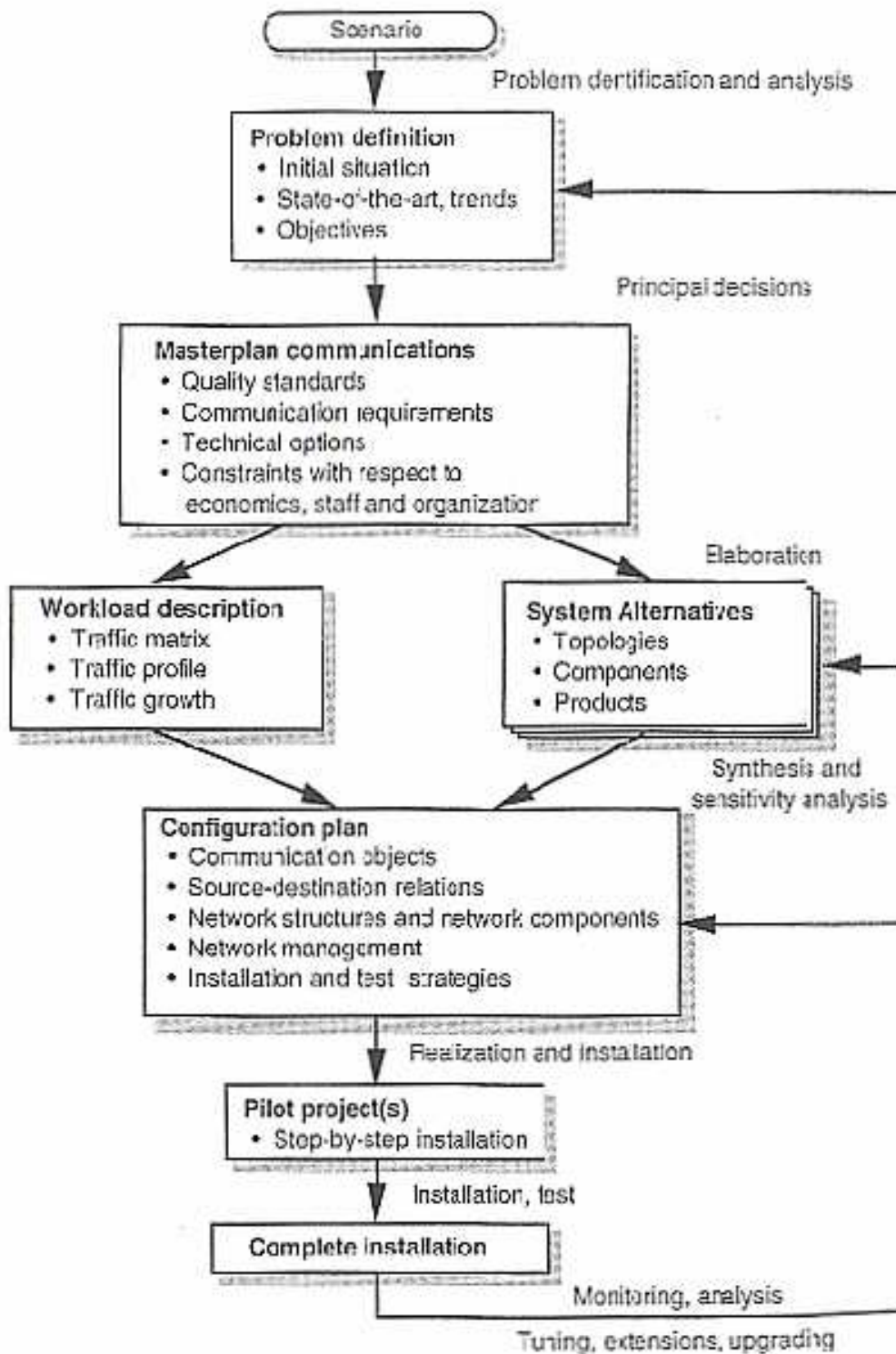


Abbildung 2.1: Netzwerkplanungsprozess[Grü06]

2.2 Netzlastplanung

Jeder Netzplanung muss eine möglichst genaue Ermittlung der Netzlast vorausgehen. Aufgrund einer Vielzahl von Dienst und Anwendungen (inklusive der Anwendungen im LAN und Internet) umfassen die Komponenten der Netzwerklast Dateien, Jobs, Datenbank-Anfragen, WWW-Anfragen und Transaktionen usw. Die typischen Anwendungen sind wie folgend:

- Operations, Administration, Maintenance und Provisioning: z.B. DNS, Email/SMTP, NNTP usw.
- Data Transport Applications: z.B. FTP
- Web Development, Access und Use Applications: z.B. WWW
- Teleservice Applications: z.B. Telearbeit, eLearning und Telekonferenz
- Client-Server Applications: z.B. ERP (Enterprise Resource Planning) usw.
-

Die (relative) Netzlast gibt in Rechnernetzen an, wie viel Prozent der tatsächlich verfügbaren Bandbreite genutzt werden. Die Netzlast ist ein einfacher Indikator für die Dimensionierung von Netzwerken. Die Modellierung und Analyse der Last ermöglicht es, die Erfüllung der Anforderungen von Nutzer und Anwendungen sicherzustellen. Deshalb ist die Lastplanung beim Netzwerkentwurf sehr wichtig und notwendig.

Es gibt zwei Methoden zur Berechnung von Netzlast: bei Annahme statischer Ströme und dynamischer Ströme.

2.2.1 Berechnung der Auslastung bei der Annahme statischer Ströme

In einem LAN steht eine Bewertungskategorie von Netzlast bei der Annahme statischer Strömen zur Verfügung. Diese Bewertungskategorie wird in drei Fällen unterteilt:

Zum Beispiel wird die Kanalkapazität 100Mbit/s angenommen, dann

- a) **Überlastet** (Durchsatz $> 100\text{Mbit/s}$): Wenn zu viele Daten in ein Netzwerk gesendet werden, können Netzknoten (Switch) oder Verbindungen mit relativ geringer Bandbreite überlastet werden, und es kommt zu Staus.
- b) **Engpass** ($50\text{Mbit/s} \leq \text{Durchsatz} < 100\text{Mbit/s}$): Eine Engstelle auf einem Verkehrsweg, der nur langsam oder von nur wenigen Verkehrsströmen gleichzeitig passiert werden kann.
- c) **Normal** (Durchsatz $< 50\text{Mbit/s}$)

Bei Überlastungen und Engpässen werden in den Netzen viele Fehler auftreten. Z.B. Datenverlust, Zeitverzögerung, usw. Um dies zu vermeiden bieten sich hier einige Auswege:

- Schnellere Switches einsetzen, aber nicht überall notwendig. Mit schnelleren Switches wäre das Netzwerk deutlich schneller, aber bei wesentlich höheren Kosten. Deshalb sind nur für die Core-Switches und die in Teiltrecken häufig übergelasteten Switches schnellere Switches notwendig einzusetzen.
- Parallele Leitungen. Die Datenströme werden durch Parallelleitungen verteilt. Dadurch erhöht sich der Durchsatz deutlich.
- Austauschen von Rechnern. Mit schnellen Computern ist der Datenarbeitszeit deutlich reduziert. Dadurch verschnellt sich das Netzwerk deutlich.

2.2.2 Berechnung der Auslastung bei Annahme dynamischer Ströme

Im Allgemeinen sind die Lastströme im laufenden Netz dynamisch schwankend. Diese Datenströme werden häufig aus einer Nutzung von Diensten und Anwendungen erzeugt, z.B. E-Mail Senden und Empfangen, Internet Surfen, Video Konferenz.

Die dynamische Lastberechnung kann auf Basis der Bedienungstheorie durchgeführt werden. Ein Bedienungssystem besteht aus einer Menge von Bedienungsgeschäften mit bestimmten Regeln für die Bedienung eintreffender Forderungen. Das Funktionieren eines Bedienungssystems wird durch zwei Hauptelemente bestimmt: den Eingangsstrom der Forderungen und die Möglichkeiten zur Bedienung der Forderungen (Bedienungsgeschäfte, Bedienungsorganisation, Bedienungszeit).

Im Beleg von Wolfgang Faller ([Fäl03]) wurden analytische Verfahren für die Kapazitätsplanung von Rechnernetzen detailliert dargestellt.

2.3 Optimierung der strukturierten Verkabelung

Bei der Rechnernetzprojektierung ist es eine wichtige Aufgabe des Designers, sich Gedanken um den Verlauf der Kabelkanäle zu machen und diese richtig zu dimensionieren, um die Wartungskosten des Kabelnetzwerks so gering wie möglich zu halten. Daher muss ein Weg gefunden werden, um Kanalverlauf und Kabelverlegung in den Kanälen zu optimieren.

Bei der Ermittlung einer optimalen Kabelführung müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden.

- Anzahl und Lage der Etagenverteilteräume
- Kabellängen
- Kabelkanal Kapazität(Kabeltrassenauslastung)
- Gesamtkosten bei Leitungsführung

In Sektionen 2.3.2, 2.3.3 und 2.3.5 sind drei Algorithmen zur Berechnung der optimalen Kabelführung gegeben.

2.3.1 Grundsätze der strukturierten Verkabelung (EN 50173)

Bei der strukturierten Verkabelung wird in der Normung eine Struktur mit drei Ebenen vorgesehen (siehe Abbildung 2.2):

- **Primärbereich** (Campus Backbone). Als maximale Distanz zwischen Campusverteiler und Gebäudeverteiler sind 1500m vorgesehen. Die wichtigsten Anforderungen sind hohe Übertragungsraten und Ausfallsicherheit. Dafür bieten sich Glasfasern als Übertragungsmedium an.
- **Sekundärbereich** (Gebäudebackbone). Die Anforderungen entsprechen denen im Primärbereich, die maximale Distanz zwischen Gebäude- und Etagenverteiler beträgt 500m. Multimode-Gradeintenfasern werden häufig eingesetzt.
- **Tertiärbereich** (Etagenverkabelung). Die maximale Distanz zwischen Etagenverteiler und Wandsteckdose beträgt 90m. Meist werden TP-Kabel verwendet, z.B. UTP-Kabel der Kategorie CAT-6.

Die wichtigsten Normen für die strukturierte Verkabelung sind ISO/IEC 11801(weltweit gültig), die daraus abgeleitete europäische Norm ist EN 50173, in den USA wird EIA/TIA 568 verwendet. Die nationale Norm ist E DIN 44312-5.

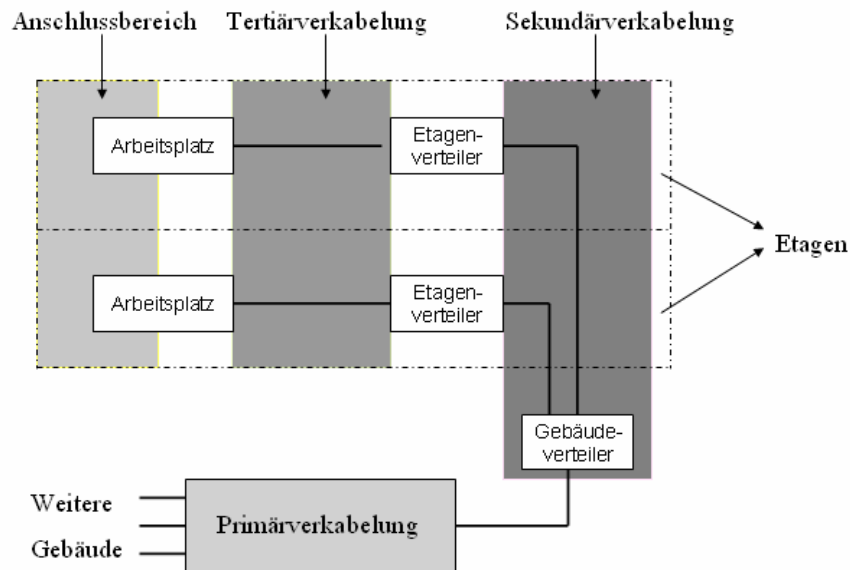


Abbildung 2.2: Strukturierte Verkabelung

Bei strukturierter Verkabelung soll man noch den Strom und Klima berücksichtigen. Es sollten in den Büro, Server- und Verteilerräumen genug Steckdosen mit genug Leistung geplant werden. Nachverkabelungen sind enorm teuer. Die Stromversorgung in den Server- und Verteilerräumen sollte so geplant werden, dass Verbrauch und EDV, also Licht, Anschlüsse für Reinigungsgeräte etc. und Server und Netzwerkgeräte, an verschiedenen Phasen angeschlossen sind. So können später ohne große Umbauten Dinge wie USV, Batterien etc. installiert oder verändert werden. Ebenso werden Störeinflüsse verhindert.

Laufende Geräte, Router, Switches, Hubs, Server etc. verbrauchen nicht viel Strom, sie entwickeln auch Abwärme. Ein Gebäude-, Stockwerksverteiler oder Serverräume in einer größeren Umgebung, der zukunftssicher geplant ist, ist daher klimatisiert. Die Kosten bei einer initialen Planung sind weitaus geringer als wenn spätere Nachinstallationen erfolgen. Deshalb sollte hier nicht gespart werden.

2.3.2 Dijkstra Algorithmus

Der von Edsger Wybe Dijkstra entwickelte Algorithmus gehört zu den Klassen der Greedy-Algorithmen. Der Algorithmus dient dazu, in einem bewerteten ungerichteten bzw. gerichteten Graphen alle kürzesten Wege von einem bestimmten Startknoten aus zu berechnen. Das heißt, sie wählen immer den Folgezustand, der zum jetzigen Zeitpunkt den größten Gewinn bzw. beste Ergebnis verspricht. Hieraus kann sich auch ein globales Optimum ergeben.

Der Dijkstra Algorithmus in Pseudocode ist auf folgende Abbildung zu finden.

```

für jedes v aus V
  {
    Distanz(v) := unendlich
    Vorgänger(v) := kein

    Distanz(s) := 0
    Vorgänger(s) := 'begin'
    U := V
    M := EMPTYSET

für jedes (s, v) aus E mit v aus U
    {
      Distanz(v) := Kosten(s, v)
      M := M UNION {v}
      Vorgänger(v) := s

solange M nicht leer
      {
        wähle u aus M mit Distanz(u) minimal
        M := M - {u}
        U := U - {u}
        für jedes (u, v) aus E mit v aus U
          {
            M := M UNION {v}
            wenn Distanz(u) + Kosten(u, v) < Distanz(v) dann
              {
                Distanz(v) := Distanz(u) + Kosten(u, v)
                Vorgänger(v) := u

Ausgabe: Distanz und Vorgänger

V.....die Menge der Knoten
E.....die Menge der Kanten
s.....der Startknoten
U.....die Menge der noch zu bearbeitenden Knoten
Kosten..... die Gewichtsfunktion für die Kanten
  
```

Abbildung 2.3: Dijkstra Algorithmus ([www2])

Einschränkungen:

Der Algorithmus von Dijkstra arbeitet nur für nichtnegative Kantengewichte korrekt.

Komplexität:

Die Laufzeit beträgt $O(n^2)$, wobei n die Anzahl der Knoten ist.

Durch die Verwendung eines Fibonacci-Heap anstelle einer Knotenliste beträgt die Laufzeit lediglich $O(m + n \cdot \log(n))$, wobei m die Anzahl der Kanten ist.

2.3.3 Bellmann Ford Algorithmus

Bellmann Ford Algorithmus kann als Verallgemeinerung des Algorithmus von Dijkstra verstanden werden. Gelegentlich wird auch von Moore-Bellmann-Ford-Algorithmus gesprochen. Dieser Algorithmus wurde von Bellmann in den 1940er Jahren entwickelt und gehört der Gruppe der dynamischen Algorithmen an. Es geht davon aus, dass Optimallösung dieser Teilprobleme ergibt die Optimallösung des Gesamtproblems.

In Unterschied zum Dijkstra-Algorithmus können die Gewichte der Kanten auch negativ sein.

Der Bellmann Ford Algorithmus in Pseudocode ist auf die Abbildung 2.4 zu finden.

```

für jedes v aus V
  { Distanz(v) := unendlich
    { Vorgänger(v) := kein
Distanz(s) := 0

wiederhole n - 1 mal
  { für jedes (u, v) aus E
    { wenn Distanz(u) + Gewicht(u, v) < Distanz(v) dann
      { Distanz(v) := Distanz(u) + Gewicht(u, v)
      { Vorgänger(v) := u

für jedes (u, v) aus E
  { wenn Distanz(u) + Gewicht(u, v) < Distanz(v) dann
    STOP mit Ausgabe "Zyklus negativer Länge gefunden"

Ausgabe: Distanz

V.....die Menge der Knoten
E.....die Menge der Kanten, die auch ungerichtet sein können
s..... der Startknoten
U.....die Menge der noch zu bearbeitenden Knoten
n..... die Anzahl der Knoten im Graphen
Gewicht ist die Gewichtsfunktion des Graphen und bestimmt die Distanz
von zwei Knoten, die durch eine Kante verbunden werden.

```

Abbildung 2.4: Bellmann Ford Algorithmus([www3])

Komplexität:

Die Laufzeit beträgt $O(|V| \cdot |E|)$, wobei $|V|$ die Anzahl der Knoten und $|E|$ die Anzahl der Kanten im Graphen ist.

2.3.4 Problem

Die beiden betrachteten Algorithmen nutzen die Gewichtsfunktion als Kriterium für die Wahl des kürzesten Weges. Die Kosten kann man mit den Längen der Kanten gleichsetzen. Nach dem Durchlauf der Algorithmen sind die kostengünstigsten Wege, die auch die geringsten Längen sind, ermittelt worden. Aber in der Praxis muss noch die Kapazität der einzelnen Kanten beachtet werden. Wenn zu viele kürzeste Wege über eine Kante führen, kann es dazu kommen, dass die Kapazität überschritten wird. Andererseits haben die verschiedenen Netzwerkkabel unterschiedliche maximale Länge. Die einzelnen kürzesten Wege dürfen bestimmte Längen nicht überschreiten.

2.3.5 Optimaler Algorithmus zur Berechnung

Um das vorstehende Problem zu lösen wurde in der Candy Group ein neuer optimaler Algorithmus entwickelt. Dieser Algorithmus lehnt sich stark an den Dijkstra Algorithmus an. Er ist nur etwas modifiziert worden, um den besonderen Anforderungen gerecht zu werden. Dieser Algorithmus in Pseudocode ist auf folgende Abbildung zu finden.

```

Eingabe : Starttripel s, Menge aller Kanten V
Ergebnis : Berechneter kürzester Weg S
Daten : int länge, Tripel such, Tripelmenge D, Tripelliste S
// Initialisierung der Daten
länge = 0
such = (s.start, s.start, 0)
// Alle vom Startknoten aus erreichbaren Knoten ermitteln
für alle v ∈ V tue
|   wenn s.von == v.von dann
|   |   D = D ∪ {v}
// Berechnung der kürzesten Wege vom Startknoten aus
solange D.size > 0 oder s.nach != such.nach tue
|   such = minimum(D)
|   D = D \ {such}
|   E = E ∪ {such}
|   für alle v ∈ V tue
|   |   wenn such.nach == v.von dann
|   |   |   für alle d ∈ D tue
|   |   |   |   wenn v ∉ E und (v ∉ D oder (v.kosten < d.kosten und v.ziel ==
|   |   |   |   |   d.ziel)) dann
|   |   |   |   |   |   D = D ∪ {v}
// Ermittlung des Weges vom Startknoten zum Zielknoten
such = (s.ziel, s.ziel, 0)
solange s.start != getFirst(S).start tue
|   für alle e ∈ E tue
|   |   wenn such.von == e.nach dann
|   |   |   S = putFirst(S, e)
|   |   |   länge = länge + e.kosten
|   |   |   such = e
|   |   |   break
// Auswertung der Berechnung
wenn S.size == 0 dann
|   return "Es konnte leider kein Weg ermittelt werden"
wenn länge > s.kosten dann
|   return "Der ermittelte Weg ist leider zu lang"
sonst
|   return S
    
```

Abb. 2.5: Algorithmus zur Berechnung der optimalen Kabelführung ([www4])

2.4 Analyse und Planung von Standorten für Access Points

WLAN mit dem Standard IEEE 802.11b und IEEE 802.11g sind heute sehr weit verbreitet. Mit der steigenden Nachfrage für die Übertragung von Sprach- und Videodaten nimmt auch die Notwendigkeit zu, WLAN-Anwender und –Ressourcen zuverlässig zu positionieren. Dabei sind Standortanalysen zur Unterstützung dieser Anwendungen für die Auslegung und Optimierung von LAN-Netzwerken unverzichtbar.

2.4.1 Access Point

Beim Aufbau eines drahtlosen Netzwerkes ist es wesentlich, die optimalen Standorte der Access Points zu finden. Zuerst soll man einen wichtigen Begriff erklären. Was ist ein Hotspot? Wie folgende Abbildung darstellt, verbindet ein Hotspot, auch Access Point genannt, Anwender(z.B. Notebook) durch Funkverbindung mit einem Netzwerk (Lokal Area Network, LAN) / Internet (Wide Area Network, WAN). Der AP(Access Point) ist der Kern eines WLAN. Er kann einfach an der Decke oder der Wände montiert werden. Die maximale Erfassung bei freier Platzierung kann 300m sein und die Datenrate in der Höhe von 54 Mbps sein. Aber die funktionsfähige Entfernung ist in geschlossenen Räumen meist unter 100m.

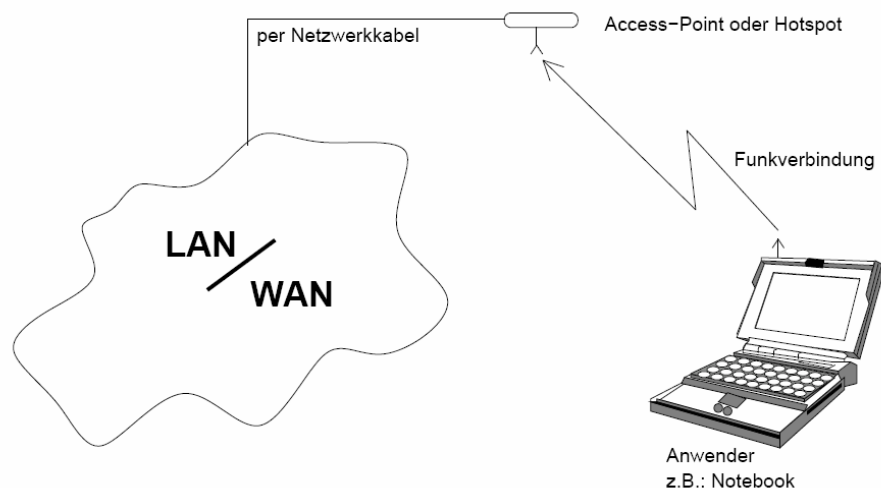


Abbildung 2.6: Anwender - Hotspot – Netz ([Fah05])

2.4.2 Aspekte für die Analyse von Standorten

Bei der Planung eines WLAN sind viele Aspekte zu beachten. Eine ausreichende Signal-Überlappung muss zwischen benachbarten Access-Points bestehen, damit eine nahtlose Mobilität gewährleistet ist. Die Überlappung sollte nicht so groß sein, um wesentliche Interferenzen zwischen den Kanälen zu vermeiden. Darüber hinaus

gibt es in der Regel Anforderungen für Gesamt-Durchsatz, Durchsatz pro Anwender und Rauschabstand. Gleichzeitig sollte man aus Gründen der Kosteneffizienz eine möglichst geringe Anzahl von Access-Points planen.

Bei der Analyse von Standort für Access-Points sollte man die folgenden Faktoren berücksichtigen, die die Leistung des WLANs verändern könnten.

- Wenige Probleme gibt es für ein WLAN in einer offenen Umgebung, in der es nicht viele Wände oder große Strukturen gibt, die das Signal blockieren können.
- Die Reichweite von Wireless-Access-Points kann erheblich verringert sein, wenn ein WLAN in einem Lagerhaus oder einem Büro installiert wird, in dem es Stahlträger, Betonsäulen, große Aktenschränke und schwere Maschinen gibt.
- Werden Wände oder Abtrennungen häufig bewegt?
- Die Anzahl der Nutzer und deren Lastanforderungen beeinflussen die Wireless-Übertragung, dadurch können zusätzliche AP erforderlich sein.

2.4.3 Ausbreitungsmodelle

In diesem Abschnitt sollen einige Ausbreitungsmodelle verglichen und analysiert werden. Ausbreitungsmodelle dienen der Vorhersage der Empfangsfeldstärke für beliebig vorgegebene Empfängerstandpunkte bei frei wählbarem Senderstandort. Im Folgenden werden vier Modelle behandelt:

- das Free Space Loss Model
- das Multi Wall Model
- das COST 231 Walfish-Ikegami Model
- das Strahlenoptische Modelle

Free Space Loss Model

Das Free Space Loss Model (FSLM) gehört zu den empirischen Modellen. In diesem Modell wird der direkte Strahl zwischen Sender und Empfänger berechnet, ohne die Umgebung direkt zu berücksichtigen. Es basiert auf einer Eigenschaft elektromagnetischer Wellen: Dämpfung. Die mathematische Formel ist folgende:

$$FSL = 92,5 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad [\text{Pre06}]$$

FSL... Free Space Loss (Freiraumdämpfung) [dB]

f ... Frequenz [GHz]

d ...Entfernung zwischen Sender und Empfänger [km]

Das FSLM unterstützt alle WLAN- und WiMAX-Frequenzbereiche und ist für In-

und Outdoor- Szenarien geeignet.

Multi Wall Model

Das Multi Wall Model (MWM) bezieht im Gegensatz zum FSLM die Gebäudegeometrie mit in die Berechnung ein. Das MWM berücksichtigt Durchdringung von Wänden für jeden Strahl vom Sender zum Empfänger.

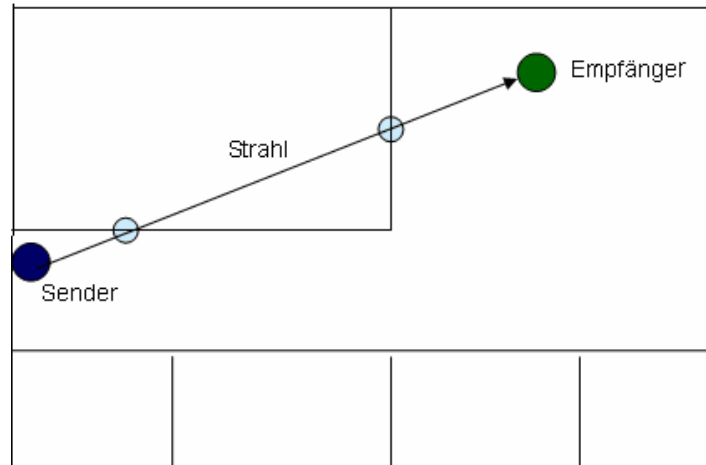


Abbildung 2.7: Multi Wall Model([Pre06])

Es gibt verschiedene Berechnungsformeln für MWM. Eine ist die folgende:

$$L_{MW} = L_0 + 10\gamma \log(d) + \sum_{i=1}^M L_i \quad [\text{Pre06}]$$

L_{MW} ... Muti-WallVerlustleistung [dB]

d ... Entfernung zwischen Sender und Empfänger [m]

L_0 ... Referenzdämpfung bei 1m Entfernung [dB]

γ ... Verlustfaktor

M ... Anzahl der Wände zwischen Sender und Empfänger

L_i ... Verlustleistung der i -ten Wand [dB]

Für verschiedenen Faktoren und Dämpfungswerte der Wände wurden experimentell Werte ermittelt. Dabei steht L_1 für die Verlustleistung einer dünnen Wand, L_2 für eine dicke Wand und L_3 für eine Metall Wand.

f [GHz]	L_0 [dB]	L_1 [dB]	L_2 [dB]	L_3 [dB]	γ	Kommentar
1,9	38	2,1	4,4		2,0	Bürogebäude
1,9	38	0,5	4,2	1,3	2,0	Halb offenes Gebäude
2,45	40,2	5,9	8,2		2,0	Bürogebäude
2,45	40,2	6		4,1		Bürogebäude
2,5	40,6	5,4			2,0	Trockenbauwände
5,0	46,4	6,5	11,7			Bürogebäude

Tabelle 2.1: Multi Wall Model Parameter([Pre06])

Das MWM gehört zu den semi-empirischen Modellen. Es unterstützt sowohl die WLAN- auch die WiMAX-Frequenzbereiche und es kann zusammen mit Outdoor-Modellen für eine Simulation von kombinierten In- und Outdoor-Szenarien verwendet werden. Trotzdem ist das MWM ein sehr einfaches Ausbreitungsmodell, lassen sich damit recht gute Ergebnisse erzielen. Aber sind die Vorhersagen bei zunehmender Wandanzahl und höherer Komplexität des Szenarios teilweise pessimistisch.

COST 231 Walfish-Ikegami Model

Das COST 231 Walfish-Ikegami Model basierte auf den Ausbreitungsmodellen von Walfish-Betoni und Ikegami. Das Modell berücksichtigt die Umgebungswerte wie die Gebäudehöhe, die Breite von Straßen, der durchschnittliche Abstände der Gebäude und der Winkel zwischen Funkstrahl und Straße. Die folgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung aller notwendigen Parameter.

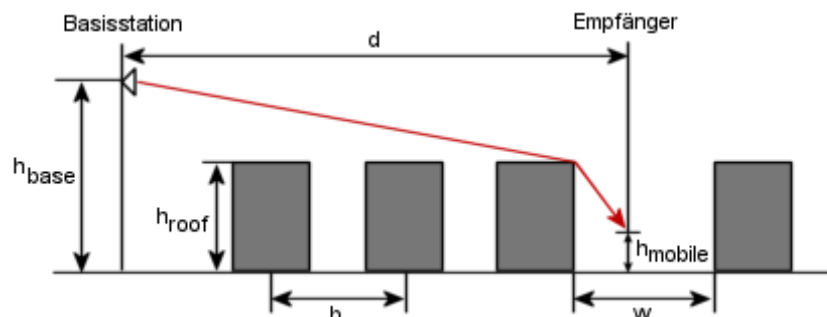


Abb. 2.8: Parameter des COST 231 Walfish-Ikegami Model ([Pre06])

h_{base} ... die Höhe der Basisstation

h_{roof} ...die Höhe des Gebäude

h_{mobile} ...die Höhe des Empfängers

d ...Abstand zwischen Sender und Empfänger

b ...mittlerer Abstand der Häuser

w ...Breite der Straße($b/2$)

Bei der Berechnung des COST 231 WI Model wird zwischen der direkten Sichtlinie(LOS) und dem Fall keiner Sichtlinie (NLOS) unterschieden. Für den LOS-Fall kommt folgende einfache Formel zum Einsatz, welche auf Messungen in Stockholm basiert:

$$L_b = 42,6 + 26 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) \quad \text{für } d \geq 20\text{m} \quad [\text{Pre06}]$$

L_b ...Dämpfung des COST WI Models [dB]

d ... Entfernung zwischen Sender und Empfänger [km]

f ...Frequenz [MHz]

Für den Fall von NLOS setzt sich die Dämpfung aus 3 Werten (L_0, L_{rts}, L_{msd}) zusammen.

$$L_b = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} & \dots L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_0 & \dots L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad [\text{Pre06}]$$

L_b ... Dämpfung NLOS-Fall [dB]

L_0 ... Freiraumdämpfung [dB]

L_{rts} ...root –top-to-street diffraction and scatter loss [dB]

L_{msd} ...multiple screen diffraction [dB]

L_0, L_{rts}, L_{msd} berechnet sich in diesem Fall wie folgt:

$$L_b = 32,4 + 20\log(d) + 20\log(f)$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10\log(w) + 10\log(f) + 20\log(h_{roof} - h_{mobile}) + L_{Ori}$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f) - 0,9\log(b)$$

Daraus

$$L_{Ori} = \begin{cases} -10 + 0,354\varphi & 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2,5 + 0,075(\varphi - 35^\circ) & 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4 + 0,114(\varphi - 55^\circ) & 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases}$$

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18\log(1 + h_{base} - h_{roof}) & h_{base} > h_{roof} \\ 0 & h_{base} \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$k_a = \begin{cases} 54 & h_{base} > h_{roof} \\ 54 - 0,8(h_{base} - h_{roof}) & d > 0,5\text{km und } h_{base} \leq h_{roof} \\ 54 - 0,8(h_{base} - h_{roof}) * \frac{d}{0,5} & d < 0,5\text{km und } h_{base} \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & h_{base} > h_{roof} \\ 18 - 15 \frac{(h_{base} - h_{roof})}{h_{roof}} & h_{base} \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$k_f = -4 + \begin{cases} 0,7(\frac{f}{925} - 1) & \text{fuer kleine und mittlere Staedte} \\ 1,5(\frac{f}{925} - 1) & \text{fuer grosse Staedte und Metropolen} \end{cases}$$

Das COST 231 Walfish-Ikegami Model gehört zu den semi-empirischen Modellen. Dieses Modell unterliegt einigen Restriktionen, die im Folgenden dargestellt sind:

f	= 800...2000 MHz
h_{base}	= 4...50m
h_{mobile}	= 1...3m
d	= 0,02...5 km

Tabelle 2.2: Restriktionen des COST 231 WI Model ([Pre06])

Aufgrund der Einschränkungen im Frequenzbereich kann das COST 231 WI Model keine hundertprozentige Vorhersage für WLAN und WiMAX treffen. Weil die Korrekturfaktoren hauptsächlich mit Hilfe der Mobilfunkfrequenzen ermittelt wurden, fällt eine Anpassung an die 2,4 GHz, 3,5 GHz und 5 GHz Bänder schwer.

Strahlenoptische Ausbreitungsmodelle

Die Strahlenoptische Ausbreitungsmodelle gehen davon aus, dass sich elektromagnetische Wellen wie optischen Strahlen ausbreiten. Die strahlenoptischen Modelle werden in zwei Gruppen unterteilt, dem Ray Tracing Mode und dem Ray Launching Model.

Das Ray Tracing Model berechnet für die Empfänger die Strahlenwege ausgehend vom Sender. Im Gegensatz dazu wird eine Strahlenröhre für jede Ausbreitungsrichtung beim Ray Launching Model berücksichtigt.

Das Dominant Path Prediction Model wurde von der Universität Stuttgart in Zusammenarbeit mit der AWE Communication GmbH entwickelt. Es basiert auf der Beobachtung, dass schon 2-3 Strahlen 95% der gesamten Empfangsenergie ausmachen. Deshalb sollte es ausreichen, nur dominante Strahlen zu berechnen, Das Dominant Path Prediction Model kann sowohl im Indoor-, als auch im Outdoor-Bereich eingesetzt werden. Die Grundlagen findet man bei [Pre06].

2.4.4 Methoden zur Standortplanung für Access-Points

Für die Planung der Standorte für Access-Points gibt es einige Methoden. Nachfolgend werden diese Verfahren erläutert([www5]).

- **Ignorieren:** An Stelle einer Planung platziert man vor Ort die an angenommenen, gut gelegenen Orten.
- **Überflutung:** Um sicher zu gehen, installiert man zahlreiche Access-Points im gewünschten Gebiet
- **Faustregel:** Häufig verwendet man Faustregeln wie z. B. einen Access-Point pro 1000 Quadratmeter
- **Rechnergestützte Planung:** Zur Unterstützung der Netzwerkplanung benutzt man eine entsprechende Software. Eine computergestützte Planung kann nicht nur Zeit und Kosten in den eigentlichen Einsatzphasen sparen, sondern auch unvorhergesehene Probleme beim Einsatz zu vermeiden. Im Kapitel 3 wird ein Software-Tool zur Visualisierung der Signalstärken von WLAN Access-Points erläutert.

2.5 Kostenanalyse

Kostenanalyse ist eine hilfreiche Methode zur Begrenzung der Kosten eines Unternehmens. Durch detaillierte Kenntnis der Kostenstruktur kann man Kostenoptimierung von Abläufen und Dienstleistungen möglich machen.

Die Kostenkontrolle ist ein bedeutendes Instrument und stellt einen wesentlichen Bestandteil der Unternehmensführung dar. Die umfassende Kostenanalyse in der heutigen Zeit wird immer unerlässlicher.

Wenn ein Netz erfolgreich gestalten werden soll, das mit einem Minimum an Kosten die gestellten Anforderungen erfüllt, müssen die folgende Aspekte berücksichtigt werden. [Grü04]

- Entwicklung der Teilnehmerzahlen und des Verkehrs
- Einführung neuer Dienste
- Einführung neuer Technik
- Einschränkungen/Besonderheiten bei der Netztopologie
- Ausplanung unter Berücksichtigung der Abschreibungen

In folgende werden die Probleme für die Kostenanalyse mit Berücksichtigung der Konzepte strukturierter Verkabelung, des Preisverfalls, der Abschreibung und von schrittweisem Einsatz von Investitionen besprochen.

2.5.1 Kostenkategorien

Innerhalb der Kosten- und Leistungsrechnung werden häufig die folgenden Kostenkategorien unterschieden: [www1]

- Fixe Kosten und variable Kosten
- Einzelkosten und Gemeinkosten
- Grundkosten, Anderskosten und Zusatzkosten
- Direkte Kosten und indirekte Kosten

Dabei sind:

- **Fixe Kosten** sind Kosten, die bei der Netzwerkplanung unabhängig vom Netzwerkbetrieb sind, wie Abschreibungen.
- **Variable Kosten** sind Kosten, die sich im Netzwerkbetrieb verändern können, wie Instandhaltung von technischem System.
- **Einzelkosten** sind Kosten, die zu dem Produkt oder der Dienstleistung direkt zugeordnet werden, wie Materialkosten.

- **Gemeinkosten** sind alle Kosten, die gemeinsam für mehrere Kalkulationsobjekte sind, wie Projektkosten.
- **direkte Kosten** sind kalkulierte Kosten bei der Netzwerkplanung, wie Investitionsausgaben, Arbeits- und Beratungskosten usw.
- **Indirekte Kosten** sind Kosten, die schwer zu ermitteln sind und damit auch schwer zu berechnen sind, wie Produktivitätsausfälle durch die Zeit, die Ihre Mitarbeiter für Computerreparaturen aufwenden, oder durch Systemausfälle.

Für ein Netz können Kosten in solchen Bereichen unterteilt werden. [Grü04]

- Kosten für Planung
- Kosten für die Errichtung
- Kosten für den Betrieb, die Instandhaltung und Abschreibung
- Kosten für Erweiterung
- Kosten für teilweise Erneuerung einer Anlage

Im Beleg von Grünwald ([Grü04]) wurden einige mathematische Kostenfunktionen detaillierter dargestellt.

2.5.2 Methodik zur Kostenanalyse

Die Einflussfaktoren auf die Gesamtkosten lassen sich in zwei Gruppe gegliedert. [Pil07]

- „Externe“ Preisänderungen für Rechnernetzkomponenten auf dem Markt
- „Interne“ Einflussfaktoren

Prognoseverfahren

Die kontinuierlichen Änderungen der Preise auf dem Markt haben ihren Einfluss auch auf die Gesamtkosten des Netzwerkes. Im Beleg von Pilipenko ([Pil07]) wurde ein Kostenvorhersageverfahren mit Anwendung von Prognoseverfahren zur Kostenberechnung dargestellt.

Dabei ist eine Kostenmodelle für die Prognosenverfahren.

Allgemeine Funktion ([Pil07]):

$$Y_i = b_1^i + b_2^i t_i + Z_i \quad \text{mit } i=1 \dots n$$

Y_i - gesuchte Größe

t_i - ein bestimmter Zeitpunkt, zu dem die gesuchte Größe berechnet wird.

$b_1^i b_2^i$ - Bewertende Parameter durch die in n Zeitschnitten fixierten Beobachtungen von Werten abhängiger (Kosten) und zusätzlicher Variablen. Diese Parameter werden für jedes Netzwerkprodukt berechnet.

Z_i - Störgröße

Abschreibungsmethode

„Interne“ Einflussfaktoren können mit einer Abschreibungsmethode berechnet werden. Es gibt steuerliche Abschreibung und technische Abschreibung. In der steuerliche Abschreibung gibt zwei Abschreibungsmethoden: lineare und nichtlineare. Bei der linearen Abschreibung wird ein gleichmäßiger Abzug des abzuschreibenden Produktwertes in vorgegebener Zeitperiode durchgeführt. Die nichtlineare Abschreibung unterstellt einen im Lauf der Nutzungsdauer abnehmenden Wertverlust, bei dem in den ersten Jahren der voraussichtlichen Nutzungsdauer die mit Steuern belegten Produkte einen größeren Abzug nehmen. Die technische Abschreibung wird durch den Produktverschleiß charakterisiert.

Die Rechnungen können folgende Funktion durchgeführt werden. [Pil07]

$$S(t) = S_{j=1}^{Nf} (U_j) * \exp(-t / \beta_u) + S_{j=1}^{Nf} (K_j) * \exp(-t / \beta_k) + S_{j=1}^{Nf} (PC_j) * \exp(-t / \beta_{pk})$$

mit

- $U_j = S_{i=1}^{Nj} K_{ij}$ - Kosten für Kopplungskomponenten der Filiale j, in WE
- $K_j = S_{i=1}^{NKj} (KK_{ij} * NMP_{ij})$ - Verkabelungskosten der Filiale j, in WE
- PC_j - Kosten für PCs mit Software an der Filiale j, in WE
- K_{ij} - Kosten für Kopplungskomponenten i.Art für Filiale j, in WE
- KK_{ij} - Kosten der Verkabelungseinrichtung i.Art für Filiale j, in WE/m
- NMP_{ij} - Ausdehnung der Verkabelungseinrichtung i für Filiale j, in WE
- PK_j - Kosten der Providerservices an der Filiale j, in WE/ Mon.
- $\beta_u, \beta_k, \beta_{pk}$ - logarithmische Dekremente der Abschreibung für Kopplungskomponenten, Verkabelungseinrichtungen bzw. PCs mit Software
- Nf - Filialenanzahl
- N_j - Netzkomponentenanzahl an der Filialennummer j
- NK_j - Anzahl der Verkabelungseinrichtungen an der Filialennummer j
- WE - konventionelle Währungseinheiten
- Mon. - Kalendermonat.

Abbildung 2.9: Funktion zur Berechnung der Abschreibung

2.6 Beispielszenarium zur Netzwerkprojektierung

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit einem Beispielszenarium zur Erläuterung der Projektierung eines Netzwerkes. Das Ziel dieses Szenarios ist, die Vorgehensweise der Netzwerkprojektierung zu erlernen. Dabei werden die wichtigsten Schritten im Netzwerkplanungsprozess, wie Untersuchung der Technologie, Erzeugung von Netzwerkskizzen, Auswahl der Komponenten und Beschreibung der strukturierten Verkabelung dargestellt. Dadurch kann man die Fähigkeit bekommen, ein kleines Netzwerk zu konzipieren.

2.6.1 Aufgabenstellung

Angenommen, an der TU Dresden soll ein neues Rechenzentrum der Fakultät Informatik errichtet werden, welches FRZ 3 genannt wird. Im FRZ 3 soll ein Lokales Netz (LAN) mit insgesamt 115 Arbeitsplätzen aufgebaut werden. Abbildung 2.10 zeigt den Lageplan von FRZ 3.

Das konzipierte Netzwerk soll folgende Anforderungen erfüllen:

- File-Servers, Webserver, und Mailserver bereitstellen.
- Verteilte Hardware-Nutzung, beispielsweise Drucker, Festplatten oder andere Einrichtungen von mehreren Stelle genutzt werden.
- einen Internetzugang gewährleisten
- für die Anwendungen muss eine Bandbreite bis 100Mbps bereitstehen
- Sicherheit gewährleisten, beispielsweise fehlerfrei Übertragung der Daten, der Datenschutz (Sicherheit der zu übertragenden Daten)
- Kostengünstige Netzwerkkomponenten auswählen
- effiziente Verkabelung

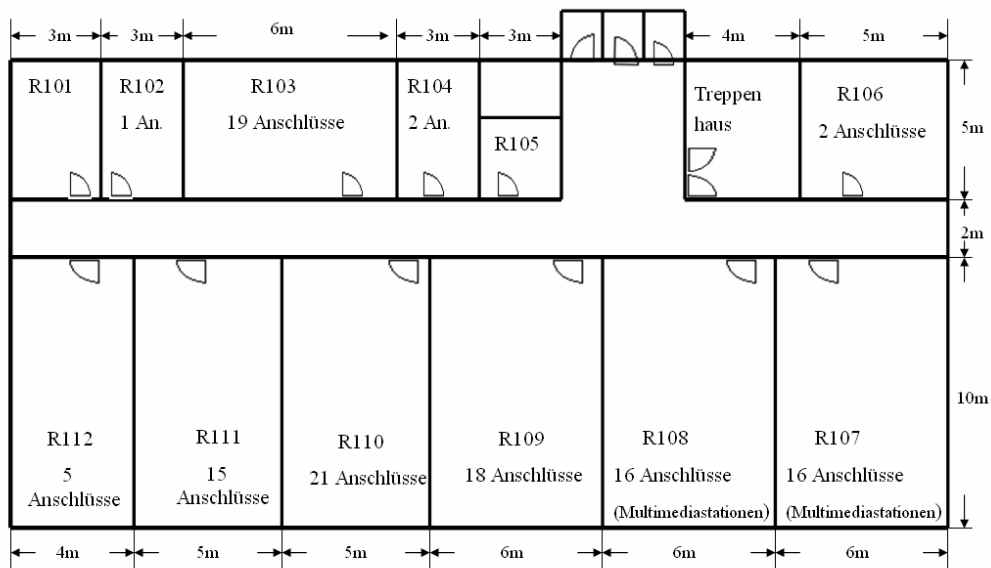


Abbildung 2.10: Lageplan FRZ 3

2.6.2 Lösungskonzept

An erster Stelle bei der Planung eines Netzwerkssystems steht natürlich, Informationen über die gegenwärtige Lage zu erwerben und auszuwerten.

Anforderungsanalyse

Das Konzipieren eines Netzwerks wird mit Betracht auf folgender Faktoren durchgeführt.

- Anforderungen durch Tätigkeitsbereich, Anzahl von Arbeitsplätzen und Platzierung
- Anforderungen bezüglich Traffics und QoS: verschiedene Anwendungen haben verschiedene Anforderungen an Performance.
- Anforderungen bezüglich Kosten und Lösungszeitsicherheit
- Anforderungen bezüglich Management und Sicherheit

Dabei sollen im konkreten Beispiel im FRZ3 115 Arbeitsplätze installiert und vernetzt werden. Von diesen Arbeitsplätzen sind 32 Arbeitsplätze (in den Räumen R107 und R108) als Multimedialstationen mit Spezialperipherie und –Software ausgestattet. Die ausführliche Verteilung der Arbeitsplätze und Platzierung der Zimmer zeigt Abb. 2.10. Die Datenübertragungsrate soll 100 Mbit/s betragen. Ein Mail und Web Server und ein File Server sollen im den Raum R105 und ein Druck Server in Raum R104 zur Verfügung gestellt werden.

Auswahl der Technologie und Topologie

Aufgrund der Entwurfziele und der Leistungsanforderungen wurden 100Mb/s Fast-Ethernet und 1000Mb/s Gigabit-Ethernet in unserem Beispiel eingesetzt (siehe Abbildung 2.11). Diese beiden Technologien sind heutzutage entwickelt und populär für LAN. Sie sind kostengünstiger als ATM.

Topologien umfassen Stern-Topologie, Ring-Topologie, Bus-Topologie, Baum-Topologie und Zell-Topologie. In großen Netzen findet man oftmals eine Struktur, die sich aus mehreren verschiedenen Topologien zusammensetzt. In diesem konkreten Beispiel wird eine Server-basierende Baum-Topologie von FRZ3 (siehe Abbildung 2.11) aufgrund der oben vorgestellten Anforderungsanalyse ausgewählt. Bei der Baum-Topologie gibt es keine Einwirkung, wenn beliebige Endgeräts (Workstation) ausfällt. Sie hat eine gute Eignung für Such- und Sortieralgorithmen und erleichtert die Erweiterbarkeit des Netzes.

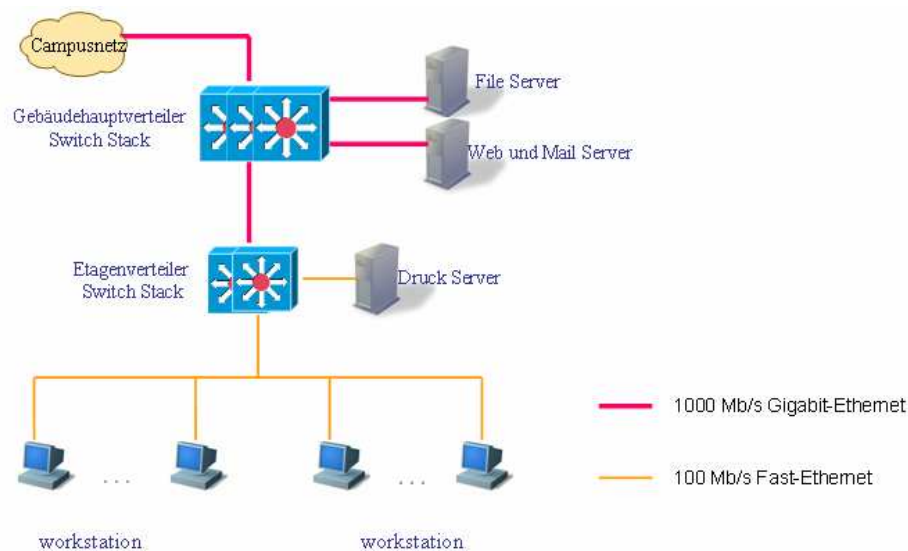


Abbildung 2.11: Topologie von FRZ 3

Auswahl der Netzwerkkomponenten

Die Auswahl der Netzwerkkomponenten ist ein komplexer Prozess. Das Ergebnis der Auswahl beeinflusst direkt die Performance des Netzwerkes. Bei der Auswahl der Netzwerkkomponenten (Rechner, Server, Drucker usw.) in unserem Beispiel wurden die folgenden Faktoren beachtet:

- Der Unterstützungsbereich der Technologie (Ethernet, Token-Ring, FDDI, ATM)
- Der Marktanteil der Netzwerkkomponenten

- Geschwindigkeit der Informationsbearbeitung
- Unterstützter Medium Type
- Knotentyp, Anzahl der Knoten, eigene adäquate Funktion der Knoten (100 Mb/s /1000 Mb/s)
- Leichte Behandelbarkeit, einfache Konfiguration
- Kosten
- ...

Im konkreten Beispiel sind Switches sehr wichtige Bestandteile des Netzwerkes. Bei der Auswahl von Switches werden besonders noch einige Faktoren berücksichtigt.

- Forwarding Rate (Durchletrate): gibt an, wie viele Pakete pro Sekunde eingelesen, bearbeitet und weitergeleitet werden können
- Filter Rate (Filterrate): Anzahl der Pakete, die pro Sekunde bearbeitet werden
- Latenz, Verzögerungszeit bei Durchleitung
- Anzahl der verwaltbaren MAC-Adressen
- Backplannedurchsatz (Switching fabric): Kapazität der Busse (auch Crossbar) innerhalb des Switches
- VLAN-Fähigkeit oder Flusskontrolle.
- Managementoptionen wie Fehlerüberwachung, Port-basierte VLANs, VLAN Uplinks, Trunking, Spanning Tree, Bandbreitenmanagement usw.

Cisco, 3Com und HP sind die Hauptanbieter von Switches. Die Firma Cisco Systems ist der größte Netzwerkausrüster weltweit. Bekannt ist das Unternehmen vor allem für seine Router und Switches. Unter die Berücksichtigung der oben vorgestellten Faktoren und Vergleich mit gleichartigen Produkten anderer Marken werden in unserem Beispiel CISCO 6509 als Gebäudehauptverteiler und CISCO C3750-Series Etagenverteiler eingesetzt.

CISCO 6509 und CISCO C3750-Series sind geeignet für einen Stackaufbau in 19“-Schränken. Bei CISCO 3750 können max. 9 Geräte zu einer logischen Einheit zusammengeschaltet sein. Sie haben folgende bedeutendste Eigenschaften:

- Bildung von Stacks durch die Zusammenschaltung mehrerer Switches mit Hilfe spezieller Stackkabel zu einer logischen Einheit. Der Datendurchsatz im gesamten Stack erfolgt mit der gleichen Geschwindigkeit, wie Einzelmatrix, um hohe Bandbreite des Stackkanals zu gewährleisten.
- Das gesamte Management der Stacks wie der Einzelswitche erfolgt auf Basis einheitlicher Software. Software-Updates lassen sich effizient

durchführen.

- Verschiedene Typen innerhalb der Serie ermöglichen einen Einsatz in den verschiedenen Anwendungsfällen.
- Die Erweiterung der Anzahl von Switchports ist leicht möglich.

Strukturierte Verkabelung

Die Platzierung der Netzkomponenten im Gebäude ist anhand verschiedener Kriterien zu ermitteln. Bei der strukturierten Verkabelung müssen einige Dokumentationen exakt und vollständig erstellt werden, da sie die Basis für die Installation und für die spätere Wartung bilden. Diese Dokumentationen umfassen Installationspläne (Raumpläne mit Dosenbeschriftung), Pläne der Verteilerschränke, aktive Komponenten (z.B. Bestückung der Sternkoppler usw.), Aufstellung (Patchpanel-Beschriftungen und Kabellisten), Kabelspezifikationen, Messprotokolle, Arbeits- bzw. Stundenzettel der Monteure und Abnahmeprotokoll.

Im folgenden wird beispielsweise eine einfache Verkabelung von FRZ3 dargestellt. Im FRZ 3 ist der erforderliche Bedarf von Anschlüssen für Bandbreiten in Höhe von 100Mb/s Fast-Ethernet bzw. 1000Mb/s Gigabit-Ethernet (GE). Daraus werden Cat6-Kupferkabel und Lichtwellenleiter mit Multimode-Fasern (LWL-MMF) eingetragen (s. Abb. 2.12).

Aus der Gebäudestruktur ergab sich, dass R105 als Verteilerraum eingerichtet wird, von dem aus jeder Standort einer Datendose mit 90m Cat6-Kabel erreichbar ist. Bei der Verbindung zwischen Etagenverteiler und Gebäudehauptverteiler wird LWL-Kabel mit je 12 Faserpaaren MMF eingesetzt.

Jeder Raum wird mit Doppeldatendosen ausgestattet. Aus Gründen der Leistungsfähigkeit wird von jedem Rechneranschluss ein eigenes Kabel zum Verteilerraum geführt.

Im Gebäudehauptverteiler (GHV) wird der zentrale Eingangsrouter des Fakultätsrechnernetzes, ein Cisco 6509 installiert.

Im Etagenverteiler wird ein Stackaufbau festgelegt, der folgende Switchtypen enthält:

- 1 CISCO C3750G-12S: Gigabit-Ethernet-Switch mit 12 SFP-Slots
- 2 CISCO C3750G-24TS : 10/100/1000 Mb/s-Switch mit 24 RJ45-Ports und 4 SFP-Slots
- 2 CISCO C3750-48TS : 10/100 Mb/s-Switch mit 48 RJ45-Ports und 4 SFP-Slots

Abbildung 2.12 stellt die Tertiärverkabelung (Etagenverkabelung) von FRZ3 dar.

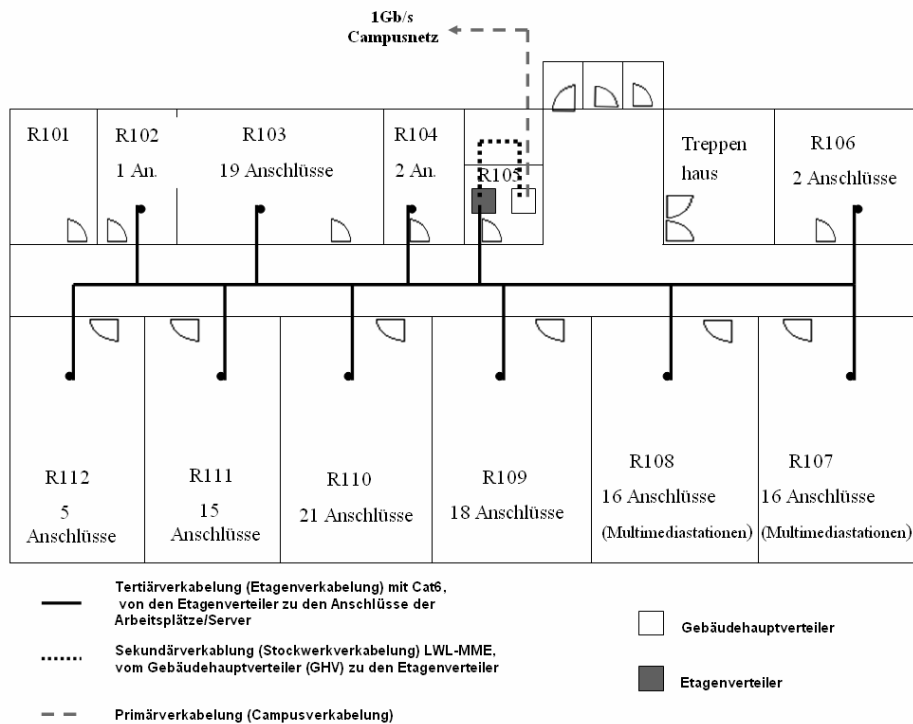


Abbildung 2.12: Tertiärverkabelung (Etagenverkabelung)

Es sollten in den Labors, Server- und Verteilerräumen genug Steckdosen mit genug Leistung geplant werden. Die Stromversorgung in den Server- und Verteilerräumen soll gewährleistet werden. Ein Gebäude-, Stockwerksverteiler oder Serverräume sind klimatisiert.

Um die Bandbreite und die Datenrate zu vervielfachen wird Port Trunking bei der Verbindung eingesetzt. Fällt eine physikalische Verbindung aus, verläuft der Datenverkehr auf den restlichen Leitungen weiter.

3. Spezielle Tools

In diesem Kapitel werden einige Werkzeuge zur Unterstützung des Rechnernetzdesigns vorgestellt. Diese Werkzeuge dienen dazu, das Netz effizient, kostengünstig und zeitgespart zu planen.

3.1 Network Simulator 2(NS-2)

Der Network Simulator – NS-2 ist ein diskret ereignisgesteuerter Simulator für Netzwerktopologie. Er ist frei verfügbar und deshalb in der Forschung weit verbreitet. NS-2 unterstützt die Simulation von TCP, UDP, Routing und Multicast-Protokollen über verdrahtete und kabellose Verbindungen, wie WLAN oder Satellit. NS-2 simuliert das Netzwerk auf der Paketebene des TCP/IP Modells.

NS-2 benutzt zwei Programmiersprachen: C++ und OTcl (Object Tool Command language). Warum zwei Sprachen? Weil Simulatoren zwei verschiedene Ansprüche stellen. Einerseits benötigen sie eine Sprache, die sehr effizient Bytes, Pakete, Header manipulieren kann und die mit sehr großen Datenmengen gearbeiteten Algorithmen implementiert. Daher sind Laufzeit und Rechengeschwindigkeit sehr wichtig. C++ ist für diese Arbeit geeignet. Andererseits muss man, wenn man simulieren will, oft Parameter ändern und Szenarien testen, bevor man zu einem repräsentativen Ergebnis kommt. In diesem Fall benutzt man OTcl besser.

Architektur

Die Abbildung 3.1 zeigt die Komponenten von NS-2. Der Event Scheduler führt die Simulation aus, das heißt er regelt die Abläufe der Simulationsevents. Tcl ist eine interpretierte Skriptsprache und bildet das Fundament von NS-2, und ist in einem Linuxsystem üblicherweise installiert. OTcl erweitert Tcl um objektorientierte Fähigkeiten. Tclcl verbindet die Skriptsprache OTcl mit C++.

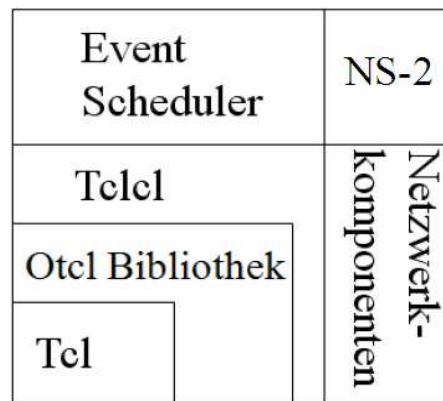


Abbildung 3.1: Architektur von NS-2 ([Pfe03])

Simulationsablauf:

Die Simulation läuft prinzipiell wie folgt ab:

- erstellen der Projektdatei bzw. erweitern der Topologiedarstellung um Simulationsparameter
- erstellen einer OTcl-Datei als Input für den Simulator
- Start des Simulators
- Visualisierung der Ergebnisse

Vorteil:

NS-2 ist ein Open Source Projekt. Die Konfiguration der Skripte ist durch die Verwendung von OTcl einfach und flexibel.

Nachteil:

Die Nachteile sind hohe Laufzeiten bei Simulation großer Topologien und ein hoher Platzbedarf der Simulationsdaten. Die Dokumentation ist außerdem teilweise sehr ungenügend.

NS-2 ist nicht geeignet für Netze ab einer Größe von 500 Knoten aufgrund schlechter Performance.

3.2 OMNeT++

OMNeT++ (Objective Modular Network Testbed in C++) ist ein auf C++ basierendes Tool zur diskreten ereignisorientierten Simulation. Einfache Module sind aktive Komponenten in OMNeT++. Diese Module kommunizieren untereinander mittels Messages.

OMNet++ bietet eine große Bibliothek an Demonstrationsprogrammen, die mit Hilfe der Dokumentation den Einstieg in die Software erleichtert. Es stehen lauffähige Versionen für Unix, Linux und Windows zur Verfügung. Es ist für die nichtkommerzielle Nutzung frei erhältlich. Es ist geeignet für die Bereiche, wie komplexe IT-Systeme, Warteschlangensysteme oder eigene Netzwerkprotokolle. Diese Module sind in C++ geschrieben und können beim Aufbau komplexer Systeme genutzt werden.

Architektur

OMNeT++ hat eine modulare Architektur. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Architektur von OMNeT++.

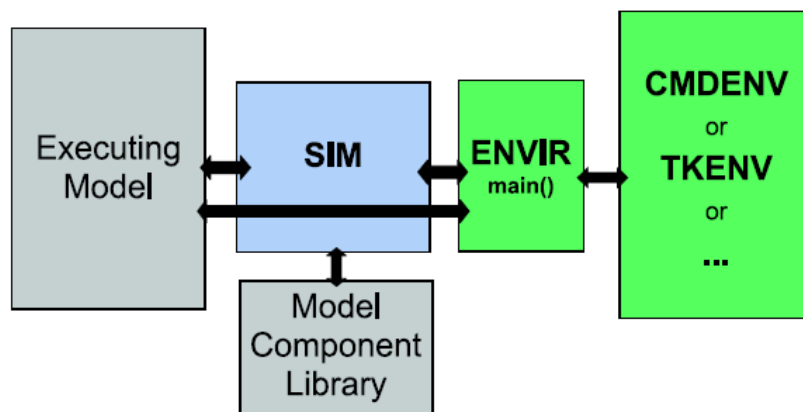


Abbildung 3.2 OMNeT++ Architektur [www8]

Executing Model ist das Modell, welches simuliert werden soll. Es beinhaltet alle Objekte, welche als Instanz aus dem Model Component Library entnommen werden.

SIM steht für den Simulationkern, sowie die Klassenbibliothek, welche mit dem Simulator verlinkt wird.

Model Component Library besteht aus den Simple Module Definitionen, den Compound Modules, Channels usw.

3. Spezielle Tools

Envir ist eine Bibliothek, welche den kompletten Code für alle User Interfaces enthält, darunter nach *main()*. Des Weiteren bietet Envir verschiedene Services an. Envir wird auch als sogenannte Grundschnittstelle bezeichnet.

Cmdenv und Tkenv sind spezielle Benutzerschnittstellen-Implementierungen. Eine Simulation wird entweder mit Cmdenv oder Tkenv verknüpft.

Simulationsablauf:

Die Simulation läuft prinzipiell wie folgt ab:

- Erstellen der NED Beschreibung zur Darstellung der Netzwerktopologie
- Erstellen der Konfigurationsdatei *omnetpp.ini* zur Angabe des Netzwerkmodell und der Routentabellen
- Angabe der Nachrichtendefinition durch MSG Definition
- Erstellen der C++ Klassen, die im Projektordner unter der Endung *.cc abgespeichert wird.

Vorteil:

- Einfacher modularer Aufbau mit nur 2 Methoden pro Modul
- Sehr viele Anwendungsmöglichkeiten
- Grafischer Editor für die Moduldefinition
- Gute Outputmöglichkeiten(Sprechblasen, Eventlogger, Outputfiles, Farben)

Nachteil:

- Alles bis auf Simulationsgrundfunktionen muss selbst definiert und implementiert werden

3.3 Psiber Pinger Plus

Dieser Pinger ist ein kleines und nützliches Messgerät zum Test der Basisfunktionen in Ethernet-Netzwerken. Er kann die aktuellen Einstellungen eines Ethernet Port ermitteln (Speed, Duplex), per DHCP eine IP-Adresse beziehen und andere Host mittels ICMP-Ping testen. Die Handhabung ist einfach und praxisgerecht.



Psiber Pinger Plus

Blick auf das Display

RJ45-Buchse an der
Geräteoberseite

Abbildung 3.3 Psiber Pinger Plus([www6])

Funktion

An der Oberseite des Pingers befindet sich eine RJ45-Buchse. Nach der Verbindung mit einem Netzwerkport versucht der Pinger diesen Port zu identifizieren. Dabei werden die verfügbaren Geschwindigkeiten (10/100/1000MBit/s), die Duplexmodi und der Porttyp (LAN/NIC) angezeigt.

Danach wird dem Pinger via DHCP eine IP-Konfiguration zugewiesen. IP-Adresse, Netzmaske und Default Gateway werden auch manuell eingestellt.

Nach der Konfiguration der IP-Parameter kann es Begin mit der Fehlersuche. Einzelne IP-Adressen oder Bereiche von Adressen können angepingt werden. Die angezeigte Information wird die Round Trip Time oder gegebenenfalls Timeouts. Es wird auch erkannt, wenn ein Default Gateway falsch oder defekt konfiguriert ist.

Natürlich kann der Pinger auch von einem anderen Host aus gepingt werden. Ein Ping ist nicht möglich, wenn nur der Link auf Gigabit-Ports erkannt wird. Die wichtigen IP-Adressen können in einer Liste abgespeichert werden und sind so komfortabel im Zugriff des Benutzers.

3. Spezielle Tools

Der Pinger kann die LED am Switchport in verschiedenen Frequenzen blinken lassen. Damit wird jeder Port bei einer unübersichtlichen Verkabelung leicht lokalisiert.

Alle Einstellung aus dem Setup können komfortabel vom Browser vorgenommen werden. Das Setup kann durch ein Passwort geschützt werden.

3.4 Ekahau Site Survey

Ekahau Site Survey ist ein einfach zu handhabendes Software-Tool zur Visualisierung der Signalstärken von WLAN-Zugriffspunkten. Es bietet die zuverlässigste Unterstützung bei der Planung und Optimierung von Wireless Netzwerken und legt genau fest, wo die Access Points installiert werden sollen.

Das Software-Tool wird auf einem WLAN-fähigen Notebook oder Tablet-PC installiert, ein Gebäudeplan als JPEG- oder PNG-Bild in die Software eingelesen und danach eine Gebäudebegehung durchgeführt.

Mit Ekahau Site Survey kann man sämtliche Signalstärken-Daten sammeln. Die Simulation wird auf einer elektronischen Karte durchgeführt und angezeigt: anhand den aufgenommenen Datensätzen berechnet ESS Signalstärken, Signalqualität und Datenraten jeder angenommenen Position für Access Points und zeigt das Ergebnis grafische an.

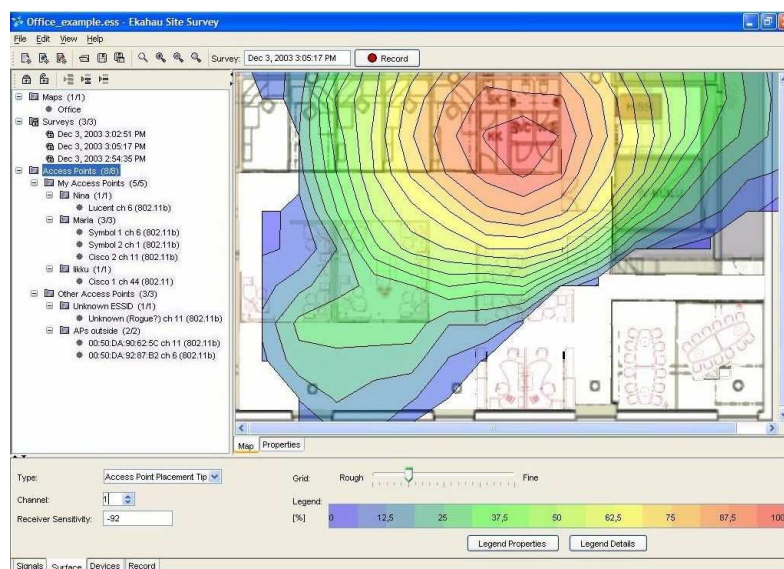


Abbildung 3.4 Ekahau Site Survey 2.0 ([www7])

Diese Software soll nicht nur den Signal-Rauschabstand sondern auch die Interferenzen zwischen zu dicht zusammen platzierten bzw. auf gleichen Frequenzen funkenden Access Points anzeigen. Darüber hinaus können durch Veränderung der Kanäle der Access Point die Auswirkung auf die Messergebnisse simuliert werden, um ein optimiertes WLAN zu erreichen.

Module

Es gibt verschiedene Module, die effektive Arbeit mit dem Programm unterstützt. Dabei sind der Planner und Reporter wichtigste Komponenten.

Der Planner eignet sich dafür, auf einer vorgefertigten Karte, die optimalen Standorte für WLAN Access Points zu berechnen und einzutragen. Dafür wird ein nicht oder schwach abgedecktes Gebiet überprüft, eine größtmögliche Fläche mit möglichst wenigen Störungen und Überlappungen zu finden. Der Vorschlag von Positionen wird als Ergebnis in einer Umkreiskarte gezeigt. Der engste und am kräftigste Ring stellt die beste Position dar.

Das zweite wichtige zusätzliche Modul ist der Reporter. Dieser ist wichtig für die Ausgabeformate. Der Reporter erzeugt die Pläne, die einfach umzusetzen sind und zeigt das simulierte Ergebnis an, sowie alle berechneten Daten, Informationen und sonstige Hinweise, die der Nutzer beachten sollte.

Der dritte optionale Modul, ist eine GPS Unterstützung. Diese dient nun der automatischen Vermessung von Freilandflächen. Das sehr teure GPS Modul dürfte nur für die wenigsten Anwendungsfälle nutzen lassen.

Vorteile:

- Durch Auffinden des idealen Standorts für Access Points können typische Netzwerk-Probleme, wie Interferenzen, Signalunterbrechungen usw. bereits im Vorfeld vermeiden werden.
- Mit ESS lassen sich Zeit und Kosten in allen Phasen einer Wi-Fi-Inbetriebnahme einsparen.

Nachteile:

- Die Eingabe muss ein eigentliches Bildformat oder eine AutoCAD Vorlage sein.
- Es ist wenige Möglichkeit, neue Geräterinformationen zu integrieren.
- Es gibt keine Möglichkeit, das Programm über API's zu steuern oder zu manipulieren.
- Die berechneten Simulationen lassen sich wieder nur als Bild oder HTML ausgeben.

3. Spezielle Tools

- Die Software unterstützt von Haus aus nur die Standards 802.11 a, b, g.
- Es ist für die Simulation von WiMAX Netzwerken oder Funkstrecken gänzlich ungeeignet.
- Schlechte Integration und Erweiterung

4 CANDY

Das Projekt Computer Aided Network Development Utility (kurz CANDY) wurden 2003 vom Lehrstuhl Rechnernetzen an der TU Dresden ins Leben gerufen. Das Ziel dieses Projekts ist, die Netzwerkplanung mit Hilfe der Computerstützung zu vereinfachen. Dabei geht es nicht nur um die eigentliche Planung, sondern auch die Dimensionierung, Optimierung und Analyse von Netzwerken.

In diesem Kapitel wird zunächst ein Überblick über aktuellen Stand des CANDY Projekts gegeben. Nachfolgend werden sowohl Architektur und Vorgehensweise, als auch CANDY Tools, die schon entwickelt wurden, erläutert.

4.1 Aktueller Stand des Projekts

Das Projekt ist bisher noch nicht abgeschlossen. Aber es wurden im Laufe der Zeit eine Reihe nützlicher Tools entwickelt. Die entwickelten Tools werden im Abschnitt 4.3 detailliert dargestellt.

Das Projekt beinhaltet heutzutage noch keine richtige uniforme Umgebung, die alle Tools umfasst und sich um ihre Aufrufe kümmert, alle Module existieren einzeln für sich selbst und werden auch individuell als einzelne Programme ausgeführt, aber arbeiten nicht optimal zusammen. Für diese Tools wurden unterschiedliche Programmplattformen, Graphikbibliotheken usw. verwendet. Die Portabilität auf eine einheitliche Aufrufplattform ist erschwert. Die Datenübergabe zwischen proprietären Tools ist problematisch. Die CAD-Unterstützung ist nur für einige Entwurfsphasen verfügbar und es steht keine transparente Dokumentation in jeder Entwurfsphase und kein transparente Workflow zur Verfügung.

4.2 Architektur und Vorgehensweise

Die Basis für die Candy Plattform bilden einzelne CANDY Tools. Diese werden abstrakt als Module betrachtet.

Ein Candy Modul ist eine Komponente innerhalb einer Candy Plattform. Dieser Komponente werden (abstrakt) funktionale Anforderungen zugeordnet. [Hel07]

4. CANDY

Wie folgende Abbildung dargestellt, das CANDY besteht aus vielen einzelnen Tools. Jedes Tool ist für eine bestimmte Aufgabe beim Netzwerkentwurf verantwortlich. Die meisten CANDY Tools sind unabhängige Anwendungen. Ein Datenaustausch erfolgt mittels NDML Dokumenten.

Network Design Markup Language (kurz NDML) ist eine XML-basierte Netzwerkbeschreibungssprache. Sie erlaubt die detaillierte Beschreibung von Netzwerkkomponenten, Übertragungsmedien, Übertragungslasten usw.

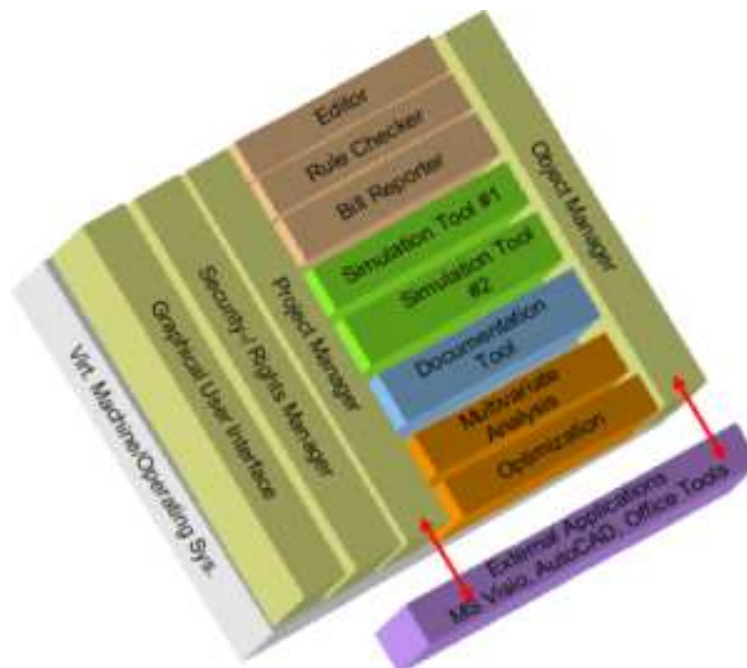


Abbildung 4.1: ursprüngliche Architektur und Module der Candy Plattform[Hel07]

Candy Tools unterstützen die Beschreibung, Planung und Simulation von Netzwerken. Mit der folgenden Aufzählung einiger vorhandenen Tools wird jeweils eine kurze Beschreibung der Aufgaben und Funktionen wiedergegeben.

- **Project Manager (Workflow)**
Beschreibung von Candy Workflow Prozess.
- **NDML Editor**
Dieses Modul wird zur Erstellung der Netzwerkbeschreibung benötigt. Es erlaubt grafische Eingabe von Komponenten, die im Verkabelungssystem eingesetzt werden sollen, und deren Verbindung untereinander, wie Verkabelungswege bzw. Wireless-Verbindungen. Diese Arbeit wurde schon von Feiyue Zhou ([Zho05]) erfolgt.

- **Rule Checker**

Dieses Modul soll die Einhaltung der Designregeln bei der Netzwerkprojektierung überprüfen, wie Komponenten-, Konfigurations-, Vernetzungs- und Verwaltungsregeln. Bisher wurde dieses Modul nicht realisiert.
- **Trace Router**

Das Modul berechnet die optimale Kabelführung unter Berücksichtigung der Regeln der strukturellen Verkabelung für Ethernet LAN IEEE 802.3 und entsprechenden Regeln der Wirelessplanung (WLAN IEEE 802.11). Sven Holstein([Hol07]) vervollständigte den Trace Router auf Basis der Belegarbeit von Philipp Bönisch ([Bön06]).
- **Bill Reporter**

Berechnung von Komponenten-Kosten für das gesamte System und Erstellung der Graphik zur Kostenanalyse. Ulrich Winkler ([Win06]) realisierte ein Candy Tool auf Eclipse RCP Basis zur Kostenanalyse. Die theoretischen Vorbetrachtungen wurden von Grünwald in [Grü04] durchgeführt. Yelena Pilipenko([Pil07]) konzipierte den neuen Bill Reporter unter der Eclipse Rich Client Plattform.
- **Site Finder**

Ermittlung optimaler Standorte für WLAN Access Points. S.Preuss ([Pre06]) entwickelte ein Tool CANDY Site Finder auf Grund von T.Fahnert ([Fah05]) und M.Hoja ([Hoj06]), welches ermöglicht, optimale Standorte für Access Points zu ermitteln.
- **Simulation Tools**

Diese Module werden durch das Queuing Tool und den Network Simulator 2 (NS-2) realisiert. Sie dienen der Performanceanalyse. Pfeifer ([Pfe03]) entwickelte einen Konverter zur Erstellen einer OTcl-Datei aus der um Simulationsparameter erweiterte Topologie-Beschreibung. Anhang dieses OTcl-Scriptes kann die Simulation für ethernetbasierte Netze durchgeführt werden.
- **Documentation Tool**

Sorgt für die Konvertierung von Dokumenten, die während des Projektes entstehen, in bestimmte Präsentationsformate, wie PDF, HTML.

- **Multivariate Analysis und Optimization**

Dieses Modul wird zu statistischen Auswertung von Netzwerkdaten und anschließenden Optimierung eines Netzwerkes benutzt.

Das CANDY-Framework stellt eine einheitliche Plattform dar, die aus mehreren Tools besteht. Die folgende Abbildung stellt die Plattform von Anwendungen im CANDY-Framework dar.

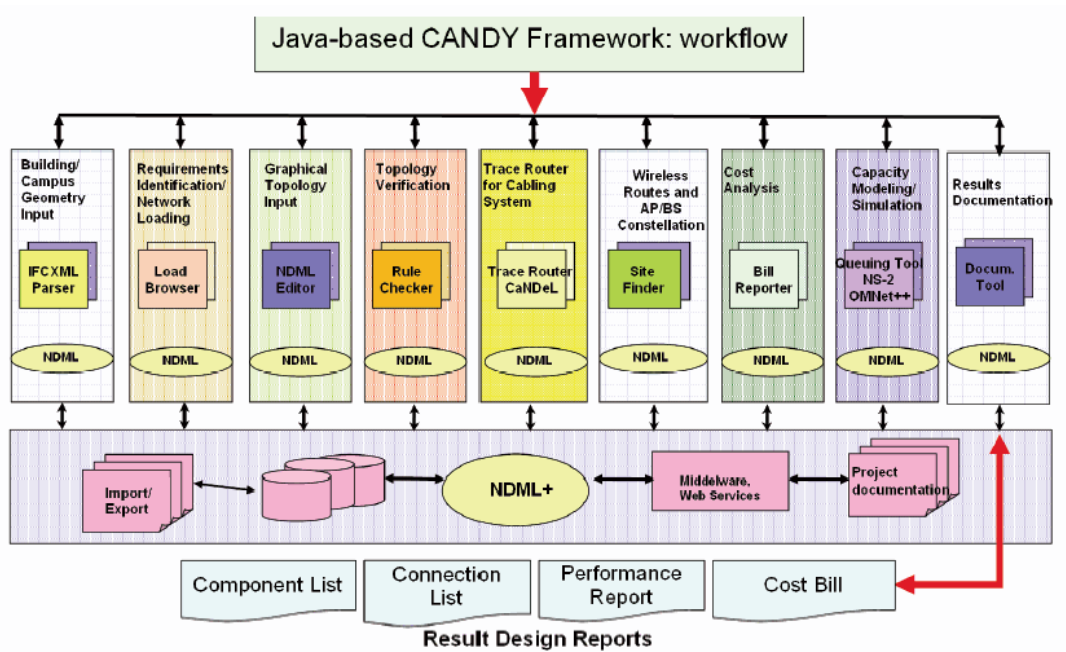


Abbildung 4.2: CANDY Framework: Workflow [Lun07]

4.3 praktische CANDY Tools

In diesem Abschnitt werden praktische CANDY Tools erläutert, die von anderen Studenten erarbeitet wurden.

4.3.1 Network-Editor

Feiyu Zhou entwickelt ein Tool: *Network-Editor* im Rahmen seiner Diplomarbeit. Mit Hilfe diese Tools können die Komponenten ausgewählt werden, die im Verkabelungssystem eingesetzt werden sollen, und die Verbindungen spezifiziert werden. Der Projektingenieur kann zum Schluss die graphische Darstellung der Netztopologie anschauen.

Außerdem erfolgte er Performancesimulation für kleines Netz durch Integration eines Netzwerksimulators: *NS-2*.

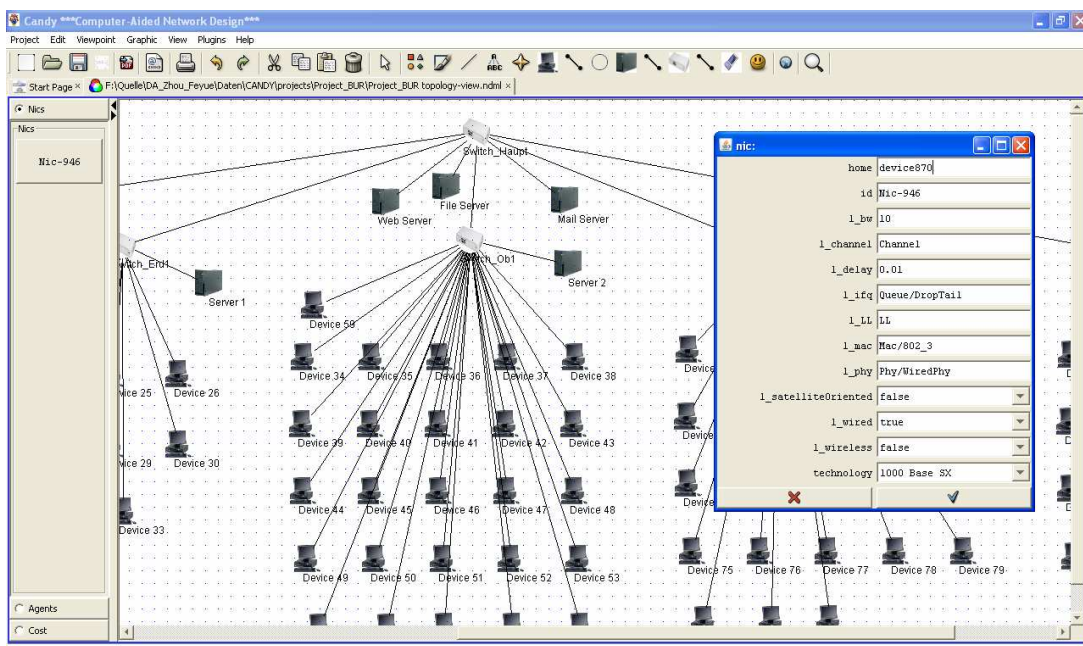


Abbildung 4.3: Network-Editor

Weitere Ausführungen sollen hier nicht erfolgen. Stattdessen sei auf [Zho05] verwiesen.

4.3.2 Bill Reporter

Yelena Pilipenko beschäftigte sich bei ihrem Bachelor Arbeit mit Neukonzeption und Implementierung des Netzwerkdesigntools *CANDY Bill Reporter* zur Kostenanalyse unter der Eclipse Rich Client Platform.

Dazu wird Bill Reporter als Plugin in der CANDY Plattform installiert. Nachdem Laden des basic-Dokuments und Parsern zugehöriges topologie-Dokuments werden alle Netzwerkprodukte des geplanten Rechnernetzes, mit deren Preise, Anzahl und die Beschreibung jedes Produkts in der Tabelle auf dem Nutzerinterface erscheinen. Nutzer kann Preise oder Anzahl der Netzwerkprodukte in der Tabelle verändern. Danach werden die Gesamtkosten eines Rechnernetzes berechnet. Zum Schluss kann man eine Kostenprognose mit Abschreibung sowie Vorhersagemethode bekommen. Detaillierte Beschreibungen sind unter [Pil07] zu finden.

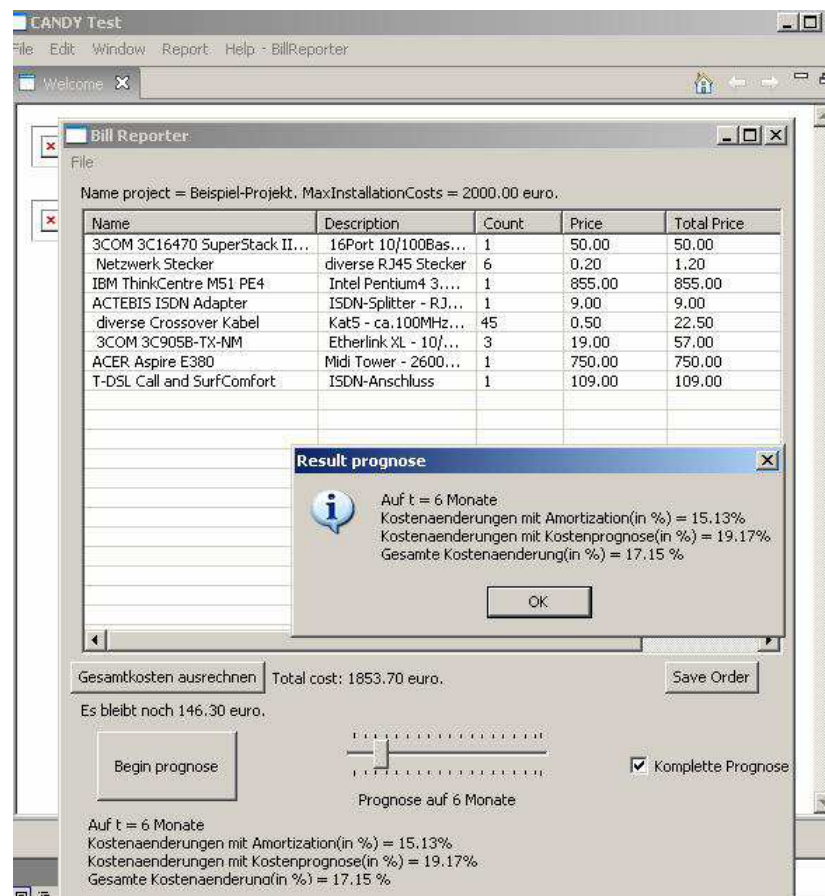


Abbildung 4.4: Bill Reporter

4.3.3 Trace Router- CaNDel

Bei der Arbeit im Rahmen der Diplomarbeit von Sven Holstein ging es um die „Rechnerverarbeitbare Gebäudemodelle für die Projektierung von Rechnernetzen innerhalb einer RCP-Umgebung“. In Rahmen der Arbeit soll zunächst die Vorgängerarbeiten analysiert werden. Weiterhin sollen speziell die Tools IFCXML-Importer und Trace Router innerhalb des Portierungsprozesses auf Verbesserung bzw. Optimierung überprüft werden.

Mit Hilfe des Programms Trace Router kann eine optimale Kabelverlegung eines Rechnernetzes berechnet werden. Die ausgewählten Algorithmen sind in oben Sektion 2.3.1 und 2.3.5 erläutert. Weitere Informationen seien auf [Hol07] verwiesen.

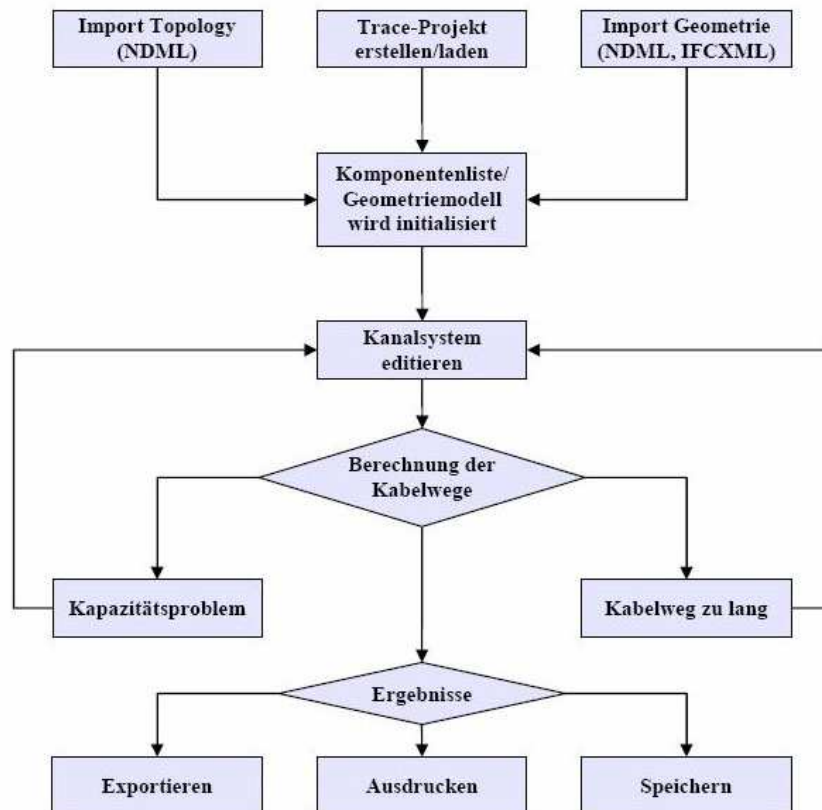


Abbildung 4.5: Ablauf des Programms Trace Router [Hol07]

4.3.4 CANDY Site Finder

Sandro Preuß wurde in seiner Diplomarbeit ein Tool zur Projektierung von WLAN und WiMAX-Netzen *CANDY Site Finder* auf Basis der Belegarbeit von Thomas Fahnert und Diplomarbeit von Mark Hoja entwickelt.

Der CANDY Site Finder wurden unter der Eclipse Rich Client Platform entwickelt. Er lässt sich einfach über die Datei „CandySiteFinder.jar“ starten. Er wurde die Ausbreitungsmodelle: *Free Space Loss Model*, *Multi Wall Model*, *COST 231 Walfish Ikegami Model*, *Dominant Path Prediction Model* und *Line of Sight Visualisierung Visualisierung* und Algorithmen zur Ermittlung optimaler Standorte für WLAN Access Points: *erwiterter Site Finder Alogrithmus* und *Line of Sight Site Finder* implementiert.

Das Ergebnis kann mit Dämpfung, Datenrate, Empfangsfeldstärke und Abdeckung visualisiert werden.

Die folgende Abbildung zeigt der Ablauf des Programms CSF. Detaillierte Beschreibungen sind unter [Pre06] zu finden.

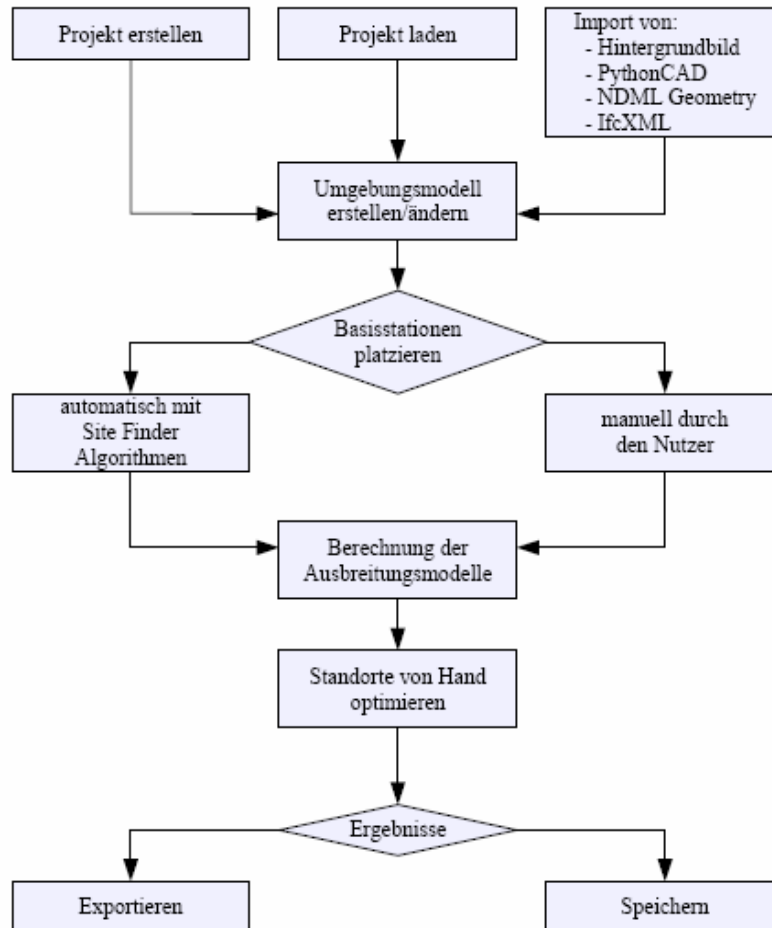


Abbildung 4.6: Ablauf des Programms CSF [Pre06]

5 Konzeption des Praktikums

Dieses Kapitel behandelt die Konzeption eines Praktikums für Netzwerkprojektierung. Im Rahmen dieses Praktikums können die Teilnehmer die Vorgehensweise der Netzwerkprojektierung und die verwendeten Werkzeuge kennenlernen.

5.1 Lehrziel

Beim Prozess der Rechnernetzwerkausbildung spielt die Netzwerkprojektierung eine sehr wichtige Rolle. Eine gute Planung kann Entwurfsfehler vermeiden und Zeit sparen. Seit 2003 sind an der TU Dresden innerhalb des Projektes „CANDY“ einige CAD-Tools entwickelt worden, welche die Rechnernetzprojektierung unterstützen.

Das Praktikum "Rechnernetzprojektierung" vermittelt theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen über LAN- und WLAN-Netztechnologien und -komponenten. Dazu müssen ein Wissenstest und einige Versuchen im Praktikum absolviert werden. Die Teilnehmer erwerben dabei Kenntnisse über Netztopologien, Netzlastplanung, Netzwerksicherheit und VLAN, Simulation, WLAN-Planung und strukturierte Verkablung. Zusätzlich soll die Nutzung moderner CAD-Tools am Beispiel des CANDY-Frameworks vermittelt werden.

5.2 Voraussetzungen

Vorausgesetzt wird der erfolgreiche Besuch aller Lehrveranstaltungen im Grundstudium, besonders der LV Rechnernetze mit den geforderten Prüfungen und das Vordiplom. Außerdem sind Vorkenntnisse auf den Gebieten des Rechnernetzes durch den Besuch der Vorlesungen "Rechnernetzpraxis-I" bzw. "Rechnernetzpraxis- II " erwünscht.

5.3 Dokumente zur Lernen für Studenten

Die Dokumente zur Lernen für Studenten stellen Hinweis zur Durchführung des Versuchs, Software-Installationsanleitung, Wissensdokumentationen und CANDY-Dokumentationen zur Verfügung.

Wissensdokumentation enthalten Vorlesungsmaterial von Rechnernetzpraxis-I, Theorie der Rechnernetzprojektierung und Tools zur Unterstützung der Rechnernetzprojektierung. Außerdem werden noch ein Überblick über CANDY und NDML und entsprechende studentische Belegarbeiten über CANDY Tools angeboten.

Diese Dokumentationen, die zur Vorbereitung zu lesen sind, stehen in elektronischer Form (PDF-Dateien) auf einer Webseite zur Verfügung.

5.4 Inhalt

Im Rahmen dieses Praktikums werden ausgewählte Probleme und Fragestellungen aus dem Bereich der Netzwerkprojektierung behandelt. Grundsätzlich gliedert sich das Praktikum in zwei Teile:

- Wissenstest
- praktischer Versuch

Vor dem Anfang des praktischen Versuchs muss ein Wissenstest durchgeführt werden.

5.4.1 Wissenstest

Im Wissenstest werden 43 Frageaufgaben gegeben. Er behandelt die Grundlagen von Rechnernetzen und umfasst Erkenntnisse über Lokale Netze, Netzkopplungskomponenten, WLAN, strukturierte Verkabelung, Simulation und Netzwerkprojektierung.

Das Ziel des Wissenstestes ist, dass die Teilnehmer ihre Grundkenntnisse über Netzwerkplanung selbst prüfen können.

Der Wissenstest ist Eingangstest des praktischen Versuchs. Die Teilnehmer müssen alle Aufgaben in festgesetzter Zeitdauer richtig lösen, sonst müssen sie den Test wiederholen bis zum Bestehen des Tests. Danach schicken Sie dem Betreuer ihre Name und Note. Beim Abschluss des Tests wird das Aufgabenblatt des praktischen Versuchs aus der Webseite heruntergeladen.

5.4.2 praktischer Versuch

Im praktischen Versuch behandelt es sich um eine spezielle Rechnernetzausbildung und optimierte Rechnernetzprojektierung mit Anwendung von CANDY Tools. Die praktischen Übungen werden in Teams von 1-2 Studenten durchgeführt und untergliedern sich in 5 Aufgaben. Für jede Aufgabe müssen die Studenten eine Lösungsdokumentation zu erstellen.

- Netzwerkstruktur
- Strukturierte Verkablung
- WLAN-Planung
- Kostenanalysierung
- Simulation

Aufgabenstellung

An der TU Dresden wird ein neues 4-Etagen Gebäude eingerichtet (Bezeichnung BUR). Es soll ein Lokales Netz (LAN) im ganzen Gebäude aufgebaut werden.

Das Netz soll folgende Anforderungen erreichen:

1. Verbindung zum Campusnetz mit Gbit/s und einen Internetzugang gewährleisten
2. Mail Server, Web Server, File Server und Druck Server pro Etage bereitstellen.
3. Verteilte Hardware-Nutzung, beispielsweise Drucker, Festplatten oder andere Einrichtungen von mehreren Stelle genutzt werden.
4. für die Anwendungen muss eine Bandbreite bis 100Mbs bereitstehen
5. Sicherheit gewährleisten
6. virtuell getrennte Netze betrieben werden, z.B. Mitarbeiter einer Abteilung, die in unterschiedlichen Etagen eines Gebäudes arbeiten in einem virtuellen Netz zusammenarbeiten.
7. Kostengünstige Netzwerkkomponenten auswählen
8. effiziente Verkabelung
9. Skalierbarkeit zu Anpassung der später erhöhte Anzahl von Benutzer

Weitere Informationen sehen folgende Abbildungen:

- a) Ap: Arbeitsplatz
- b) 100M: Übertragungsrat 100MBit/s, Fast Ethernet
- c) 1000M: Übertragungsrat 1000MBit/s, Gigabit Ethernet

5. Konzeption des Praktikums

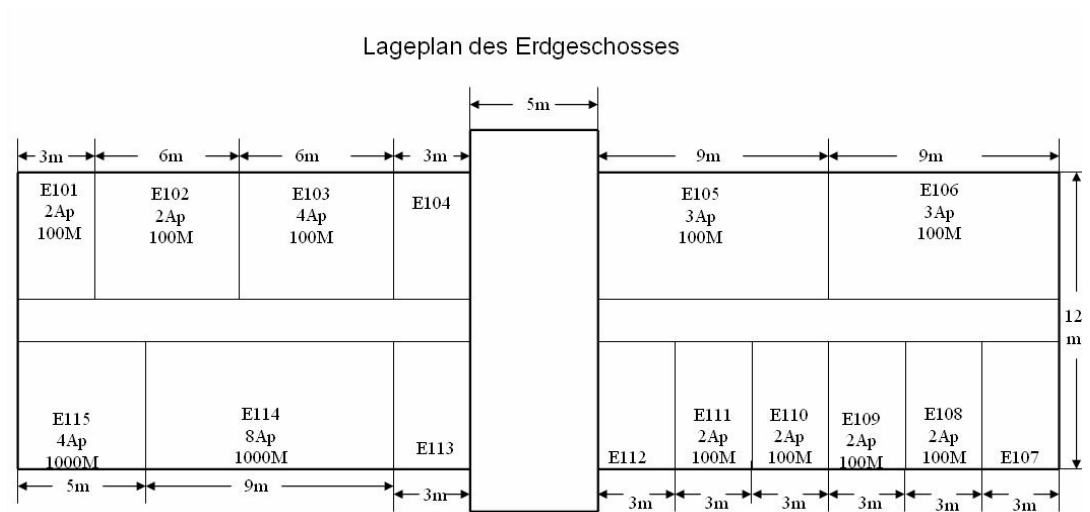


Abbildung 5.1: Lageplan des Erdgeschosses

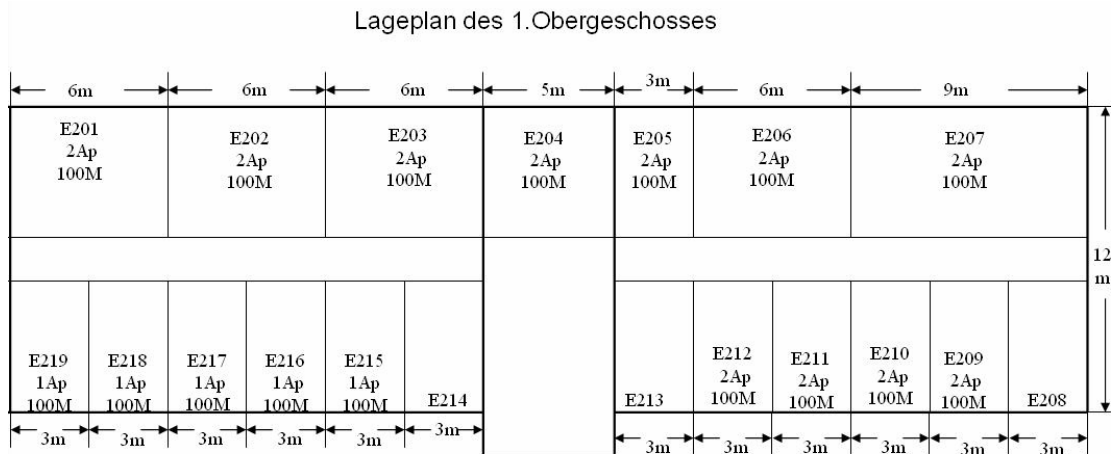


Abbildung 5.2: Lageplan des 1.Obergeschosses

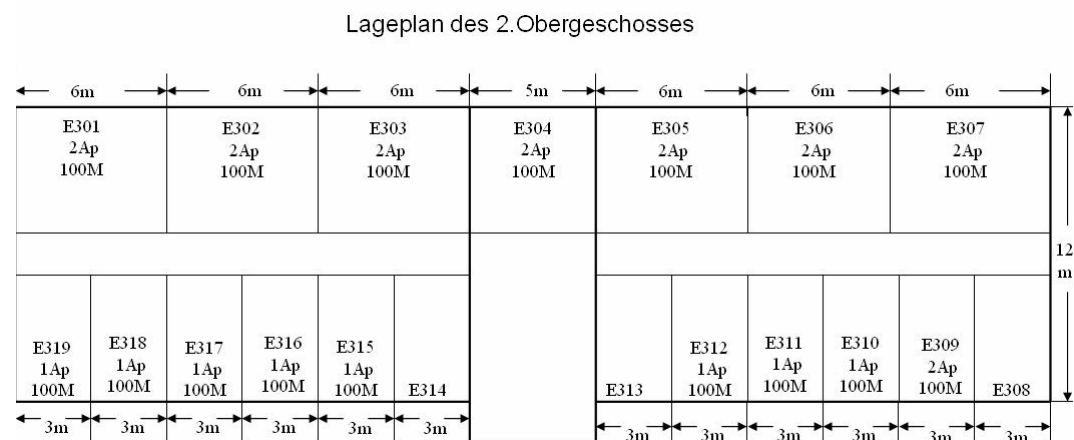


Abbildung 5.3: Lageplan des 2. Obergeschosses

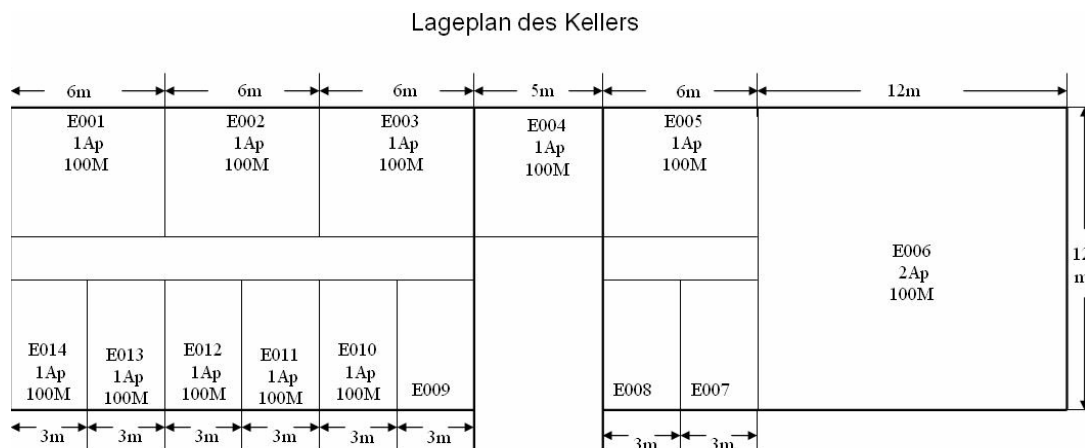


Abbildung 5.4: Lageplan des Kellers

Aufgabe 1 Netzwerkstruktur

1.1 Skizzieren Sie das Netz mit den Netzkomponenten und Netztopologie mittels CANDY Tool- Network-Editor.

Weiterhin führen Sie folgende Arbeiten durch:

- ◆ Exportieren das Ergebnis als JPG-Datei.
- ◆ Speichern die Projekt Datei: basic NDML-Datei und topologie-view NDML-Datei

1.2 Skizzieren Sie eine VLAN-Lösung. /Abspeicherung als Worddatei

Aufgabe 2 Strukturierte Verkablung

2.1 Stellen Sie die Verkabelung der Netzkomponenten mit einer Abbildung für jede Etage dar.

2.2 Ermitteln Sie eine optimale Kabelführung mit Hilfe von Tool Trace Router. Es soll durchgeführt werden:

- ◆ Speichern des Ergebnisses als XML-Datei.
- ◆ Exportieren Sie die Projekt Datei: geometry NDML-Datei, ndml_gemotry XML Schema und ndml_datatypes XML Schema.

Aufgabe 3 WLAN-Planung

Es gibt drei Wireless User Area im Erdgeschoss. IFXML-Datei: *AC10-Institute-Var-1.ifcxml* als Input finden Sie im Verzeichnis *Import-Beispiele*, das im Softwarepaket: *Candy Site Finder-Preuss* liegt.

Die Parameter wie folgende Tabelle gezeigt.

5. Konzeption des Praktikums

	Umfang	Anzahl der Users	min. Datenrate(MBbit)
User Area 1	E102, E103	10	6
User Area 2	E114	15	6
User Area 3	E106	12	6

Tabelle 5.1: Parameter von User Area

Number of Wand	Thickness (m)	Material
003,004,005,029	0.3	Lightweight concrete
002,006,008,010	0,3	Windows
001,007	0,3	Lightweight concrete
Üblich	0,2	Office Wall

Tabelle 5.2: Parameter der Wand

Ermitteln Sie optimale Standorte für Access Points mit Hilfe von CANDY Tools-CSF. Es soll folgende Bedingungen erreichen:

Dämpfung < 60dB, Datenrate > 54MBit/s, Empfangsfeldstärke > -50dB, die Sendeleistung der Access Points = 63 mW.

Es soll sind folgende Ergebnisse abzugeben:

- ◆ Exportieren das Ergebnis als Abbildung mit Dämpfung, Datenrate und Empfangsfeldstärke.
- ◆ Speichern das Ergebnis als XML-Datei.

Aufgabe 4 Kostenberechnung und Kostenanalyse

Gegeben sie folgendes Szenario. Eine kleine Firma wird vernetzt und durch ISDN an das Internet angebunden.

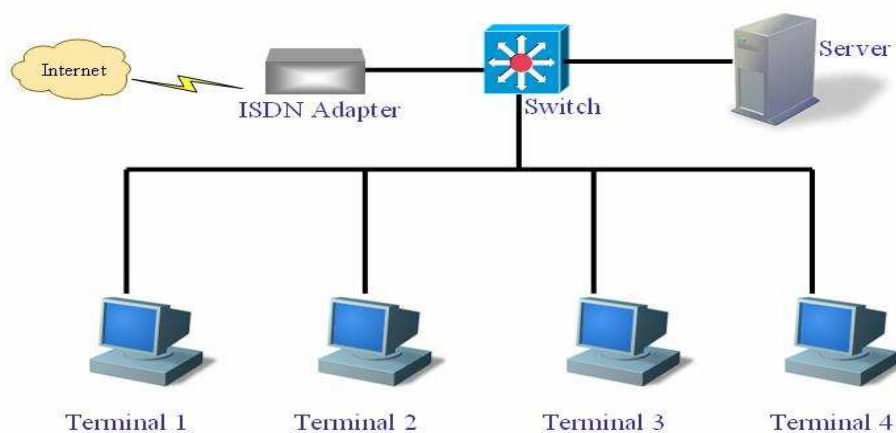


Abbildung 5.5: Szenario zur Kostenberechnung

Die Netzwerkproduktbeschreibungsdokumente befinden sich im Verzeichnis „Daten“, das im Softwarepaket: *Candy Bill report-Pilipenko* liegt.

Informationen:

Ablauf des Projektes: 01.11.2007-01.06.2008

Max. Installationskosten : 8000 Euro

Max. Runningskosten 500 Euro pro Monat

Tabelle 5.3 stellt noch die Parameter dieses Szenarios dar.

	Name
Ternimal1	HP Compaq DC5750 SFF
Ternimal2	HP Compaq DC5750 SFF
Ternimal3	IBM ThinkCentre M51 PE4
Ternimal4	IBM ThinkCentre M51 PE4
Server	PowerEdge 1800 Server
Switch	3COM 3C16471 SuperStack III Baseline Switch
ISDN Adapter	ACTEBIS ISDN Adapter
Technology	100 Base TX

Tabelle 5.3: Parameter des Szenarios zur Kostenberechnung

- 4.1 Erstellen Sie zuerst die basic- und Topology Dokumente, die auf XML-Datei basieren.
- 4.2 Berechnen Sie die Gesamtkosten des Projekts Mit Hilfe von CANDY Tools Bill Reporter. Speichen Sie das Ergebnis als eine Abbildung.

Aufgabe 5 Simulation des gegebenen Netzwerks

Gegeben sei folgendes Szenario. Ein Fileserver soll 4 festplattenlose Terminals mit den Betriebssystem und weiteren Daten versorgen.

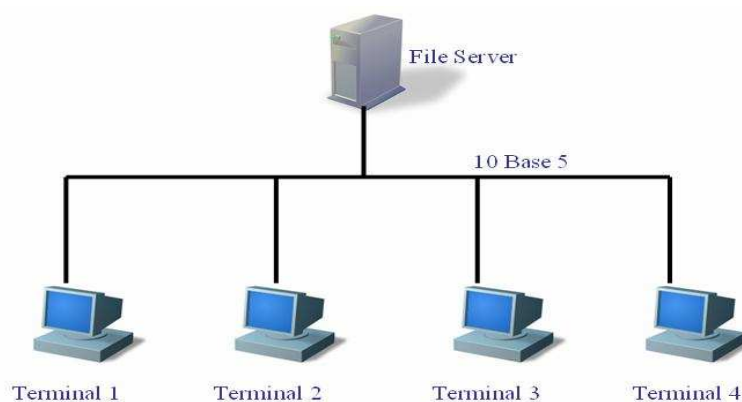


Abbildung 5.6: Szenario zur Simulation

5. Konzeption des Praktikums

Mit Hilfe von CANDY Tool- Network-Editor und NS2 simulieren Sie das oben vorgestellte Netzwerk, und analysieren Sie das Ergebnis.

Es sollen folgende Ergebnisse herauskommen:

- ◆ Erstellen Sie ein TCL-Datei als Input für Simulator mittels CANDY Tool- Network-Editor.
- ◆ Nach der Durchführung des Simulators erstellen Sie ein TR-Datei und ein XML-Datei.
- ◆ Analysieren Sie das Ergebnis / Abspeicherung als Worddatei.

Konfigurieren der Parameter wie folgt:

a) Applikationen für Terminals:

Size_Paket: 200 bytes

Type: FTP

Interval: 0.01s

b) Applikationen für Server:

Size_Paket: 500 bytes

Type: FTP

Interval: 0.001s

c) Nic:

bw: 10

mac: mac/802_3

delay: 0.05s

wireless: ON

5.5 Musterlösungen für Betreuer

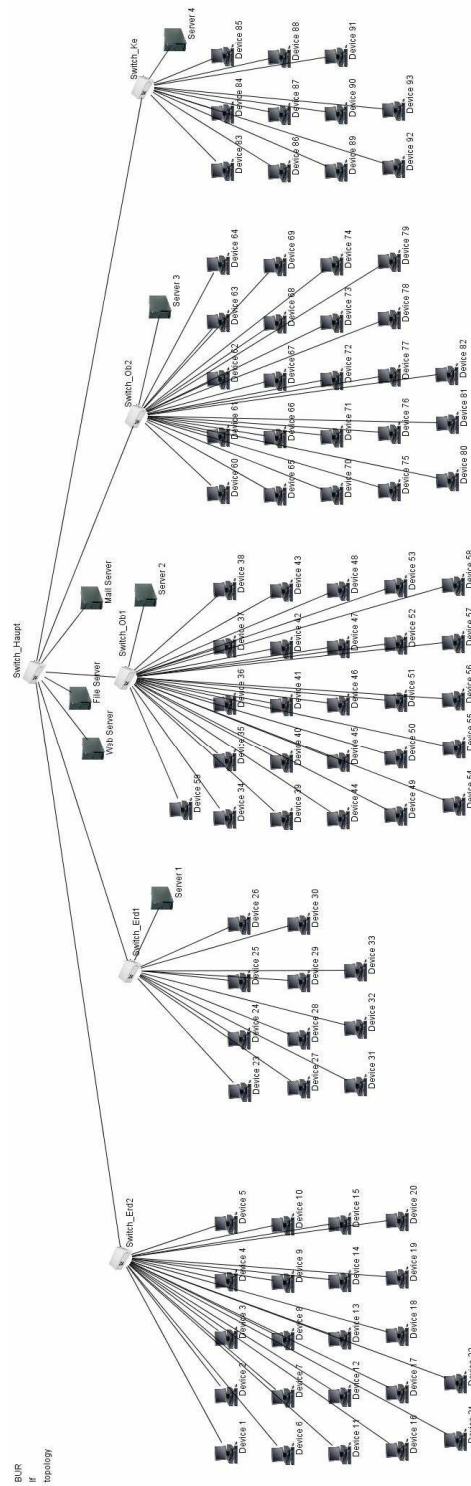


Abbildung 5.7: Topologie von BUR

Das Project Dateien: *Project_BUR basic.ndml* und *Project_BURtopology-view.ndml*, die mittels Candy Network-Editor erstellt werden, befinden sich im Unterverzeichnis *Lösung-Aufgabe1* von Verzeichnis *Lösung* in CD.

VLAN-Lösung

Es gibt verschiedene VLAN-Lösungen anhand unterschiedener Zuordnungsvarianten. Folgend wird beispielsweise eine Lösung dargestellt. Es ist angenommen, VLAN in 2 Group auf Basis des Switch Ports zu verteilen.

VLAN1:

- Switch von Erdgeschoss(EV_E):
 - Port 1-12 von Cissco Catalyst 3750G-24TS
 - Port 1-24 von Cissco Catalyst 3750-48TS
- Switch von Obergeschoss(EV_O1):
 - Port 1-6 von Cissco Catalyst 3750G-12S
 - Port 1-24 von Cissco Catalyst 3750-48TS
- Switch von 2. Obergeschoss(EV_O2):
 - Port 1-6 von Cissco Catalyst 3750G-12S
 - Port 1-24 von Cissco Catalyst 3750-48TS
- Switch von Keller(EV_K):
 - Port 1-6 von Cissco Catalyst 3750G-12S
 - Port 1-12 von Cissco Catalyst 3750-24TS

VLAN2:

- Switch von Erdgeschoss(EV_E):
 - Port 13-24 von Cissco Catalyst 3750G-24TS
 - Port 25-48 von Cissco Catalyst 3750-48TS
- Switch von Obergeschoss(EV_O1):
 - Port 7-12 von Cissco Catalyst 3750G-12S
 - Port 25-48 von Cissco Catalyst 3750-48TS
- Switch von 2. Obergeschoss(EV_O2):
 - Port 7-12 von Cissco Catalyst 3750G-12S
 - Port 25-48 von Cissco Catalyst 3750-48TS
- Switch von Keller(EV_K):
 - Port 7-12 von Cissco Catalyst 3750G-12S
 - Port 13-24 von Cissco Catalyst 3750-24TS

Strukturierte Verkabelung

Die Sekundärverkabelung (Stockwerkverkabelung) mit Lichtwellenleitern (LWL)

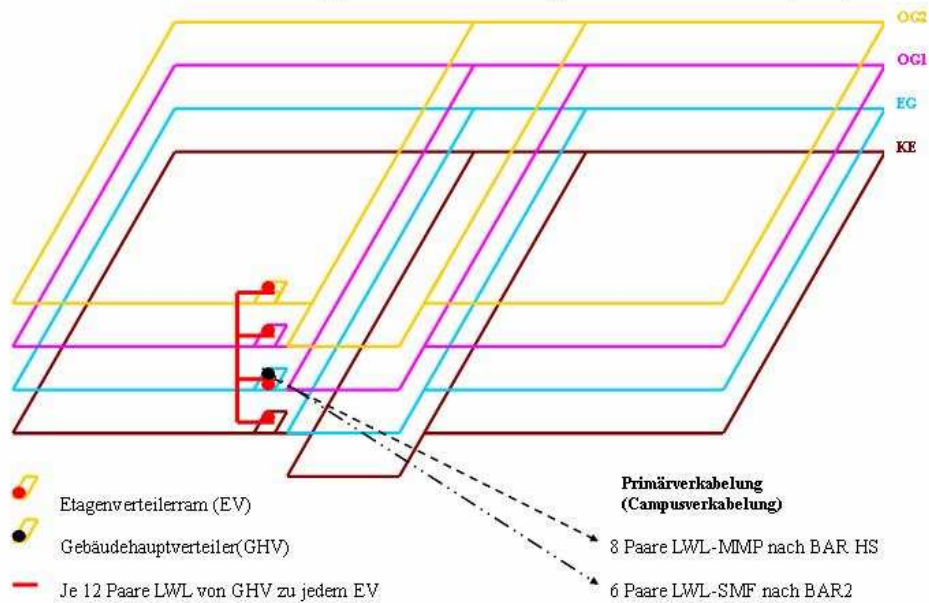


Abbildung 5.8: Sekundärverkabelung

Die Tertiärverkabelung (Etagenverkabelung) am Beispiel des Erdgeschosses

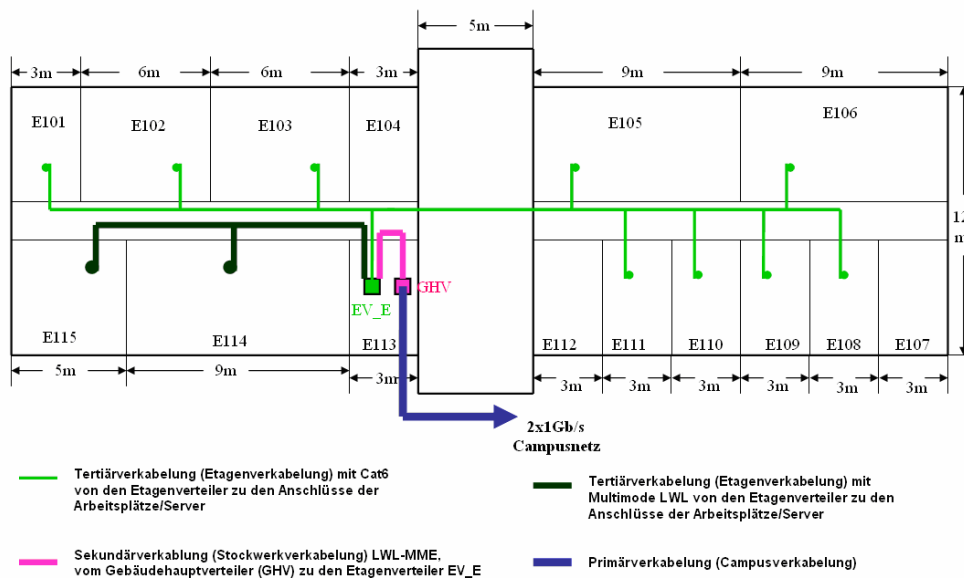


Abbildung 5.9: Tertiärverkabelung am Beispiel des Erdgeschosses

5. Konzeption des Praktikums

Die Tertiärverkabelung (Etagenverkabelung) am Beispiel des 1.Obergeschosses

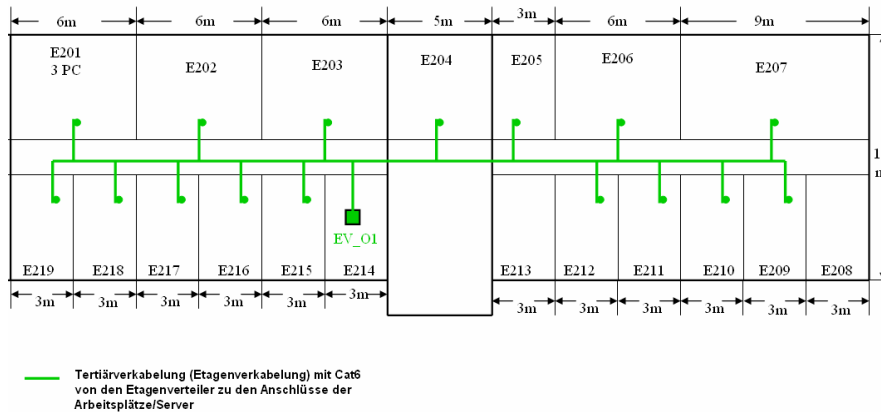


Abbildung 5.10 Tertiärverkabelung am Beispiel des 1.Obergeschosses

Die Tertiärverkabelung (Etagenverkabelung) am Beispiel des 2.Obergeschosses

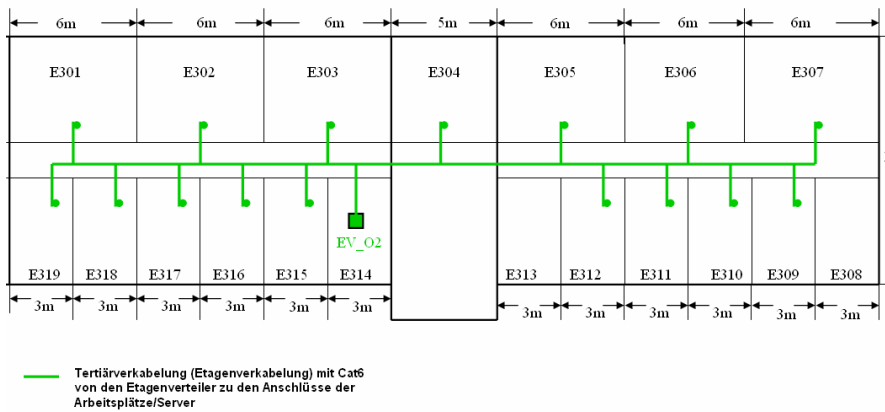


Abbildung 5.11 Tertiärverkabelung am Beispiel des 2.Obergeschosses

Die Tertiärverkabelung (Etagenverkabelung) am Beispiel des Kellers

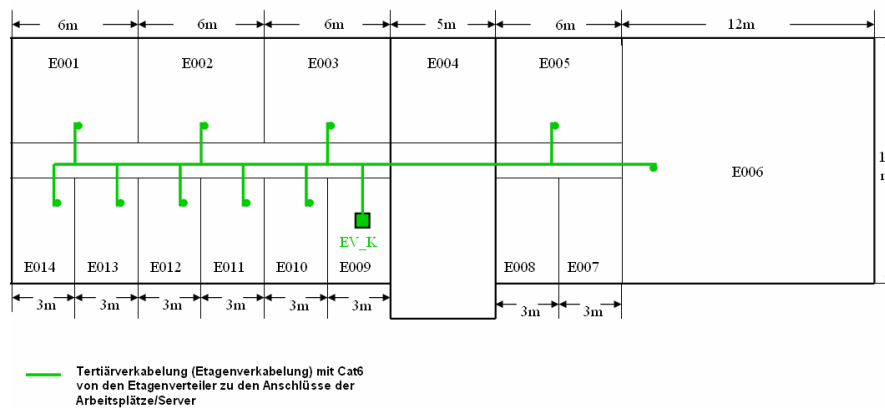


Abbildung 5.12 Tertiärverkabelung am Beispiel des Kellers

Belegungsplan des Eingangsswitches Catalyst 6509 der Gebäudehauptverteilung Sekundärverkabelung (Stockwerksverkabelung)

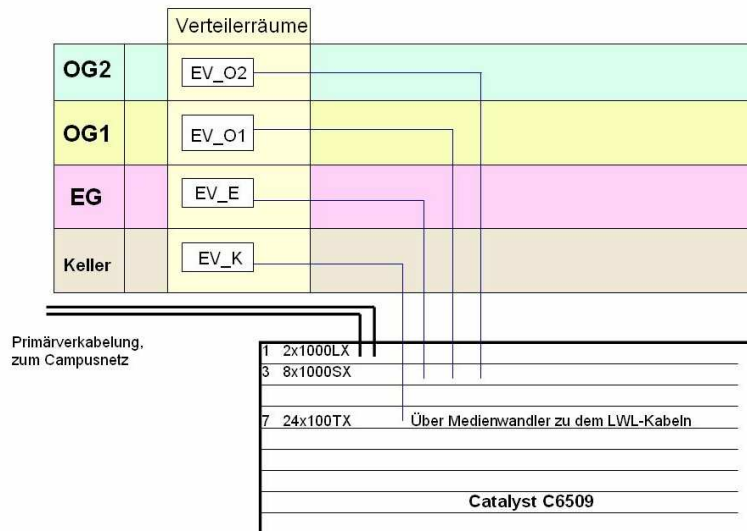


Abbildung 5.13 Belegungsplan des Eingangsswitches der Gebäudehauptverteilung

Aus der Gebäudestruktur des BUR ergab sich, dass in jeder Etage ein Verteilerraum eingerichtet wird, von denen aus jeder Standort einer Datendose mit 90m Cat-6Kabel erreichbar ist. Die Räume E114 und E115 sollte mit LWL-MMF erschlossen werden. Diese Verkabelungsstruktur entspricht dem Standard der Tertiärverkabelung (siehe Abbildung 5.9 - 5.12).

Die Verbindung der Etagenverteilerräume in den vier Etagen mit dem Gebäudehauptverteiler im Erdgeschoss wird gemäß dem Standard der Sekundärverkabelung vorgenommen (siehe Abbildung 5.8).

Im Gebäudehauptverteiler (GHV) wird der zentrale Eingangsrouter des Gebäudes, ein Cisco Catalyst 6509 installiert, der als Bindglied zwischen der Primär- und Sekundärverkabelung fungiert. (siehe Abbildung 5.13)

Die Etagenverteilerräume werden wie folgt installiert.

- Erdgeschoss (EV_E):
 - Cisco Catalyst 3750G-12S
 - Cisco Catalyst 3750G-24TS
 - Cisco Catalyst 3750-48TS

5. Konzeption des Praktikums

- 1.Obergeschoss(EV_O1):
 - Cisco Catalyst 3750G-12S
 - Cisco Catalyst 3750-48TS
- 2. Obergeschoss(EV_O2):
 - Cisco Catalyst 3750G-12S
 - Cisco Catalyst 3750-48TS
- Keller(EV_K):
 - Cisco Catalyst 3750G-12S
 - Cisco Catalyst 3750-24TS

Cisco Catalyst 3750 Serien sind geeignet für einen Stackaufbau. Bei Cisco Catalyst 3750 können max. 9 Geräte zu einer logischen Einheit zusammengeschaltet sein.

Dabei sind:

- Cisco Catalyst 3750G-12S : Gigabit-Ethernet-Switch mit 12 SFP-Slots.
- Cisco Catalyst 3750G-24TS: 10/100/1000 Mb/s Switch mit 24 RJ45-Ports und 4SFP-Slots.
- Cisco Catalyst 3750-24TS: 10/100 Mb/s Switch mit 24 RJ45-Ports und 2SFP-Slots.
- Cisco Catalyst 3750-48TS: 10/100 Mb/s Switch mit 48 RJ45-Ports und 4SFP-Slots.

optimale Kabelführung mit Hilfe von CANDY Tool- Trace Router

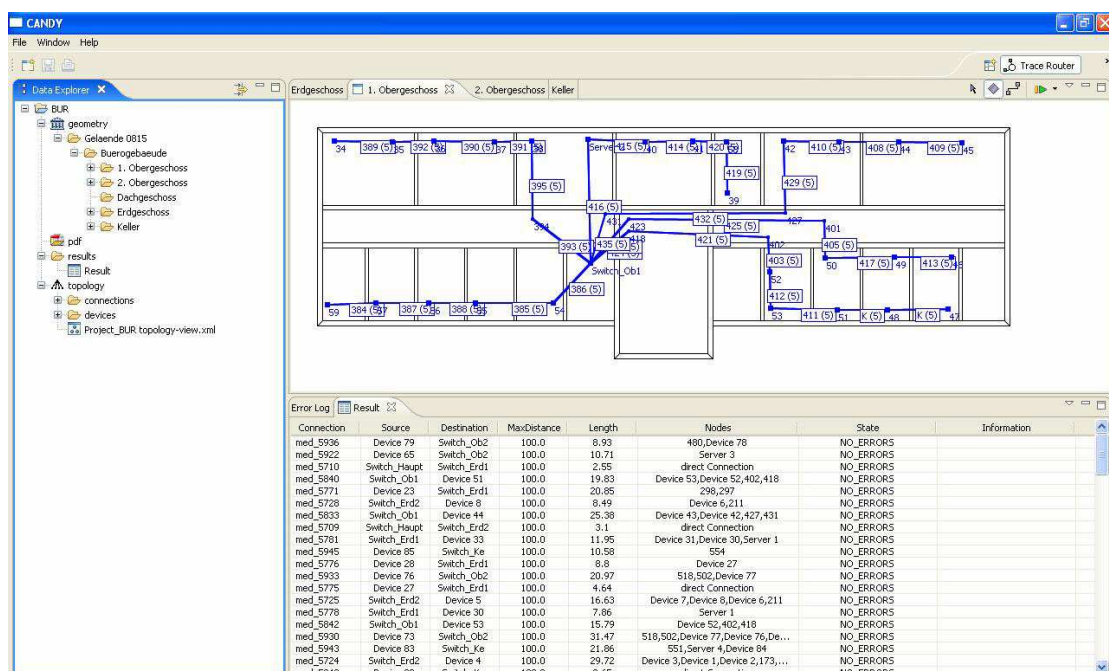


Abbildung 5.14 Berechnung der Kabelverlegung mit Trace Router

XML-Datei: *Result.xml* und das Project Dateien: *geometry.ndml*, *ndml_geometry.xsd* und *ndml_datatypes.xsd*, die mittels Candy Trace Router erstellt werden, befinden sich in Unterverzeichnis *Lösung-Aufgabe2.2* von Verzeichnis *Lösung* in CD.

WLAN-Planung

Bei der WLAN-Vernetzung des Gebäudes BUR wird 3COM Wireless LAN Access Point 8750 als Sender ausgewählt. Dieser kann bis zu 235 User gleichzeitig mit 54MBit/s erreichen.

Mit CANDY Site Finder wurden 4 Access Point nach der Anforderung installiert. Die von Programm *CANDY Site Finder* erstellte XML-Dokumentation: *BUR_Wireless.xml* ist in Unterverzeichnis *Lösung-Aufgabe3* von Verzeichnis *Lösung* der CD zu finden.

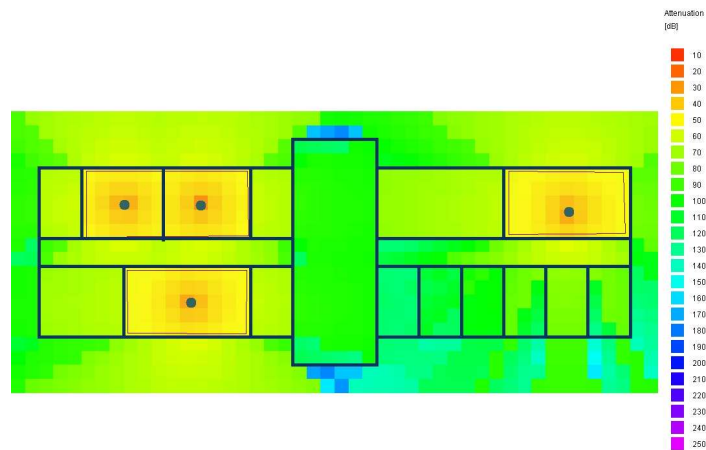


Abbildung 5.15: Visualisierung von Dämpfung

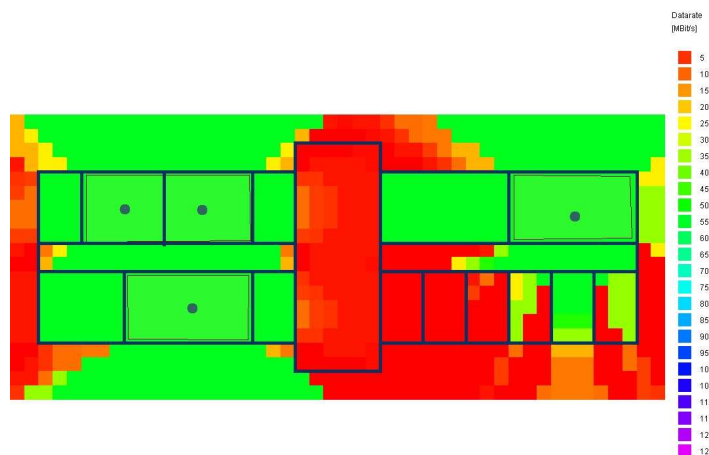


Abbildung 5.16: Visualisierung von Datenrate

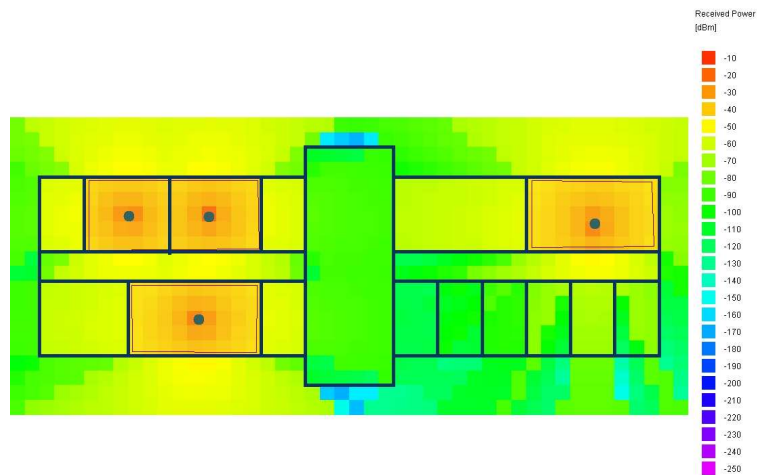


Abbildung 5.17: Visualisierung von Empfangsfeldstärke

Kostenberechnung und Kostenanalyse

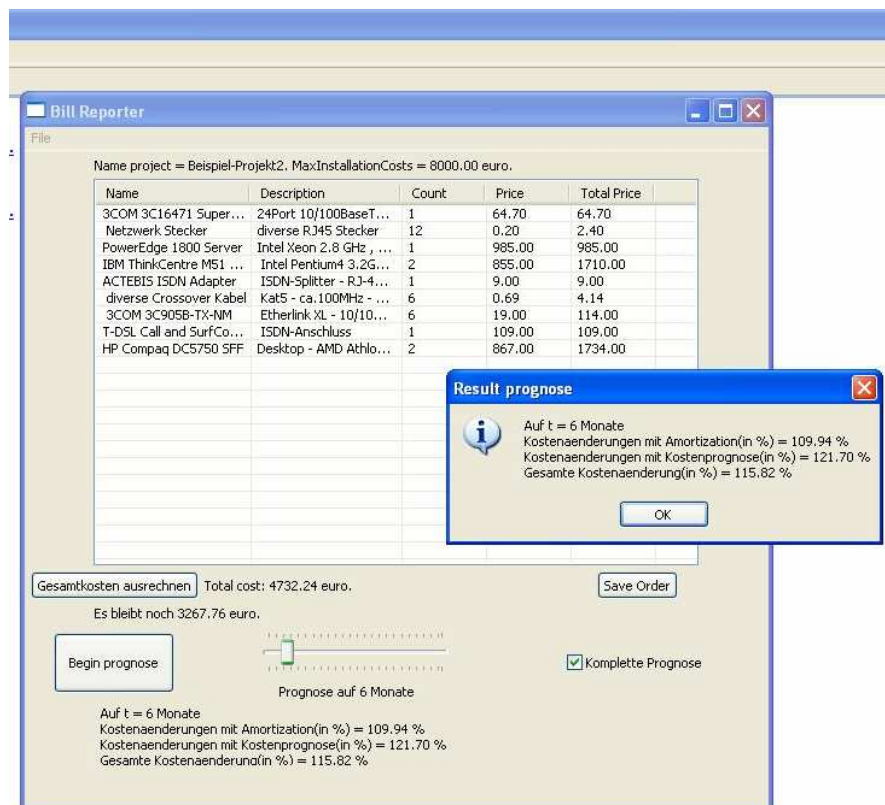


Abbildung 5.18: Ergebnis von Gesamtkosten Berechnung

Die Projekt Datei: *szenario4_basic.xml* und *szenario4_topology.xml* befinden sich im Unterverzeichnis *Lösung-Aufgabe4.1* von Verzeichnis *Lösung* in CD.

Simulation

Die Projekt Datei: *Project_File2 simulation-view.ndml*, *Project_File2 topology-view.ndml*, *Project_File2 basic.ndml*, *Project_File2.tcl*, *Project_57.xml* und *Project_57.tr* befinden sich im Unterverzeichnis *Lösung-Aufgabe5* von Verzeichnis *Lösung* in CD.

5.6 Auswahl der Praktikumssoftware

Für die Durchführung dieses Praktikums ist folgende Software erforderlich:

- Java SE Development Kit 6
- Das Candy -Tool: Network Editor, das von F.Zhou ([FZ05]) entwickelt wurde.
- Das Candy-Tool: Trace Router, das von S.Holstein ([SH07]) entwickelt wurde.
- Das Candy-Tool: Candy Site Finder, das von S.Preuss ([SP06]) entwickelt wurde.
- Das Candy-Tool: Bill Reporter, das von Y.Pilipenko([YP07]) entwickelt wurde.
- Mysql 5,0
- Netzwerk Simulator (NS-2)
- XML-Editor

Die Prototypen von Candy-Tools und bezügliche Bedienungsanleitungen stehen als komprimierte Rar-Dateien auf der Webseite zur Verfügung.

Diese Softwarepakete werden auf die persönlichen Computer der Versuchsteilnehmer heruntergeladen, entpackt und bearbeitet.

5.7 Installationsanleitungen

5.7.1 Installation des CANDY Tools

Network-Editor

Um Network-Editor zu benutzen, benötigen Sie drei Pakete: *ns-allinone-2.31.tar.gzr*, *jdk-6u3-windows-i586-p.rar* und *Candy Network Editor-Zhour*. Diese Pakete können Sie von der Hauptwebseite des Praktikums herunterladen.

Sobald diese Pakete heruntergeladen werden, entpacken Sie sie auf Ihrem persönlichen Computer. Nach Installation von JDK und NS-2(siehe Sektion5.7.2 Installation des NS-2 Simulators), können Sie dann *candy.jar* doppelklicken, das sich im Verzeichnis: *CANDY* befindet, und den Network-Editor starten. Das Ergebnis ist im Verzeichnis: *projects* gespeichert.

Trace Router

Um Trace Router zu benutzen, benötigen Sie neben JDK auch das Paket: *Candy Trace Router-S.Holstein*. Nach Download und Entpacken des Pakets können Sie direkt *candybox.jar* doppelklicken, das sich im Verzeichnis: *CandyBox mit Trace Router (alle Plugins installiert)* befindet, und Trace Router starten.

Candy Site Finder

Um Candy Site Finder zu benutzen, benötigen Sie neben JDK auch das Paket: *Candy Site Finder-Preuss*. Nach Download und Entpacken des Pakets können Sie direkt *CandySiteFinder.jar* doppelklicken, das sich im Verzeichnis: *Candy Site Finder-Preuss* befindet, und Candy Site Finder starten.

Bill Reporter

Um Bill Reporter zu benutzen, benötigen Sie neben JDK auch das Paket: *Candy Bill report-Pilipenko*. Nach Download und Entpacken des Pakets müssen Sie zunächst MySQL-Datenbank installieren. Die Installationsanleitung von MySQL: *MYSQL_INSTALLATION.pdf* finden Sie im Unterverzeichnis: *!!!README* von Verzeichnis *Datenbank*. Nachdem MySQL installiert wurde, soll die Datenbank erstellt werden. Die Konfigurationsanleitung: *Datenbank erstellen.txt* finden Sie im Unterverzeichnis: *!!!README* von Verzeichnis *Datenbank*.

Danach befinden sich alle Dokumente (basic, topology, Produkt-Dokumente) in dem gleichen Verzeichnis.

Schließlich sollen alle Dokumente mit NDML 3.1 (s. Schemata im Ordner "*XSD_neueVersion*") erstellt werden, um die Kosten mit der neuen Methodik zu berechnen.

Zum Schluss erfüllen Sie folgende Schritte, um Bill Reporter-Plugin zu starten:

1. Das Plugin Bill Reporter einfügen in Ordner "plugins", es befindet sich in Ordner "Candy".
2. Candy.exe starten
3. In Menu Bar wird dann das Icon "Bill Reporter" erscheinen. Auf die soll man klicken.

5.7.2 Installation des NS-2 Simulators

(a) Installation cygwin(Unter win9x / 2000/ xp)

Wo? <http://www.cygwin.com>

Auswahl? Install from Internet → Select Packages

Programme, die unbedingt installiert werden müssen:

XFree86-base、 XFree86-bin、 XFree86-prog、 XFree86-lib、 XFree86-etc、

make、 patch、 perl、 gcc、 gcc-g++、 gawk、 gnuplot、 tar、 gzip

(b) Installation NS-2(Unter win9x / 2000/ xp, Linux/Unix)

- Wo? <http://www.isi.edu/nsnam/dist/ns-allinone-2.27.tar.gz>
Allinone package enthaelt:
 - TCL release 8.4.5 (erforderlich)
 - TK release 8.4.5 (erforderlich)
 - Otcl release 1.8 (erforderlich)
 - TclCL release 1.15 (erforderlich)
 - Ns release 2.27 (erforderlich)
 - Nam release 1.10 (optional)
 - Xgraph version 12.1 (optional)
 - CWeb (optional)
 - SGB (optional)
 - Gt-itm (optional)
 - Zlib version 1.1.4 (optional)
- tar xvfz ns-allinone-2.27.tar.gz → cd ns-allinone-2.27 → ./install
- .bashrc bearbeiten
 - export NS_HOME=`pwd`/ns-allinone-2.27
 - export
PATH=\$NS_HOME/tcl8.4.5/unix:\$NS_HOME/tk8.4.5/unix:\$NS_HOME/bin:\$PATH
 - export
LD_LIBRARY_PATH=\$NS_HOME/tcl8.4.5/unix:\$NS_HOME/tk8.4.5/unix:\$NS_HOME/otcl-1.8:\$NS_HOME/lib:\$LD_LIBRARY_PATH
 - export TCL_LIBRARY=\$NS_HOME/tcl8.4.5/library

5.7.3 Installation des Apache HTTP Servers

- Wo ? <http://httpd.apache.org/>
Sie können beliebige Version installieren.
- Nach Doppelklicken eines MSI Installer, z.B. *apache_2.2.8-win32-x86-no_ssl.msi*, wird der Apache HTTP Server automatisch installiert.
- Nach erfolgreicher Installation des Servers lässt sich das Verzeichnis *Praktikum* im Unterverzeichnis *htdocs* von Verzeichnis *Apache2.2* hinzufügen.
- Auf der Adressleiste der neuen Webseite „<http://localhost/praktikum/index.html>“ eingegeben wird

6. Implementierung des Praktikums

Das Kapitel Implementierung beschreibt die konkrete Umsetzung des in Kapitel 5 gestellten Praktikumskonzepts in die Webseiten. Es wird zunächst die Umgebungen dargestellt. Danach werden detaillierte Implementierungen der Webseiten erläutern.

6.1 Umgebungen

Die Hypertext Markup Language (kurz. HTML) ist eine textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung von Inhalten wie Texten, Bildern und Hyperlinks in Dokumenten. HTML-Dokumente sind die Grundlage des World Wide Web und werden von einem Webbrowser dargestellt.

Dreamweaver ist ein HTML-Editor der Firma Adobe Systems, ursprünglich Macromedia. Er kombiniert einen WYSIWYG-Editor mit direkter paralleler Quelltextbearbeitung, ermöglicht die übersichtliche grafische Bearbeitung von Webseiten und bietet Funktionen wie Farbkennzeichnung und Autovervollständigen für HTML-Code und Skriptsprachen wie PHP und JavaScript.

Der Apache HTTP Server ist ein meistbenutzte Webserver im Internet. Es kann beliebige Version unter <http://httpd.apache.org/> herunterladen. Die Installation siehe Sektion 5.7.3 Installation des Apache HTTP Servers.

6.2 Implementierungen der Webseiten

Die implementierten Webseiten bestehen aus Hauptseite und Wissenstestseite. Die Hauptseite beschreibt die grundlegenden Bestandteilen des Praktikums, wie Aktuelles, Ziele, Voraussetzung, Inhalt, Studienmaterial, Software und Kontakt. Studienmaterial und Software stehen in elektronischer Form (PDF-Dateien) oder in komprimierter Form (RAR-Dateien) auf dieser Webseite zur Verfügung. Die Hauptseite des Praktikums zeigt folgende Abbildung.

6. Implementierung des Praktikums

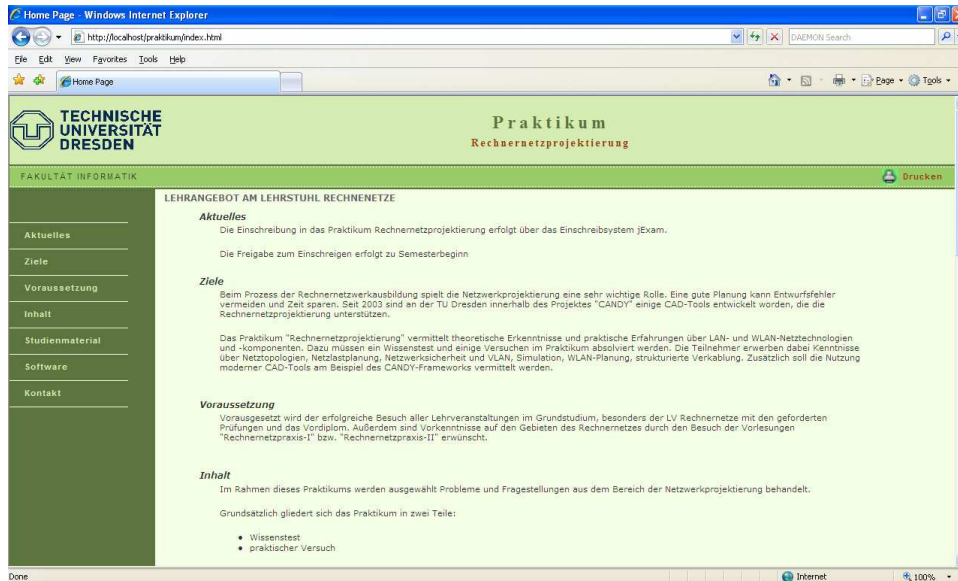


Abbildung 6.1: Screenshot der Hauptseite des Praktikums

Quellencode zur Beschreibung von Herunterladen der Software

```
<tr>
  <td height="24" colspan="4" class="STYLE6 navText"><em class="STYLE8"><strong><a name="software" id="software"></a><span class="
STYLE21">Software</span></strong></em></td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td height="170">&nbsp;</td>
  <td class="STYLE12 STYLE8">F&uuml;r die Durchf&uuml;hrung dieses Praktikums sind folgende Softwares n&ouml;tig.</p>
  <ul class="STYLE12"><li class="STYLE8">
    <p class="STYLE12 STYLE8"><span class="STYLE12 STYLE8">CANDY Tools
    :
    Die Prototypen und bez&uuml;gliche Bedienungsanleitungen stehen als komprimiertere rar-Dateien zur Verf&uuml;gung. Die
    folgenden Tools sollen heruntergeladen und entpackt.</span>
    </p>
    <ul>
      <li><a href="software/Candy Network Editor-Zhour.rar" target="_parent">Network-Editor</a></li>
      <li><a href="software/Candy Trace Router-S.Holstein.rar" target="_parent">Trace Router</a></li>
      <li><a href="software/Candy Site Finder-Preuss.rar">Candy Site Finder</a></li>
      <li><a href="software/Candy Bill report-Pilipenko.rar">Bill Reporter sowie Mysql </a></li>
    </ul>
  </li>
  <li class="STYLE14"><a href="software/ns-allinone-2.31.tar.gz" target="_parent">Netzwerk Simulator (NS-2)</a> </li>
  <li class="STYLE14"><a href="software/jdk-6u3-windows-i586-p.exe" target="_parent">Java SE Development Kit 6</a></li>
  <li class="STYLE14">XML-Editor</li>
  </ul>
  <td>&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
  <td colspan="2">&nbsp;</td>
</tr>
```

In Hauptseite gibt ein Hyper-Link zur Wissenstestseite (siehe Abbildung 5.3). Der online Wissenstest umfasst 43 Aufgaben.

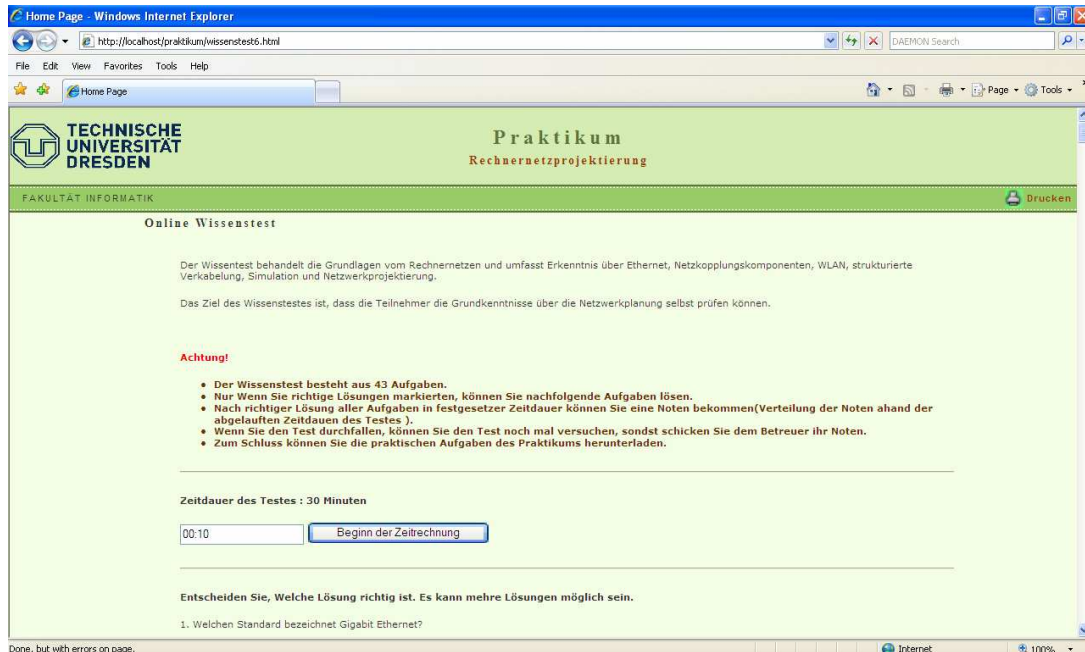


Abbildung 6.2: Screenshot der Wissenstestseite des Praktikums

Die Zeitdauer des Testes ist 30 Minuten. Wenn die Teilnehmer den Button „Beginn der Zeitrechnung“ anklicken, beginnt sofort die Zeitrechnung und gleichzeitig erscheint der Button „OK“ der ersten Aufgabe.

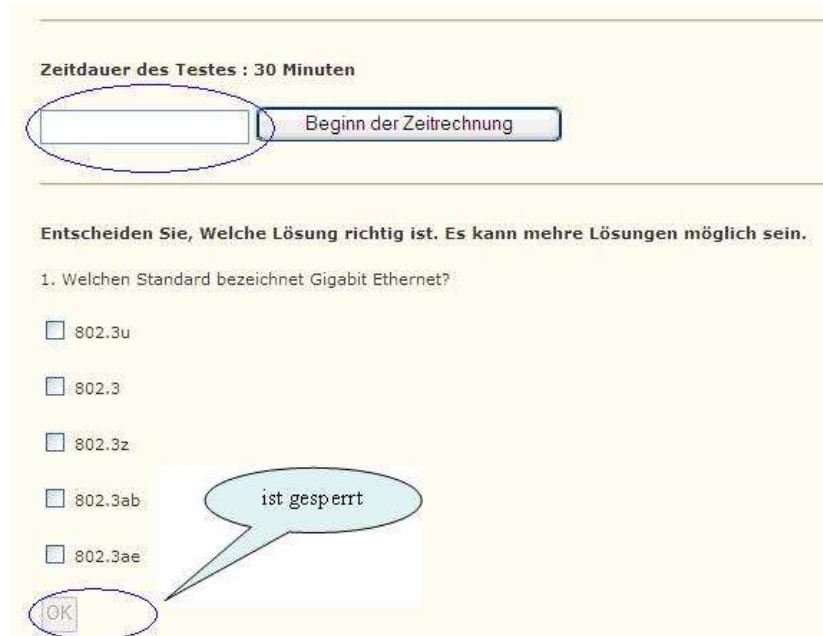


Abbildung 6.3: Vor dem Anklicken des Buttons „Beginn der Zeitrechnung“

6. Implementierung des Praktikums

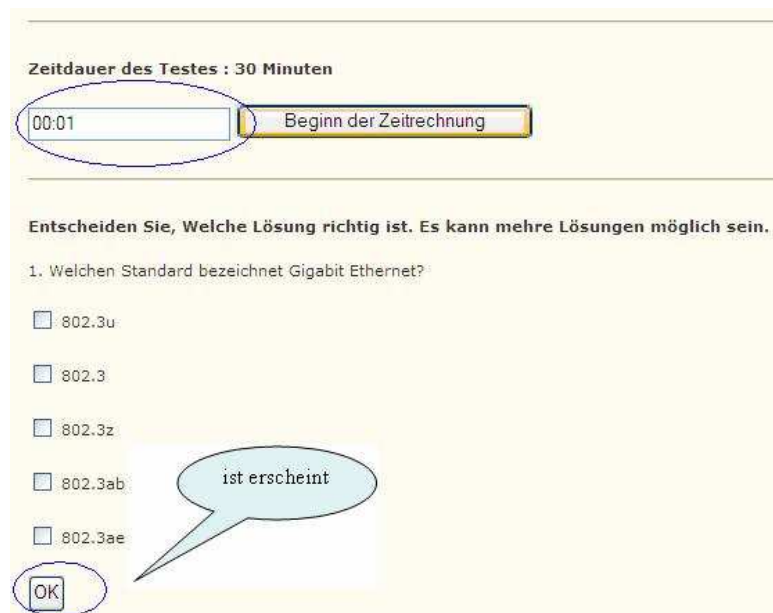


Abbildung 6.4: Nach dem Anklicken des Buttons „Beginn der Zeitrechnung“

Wenn man falsche Lösungen markiert, wird eine Nachricht „Falsch! Bitte noch einmal“ gegeben und der Button „OK“ der nachfolgenden Aufgabe gesperrt. Man darf keine weiteren Aufgaben lösen (siehe Abbildung 6.5).

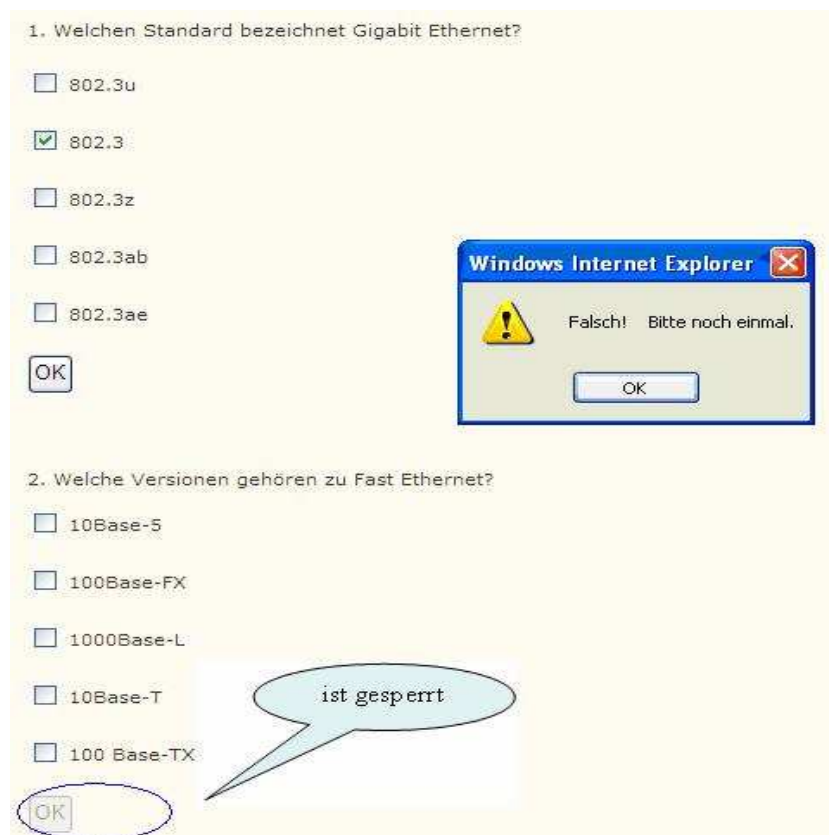


Abbildung 6.5: Ankreuzen mit falscher Lösung

Wenn man richtige Lösungen markiert, bekommt man eine Nachricht „Richtig! ^_^ Bitte weiter machen“. Danach erscheint der Button „OK“ der nächsten Aufgabe. (siehe Abbildung 6.6)

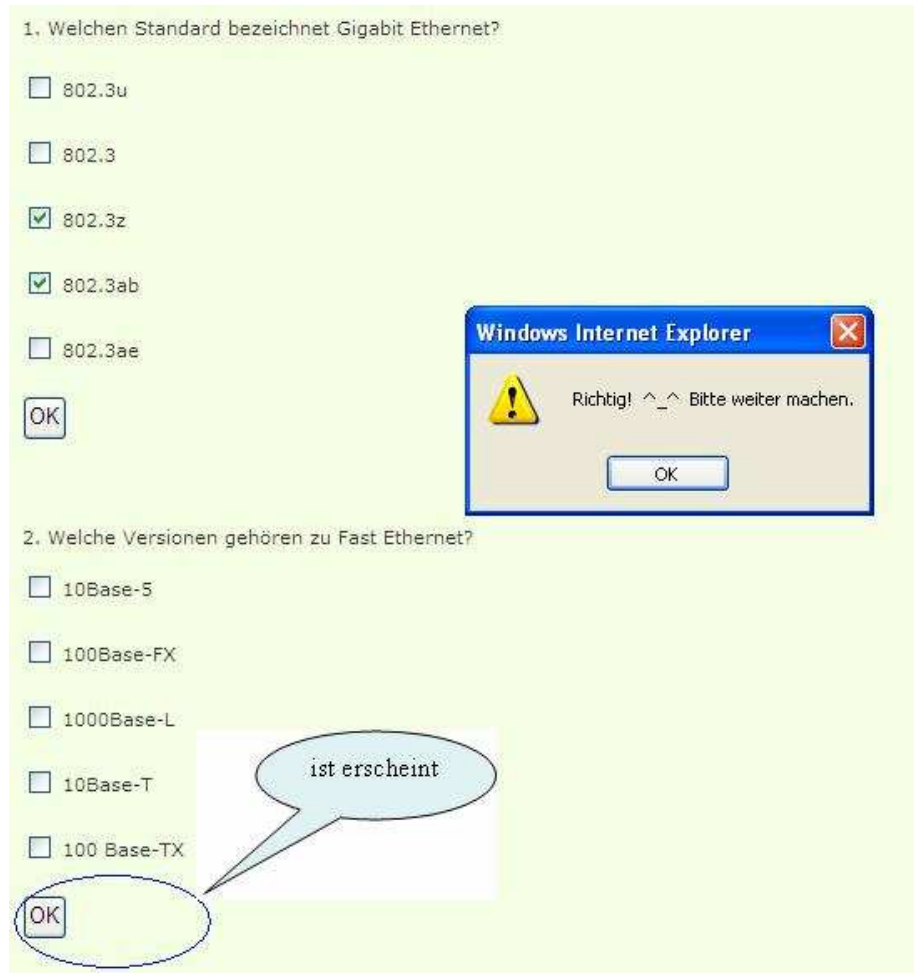


Abbildung 6.6: Ankreuzen mit richtiger Lösung

Javaskript zur Realisierung dieser Funktion wie folgt:

```
function processForm3()
{
    if (document.form3.checkbox4.checked && document.form3.checkbox5.checked &&
        !document.form3.checkbox2.checked && !document.form3.checkbox3.checked && !document.form3.checkbox6.checked)
    {
        document.form1.Button2.disabled = false;
        alert("Richtig! ^_^ Bitte weiter machen.");
    }
    else
    {
        alert("Falsch! Bitte noch einmal.");
        document.form1.Button2.disabled = true;
    }
}
```

6. Implementierung des Praktikums

Quellencode zur Beschreibung des Attributs von Button „OK“

```
<p>  
  <input name="Button2" type="button" onclick="processForm1()" value="OK" />  
  <script language="JavaScript">  
    document.form1.Button2.disabled = true;  
  </script>  
</p>
```

Wenn alle Aufgaben richtig gelöst sind, bekommt man eine Nachricht „Gratulation! ^_^ Klicken Sie jetzt Button *Noten Berechnen*, wird es Ihre Noten berechnen.“ (siehe Abbildung 6.7)

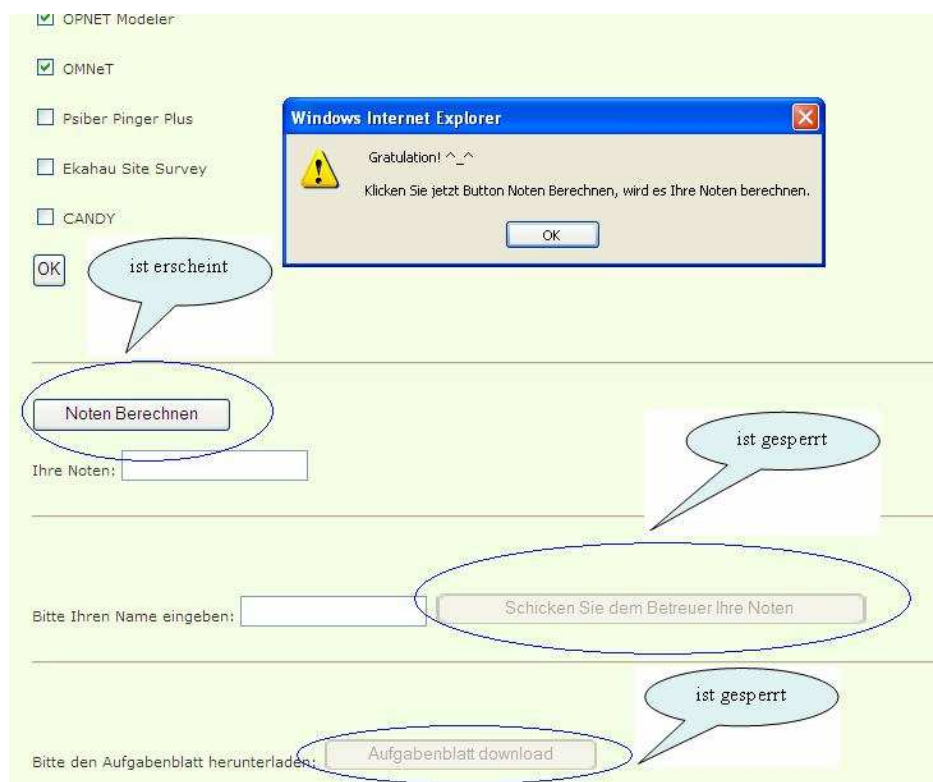


Abbildung 6.7: Nach richtiger Lösung aller Aufgaben

Nachdem der Button „Noten Berechnen“ angeklickt wird, bekommt man eine Nachricht mit dem Ergebnis des Testes (siehe Abbildung 6.8).

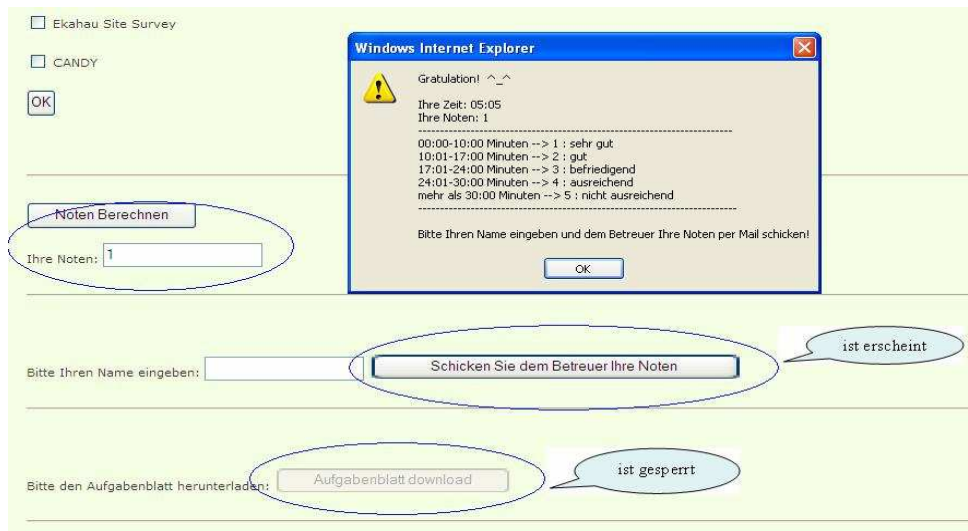


Abbildung 6.8: Nach Anklicken des Buttons „Noten Berechnen“

Nachdem die Name eingegeben wird und der Button „Schicken Sie dem Betreuer Ihre Noten“ angeklickt wird, bekommt man eine Anzeige „Das Ergebnis wird dem Betreuer per Mail geschickt“ (siehe Abbildung 6.9). Danach wird eine Nachricht mit dem Testresultat automatisch per Mail versendet (siehe Abbildung 6.10).

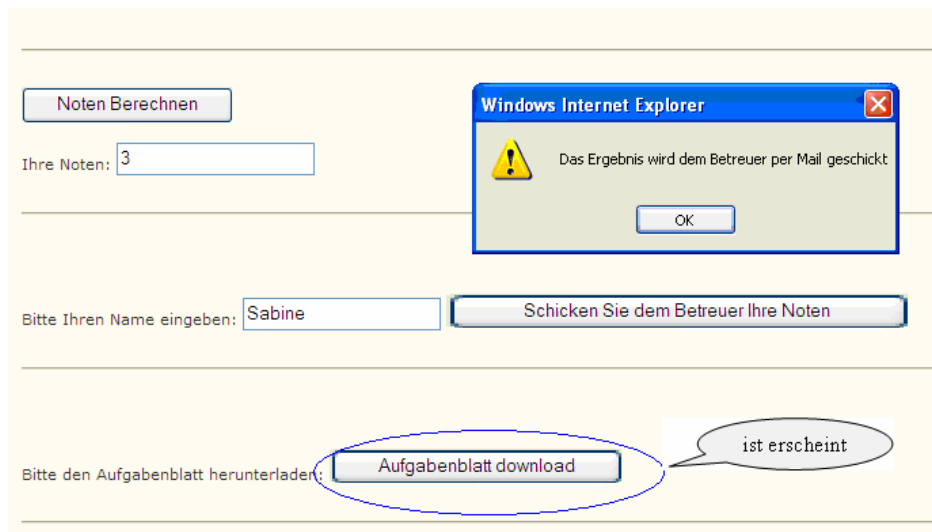


Abbildung 6.9: Nach Anklicken des Buttons „Schicken Sie dem Betreuer Ihre Noten“

6. Implementierung des Praktikums

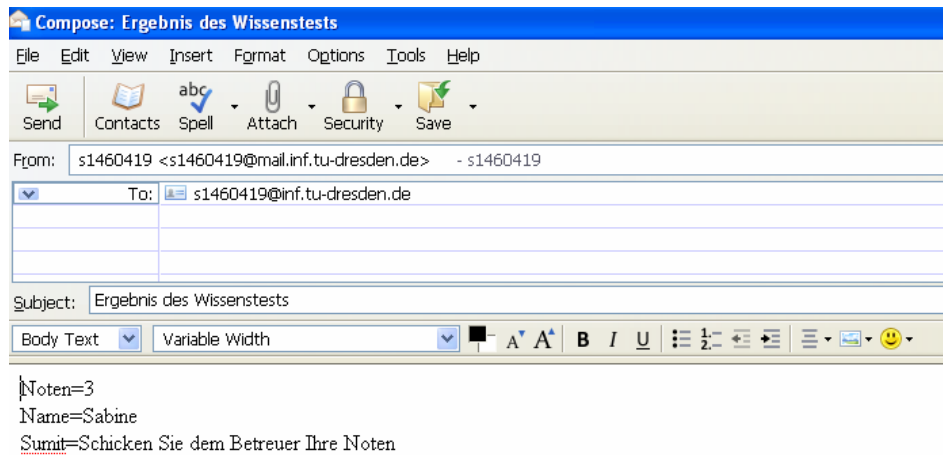


Abbildung 6.10: automatische Schreibung von Mail

Aber wenn die Teilnehmer eine Note „5“ bekommen, dann müssen sie diesen Wissenstest noch einmal versuchen. (siehe Abbildung 6.11)

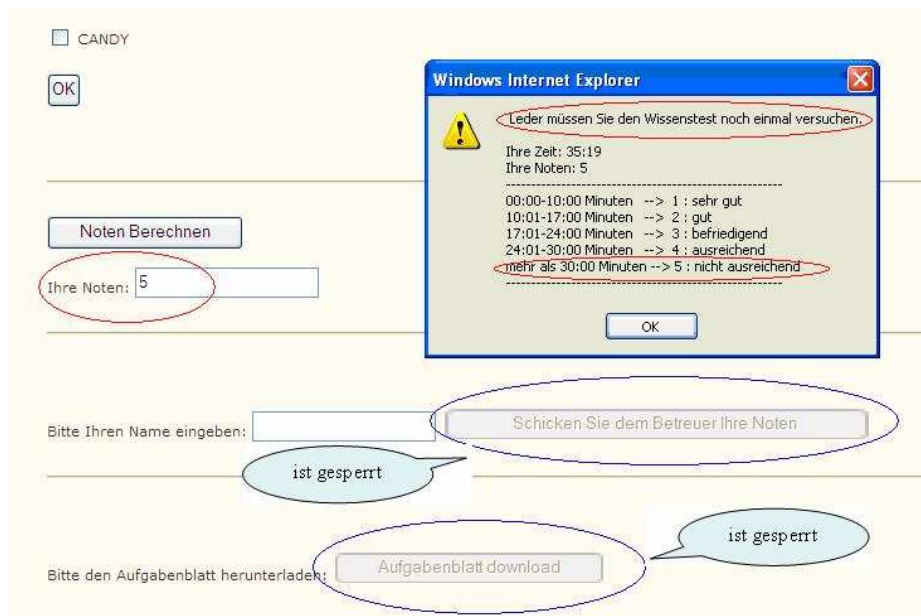


Abbildung 6.11: Durchfall des Tests

Nachdem der Button „Aufgabenblatt download“ angeklickt wird, kann man die Aufgabenstellung in elektronischer Form (PDF-Dateien) lesen und herunterladen (siehe Abbildung 6.12).

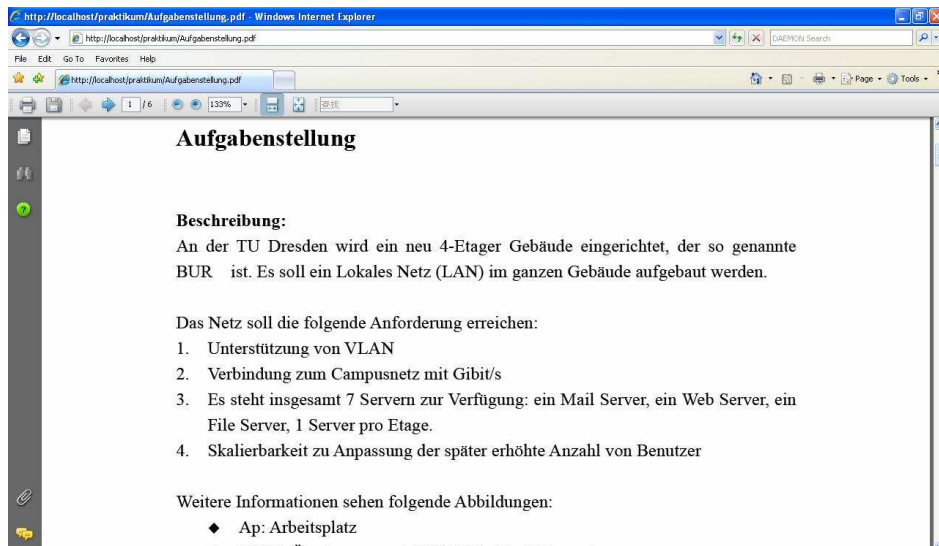


Abbildung 6.12: Screenshot der Aufgabenstellung auf Webseite

7. Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Kapitel fasst die Aspekte zusammen, die im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden. Nach einer kurz gefassten Darstellung des abschließenden Standes der Arbeit wird ein Ausblick auf mögliche Erweiterung gegeben.

Das Ziel der vorliegenden Belegarbeit ist die Konzeption eines universitären Praktikums zur Rechnernetzprojektierung. Im Rahmen der Arbeit wird zunächst ein allgemeiner Überblick über Rechnernetzprojektierung gegeben. Schließlich werden einzelne Technologien innerhalb der Rechnernetzprojektierung erläutert und ein typisches Beispielsszenarium zur Rechnernetzprojektierung vorgestellt. Danach werden einige computeruntergestützte Tools sowie CANDY Tools dargestellt. Diese sind als Lehrmaterialien für die Studenten geeignet.

Das konzipierte Praktikum besteht aus Wissenstest und praktischer Versuch. Der Wissenstest wird als Eingangstest des praktischen Versuchs entwickelt, damit eine gute Vorbereitung der Studenten gesichert ist. Er behandelt die Grundlagen von Rechnernetzen und umfasst Erkenntnisse über Ethernet, Netzkopplungskomponenten, WLAN, strukturierte Verkabelung, Simulation und Netzwerkprojektierung.

Um Probleme der Rechnernetzprojektierung zu erlernen und praktisch zu festigen werden einige Aufgaben konzipiert zu Kostenanalyse, Optimierung der strukturierten Verkabelung bzw. Ermittlung optimaler Access Points bei WLAN-Planung etc. Es steht entsprechende CANDY Tools zum Lösen dieser Aufgaben zur Verfügung. In praktischen Versuchen können die Teilnehmer mit Anwendung dieser CANDY Tools nicht nur grundlegende Erkenntnisse kennen lernen, sondern auch diese Tools leistungsfähig benutzen.

Ausblick

Weil das CANDY Projekt bisher nicht abgeschlossen ist, existieren keine Aufgaben zur Lastmodellierung und Leistungssimulation und kein transparenter Workflow. Die entwickelten CANDY Tools unterstützen nur einige Entwurfsphasen. Die Datenübergabe zwischen proprietären Tools ist auch problematisch. Deswegen bestehen einige Mängel und Begrenzungen bei der Konzeption des Praktikums.

Der praktische Versuch des Praktikums sollte zukünftig nach dem Schließen des CANDY Projekts weiter optimiert werden. Netzlastungsanalyse, Nutzung drahtloser Netze im Outdoor bzw. Leistungssimulation eines komplexen Netzwerkes sind auch notwendig bei der Rechnernetzprojektierung. Diese sollen zukünftig als Teil praktischer Versuche ergänzt werden. Es können auch andere kostenpflichtige Tools zur Unterstützung der Netzwerkprojektierung verwendet werden, wie Ekahau Site Survey, RF3D WifiPlanner(3D WLAN Planungssoftware) usw.

A Verzeichnisse

A.1 Abkürzungen

AP	Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CAD	Computer Aided Design
CANDY	Computer Aided Network Design Utility
CaNDel	CANDY Trace Router
CBR	CANDY Bill Reporter
CSF	CANDY Site Finder
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
Eclipse RCP	Eclipse Rich Client Platform
EDV	unterbruchsfreie Stromversorgung
ESS	Ekahau Site Survey
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FSLM	Free Space Loss Model
HTML	HyperText Markup Language
JDK	Java Development Kit
LED	Leuchtdiode
LWL	Lichtwellenleiter
LWL-MMF	Lichtwellenleiter mit Multimode-Fasern
NDML	Network Design Markup Language
MWM	Multi Wall Model
NED	Network Description
NS-2	Der Network Simulator
OMNeT++	Objective Modular Network Testbed in C++
OTcl	Object Tool Command language
SDK	Software Development Kit
TCP	Transmission Control Protocol
XML	Extensible Markup Language
UDP	User Datagram Protocol
USV	Unterbrechungsfreie Strom Versorgung
VLAN	Virtual Local Area Network
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network

A.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Netzwerkplanungsprozess.....	5
Abbildung 2.2: Strukturierte Verkabelung.....	9
Abbildung 2.3: Dijkstra Algorithmus.....	10
Abbildung 2.4: Bellmann Ford Algorithmus.....	11
Abbildung 2.5: Algorithmus zur Berechnung der optimalen Kabelführung.....	12
Abbildung 2.6: Anwender - Hotspot – Netz.....	13
Abbildung 2.7: Multi Wall Model.....	15
Abbildung 2.8: Parameter des COST 231 Walfish-Ikegami Model.....	16
Abbildung 2.9: Funktion zur Berechnung der Abschreibung.....	22
Abbildung 2.10: Lageplan FRZ 3.....	24
Abbildung 2.11: Topologie von FRZ 3.....	25
Abbildung 2.12: Tertiärverkabelung.....	28
Abbildung 3.1: Architektur von NS-2.....	30
Abbildung 3.2: OMNeT++ Architektur.....	31
Abbildung 3.3: Psiber Pinger Plus.....	33
Abbildung 3.4: Ekahau Site Survey 2.0.....	34
Abbildung 4.1: ursprüngliche Architektur und Module der Candy Plattform.....	38
Abbildung 4.2: CANDY Framework: Workflow.....	40
Abbildung 4.3: Network-Editor.....	41
Abbildung 4.4: Bill Reporter.....	42
Abbildung 4.5: Ablauf des Programms Trace Router.....	43
Abbildung 4.6: Ablauf des Programms CSF.....	44
Abbildung 5.1: Lageplan des Erdgeschosses.....	48
Abbildung 5.2: Lageplan des 1.Obergeschosses.....	48
Abbildung 5.3: Lageplan des 2. Obergeschosses.....	48
Abbildung 5.4: Lageplan des Kellers.....	49
Abbildung 5.5: Szenario zur Kostenberechnung.....	50
Abbildung 5.6: Szenario zur Simulation.....	51
Abbildung 5.7: Topologie von BUR.....	53
Abbildung 5.8: Sekundärverkabelung.....	55
Abbildung 5.9: Tertiärverkabelung am Beispiel des Erdgeschosses.....	55
Abbildung 5.10: Tertiärverkabelung am Beispiel des 1.Obergeschosses.....	56
Abbildung 5.11: Tertiärverkabelung am Beispiel des 2.Obergeschosses.....	56
Abbildung 5.12: Tertiärverkabelung am Beispiel des Kellers.....	56
Abbildung 5.13: Belegungsplan des Eingangsswitches der Gebäudehauptverteilung	57

Abbildung 5.14: Berechnung der Kabelverlegung mit Trace Router.....	58
Abbildung 5.15: Visualisierung von Dämpfung.....	59
Abbildung 5.16: Visualisierung von Datenrate.....	59
Abbildung 5.17: Visualisierung von Empfangsfeldstärke.....	60
Abbildung 5.18: Ergebnis von Gesamtkosten Berechnung.....	60
Abbildung 6.1: Screenshot der Hauptseite des Praktikums.....	66
Abbildung 6.2: Screenshot der Wissenstestseite des Praktikums.....	67
Abbildung 6.3: Vor dem Anklicken des Buttons „Beginn der Zeitrechnung“.....	67
Abbildung 6.4: Nach dem Anklicken des Buttons „Beginn der Zeitrechnung“.....	68
Abbildung 6.5: Ankreuzen mit falscher.....	68
Abbildung 6.6: Ankreuzen mit richtiger Lösung.....	69
Abbildung 6.7: Nach richtiger Lösung aller Aufgaben.....	70
Abbildung 6.8: Nach Anklicken des Buttons „Noten Berechnen“.....	71
Abbildung 6.9: Nach Anklicken des Buttons „Schicken Sie dem Betreuer Ihre Noten“.....	71
Abbildung 6.10: automatische Schreibung von Mail.....	72
Abbildung 6.11: Durchfall des Tests.....	72
Abbildung 6.12: Screenshot der Aufgabenstellung auf Webseite.....	73

A.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Multi Wall Model Parameter.....	16
Tabelle 2.2: Restriktionen des COST 231 WI Model.....	18
Tabelle 5.1: Parameter von User Area.....	50
Tabelle 5.2: Parameter der Wand.....	50
Tabelle 5.3: Parameter des Szenarios zur Kostenberechnung.....	51

A.4 Literaturverzeichnis

- [Bön06] Philipp Bönisch, *Belegarbeit. Geometrische Analyse und optimierte Kabelführung bei der Rechnernetze-Projektierung Integration vorhandener Projektierungstools in die CANDYI-Umgebung*, TU-Dresden, 2006
- [Fah05] Thomas Fahnert, *Belegarbeit. Analytische Verfahren zur Ermittlung optimaler Standorte von Hotspots. Tu-Dresden, 2005*
- [Fäl03] Wolfgang Fäller, *Belegarbeit. Analytische Verfahren für die Kapazitätsplanung von Rechnernetzen auf Basis der Bedienungstheorie* TU-Dresden, 2003
- [Hel07] Clark Helwig, *Diplomarbeit, Entwicklung eines Framework für CANDY Projekte auf Basis der Eclipse Rich Client Architektur*, TU-Dresden, 2007
- [Hol07] Sven Holstein, *Diplomarbeit. Rechnerverarbeitbare Gebäudemodelle für die Projektierung von Rechnernetzen innerhalb einer RCP-Umgebung*. TU-Dresden, 2007
- [Hoj06] Mark Hoja, *Diplomarbeit, Modelle und Algorithmen zur Konzipierung und Entwicklung von Projektierungstools für WLAN/WiMAX – Funknetze*, TU-Dresden, 2006
- [Grü04] Heinrich Grünwald, *Belegarbeit. Kostenanalyse bei RN - Projektierung auf Basis von NDML*. TU-Dresden, 2004
- [Grü06] Heinrich Grünwald, *Diplomarbeit. Entwicklung eines integrierten Tools zur Projektierung von Rechnernetzen(Ethernet/WLAN) auf einer einheitlichen Programmierplattform*. TU-Dresden, 2006
- [Lun07] Dr.Luntovskyy, *Design Specifics for Wireless Local-Area Networks Part 2, Presentation CeBit2007*
- [Pfe03] Gert Pfeifer, *Belegarbeit. Performancesimulation mit NS-2*. TU-Dresden, 2003

- [Pil07] Yelena Pilipenko, *Bachelor-Arbeit. Neukonzeption und Implementierung des Netzwerkdesigntools CANDY Bill Reporter zur Kostenanalyse unter der Eclipse Rich Client Platform.* TU-Dresden, 2007.
- [Pre06] Sandro Preuß, *Diplomarbeit. CANDY-Site Finder: Tool zur Projektierung von WLAN und WiMAX-Netzen.* Tu-Dresden, 2006
- [PJ00] Christian Pötzsch, Jens Langner, *Virtuelle Lokale Netze (vLAN) Architektur, Funktionalität, Management und Sicherheit, Bewertung, Entwicklungsstand und Trends*, Hochschule für Technik & Wirtschaft Dresden (FH), 2000, <http://www.jens-langner.de/ftp/vlan.pdf>
- [Ste04] Erich Stein, *Taschenbuch Rechnernetze und Internet*, Fachbuchverlag Leipzig, München, 2004
- [Zho05] Feiyue Zhou, *Diplomarbeit. Entwicklung und Optimierung eines graphischen Entwurfssystems für das Rechnernetzprojektierungstool CANDY.* TU-Dresden, 2005
- [Win06] Urich Winkler, *Belegarbeit, Cost Analysis for Computer Networks with XML-DB and Java-Applications – Implementation in the frame of pilot project CANDY*, TU-Dresden, 2006
- [www1] Online_Ressourcen. <http://de.wikipedia.org/wiki/Kostenkategorie>.
- [www2] Algorithmus von Dijkstra.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Dijkstra-Algorithmus>
- [www3] Bellman-Ford-Algorithmus.
http://de.wikipedia.org/wiki/Algorithmus_von_Bellman_und_Ford
- [www4] Optimale Trassenführung bei Ethernet LAN - Trace Router (CaNDel)
<http://141.76.40.14/kb/entry/33/>
- [www5] Bewährte Methoden zur Analyse von Wireless-Installationsorten
<http://www.telekom-praxis.de>
- [www6] Psiber Pinger Plus im Praxistest, Mirko Kulpa, 2004
<http://www.nwlab.net/rev/pinger/index.html>

- [www7] Ekahau Site Survey 2.0 - WLAN-Funkabdeckung visualisieren
<http://www.golem.de/0404/30964.html>
- [www8] OMNeT++ User Manual
<http://www.omnetpp.org/doc/manual/usman.html#sec106>
- [www9] Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Netzlast>

B CD Inhalt

Auf der CD befinden sich vor allem Prototyp des Praktikums und Tools. Das Verzeichnis **Praktikum** beinhaltet die folgenden Verzeichnisse und Inhalt:

- Dokumentation: umfasst Hinweis zur Durchführung des Versuchs, Software-Installationsanleitung, Wissensdokumentationen und CANDY-Dokumentationen.
- Software: umfasst benötigte Software für Praktikum: Candy Bill report-Pilipenko, Candy Network Editor-Zhou, Candy Site Finder-Preuss, Candy Trace Router-S.Holstein, jdk-6u3-windows-i586-p und ns-allinone-2.31.tar.
- Lösung: umfasst alle Lösungen der praktischen Versuche.
- Image: benötigte Bilder für die Implementierung der Webseiten
- Aufgabenstellung: Aufgabenstellung der praktischen Versuchen
- Webseiten: umfasst Hauptseite und Wissensseite des Praktikums

Das Verzeichnis **Software** beinhaltet das Software: Apache HTTP Server.