Schweizerische Fachschule TEKO

Analyse und Vergleich von In-House-Übertragungstechniken

Diplomarbeit

Schweizerische Fachschule TEKO

Verfasser:	Björn Spörri
Studiengang:	Dipl. Techniker HF, Informatik
	O-TIN-20-T-a
Abgabetermin:	23.10.2023

1 Inhaltsverzeichnis

1 Inhaltsverzeichnis 2
2 Management Summary 5
3 Lebenslauf 6
4 Qualifikationsprofil 7
5 Initialisierung 9
5.1 Projektbeschreibung 9
5.1.1 Aufgabenstellung TEKO 9
5.1.2 Zieldefinition 10
5.1.3 Ausgangslage 11
5.1.4 Vorhandene Technologien 12
5.2 Planung 16
5.2.1 Projektstrukturplan 16
5.2.2 Ablaufplanung 19
6 Konzeptionierung 20
6.1 Versuchsaufbau 20
6.1.1 Hardware-Setup 20
6.1.2 Netzwerkkonfiguration 21
6.1.3 Software 21
6.1.4 Masseinheiten 22
6.2 Messung I Ethernet 28
6.2.1 Ausgangslage 28
6.2.2 Erwartung 28
6.2.3 Plan 28
6.3 Dokumentation Messung I 29
6.3.1 Ergebnisse 29
6.3.2 Reaktion 29
6.4 Messung II Powerline 30
6.4.1 Ausgangslage 30
6.4.2 Erwartung 30
6.4.3 Plan 31
6.5 Dokumentation Messung II Powerline 31
6.5.1 Ergebnisse Messung ohne LS 31
6.5.2 Reaktion Messung ohne LS 32
6.5.3 Ergebnisse Messung mit LS 32

6.5.4 Reaktion Messung mit LS ... 33
6.6 Messung III W-LAN ... 33
6.6.1 Ausgangslage ... 33
6.6.2 Erwartung ... 34
6.6.3 Plan ... 35
6.7 Dokumentation Messung III W-LAN ... 36
6.7.1 Ergebnisse Messung ohne räumliche Trennung ... 36
6.7.2 Reaktion Messung ohne räumliche Trennung ... 36
6.7.3 Ergebnisse Messung mit räumlicher Trennung ... 37
6.7.4 Reaktion mit räumlicher Trennung ... 37
6.8 Messung IV POF ... 38
6.8.1 Ausgangslage ... 38
6.8.2 Erwartungen ... 38
6.8.3 Plan ... 39
6.9 Dokumentation Messung IV POF ... 39
6.9.1 Ergebnisse ... 39
6.9.2 Reaktion ... 40
6.10 Kostenvoranschlag Elektroinstallationsfirma ... 41
6.11 Kosten Material ... 41
6.12 Schwierigkeit Installation ... 42
6.13 Lebensdauer ... 43
6.14 Vergleichsmatrix ... 44
6.15 Wirtschaftlichkeit ... 45
7 Realisierung ... 46
7.1 Flyer Konzeption und Layout ... 46
8 Einführung ... 48
8.1 Abschluss ... 48
8.1.1 Projektüberwachung ... 48
8.1.2 Zielerreichung ... 48
8.1.3 Reflexion Weg zum Ziel ... 52
8.1.4 Lessons learnt ... 52
8.1.5 Ausblicke ... 53
8.1.6 Persönliches Schlusswort, Verdankungen ... 53
9 Eigenständigkeitserklärung ... 54
10 Verzeichnisse ... 55
10.1 Bildverzeichnis ... 55
10.2 Tabellenverzeichnis ... 56

10.3 Quellenverzeichnis 57
11 Anhang 58
11.1 Systemaufbau 58
11.2 Projektstatusberichte 60

2 Management Summary

Das Projekt hat das Ziel, eine umfassende Übersicht über verschiedene In-House-Übertragungstechniken zu erstellen und den Eigentümern der Installation eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu bieten. Das Projekt wird im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt und von der TM Concept AG unterstützt.

Das Fehlen einer klaren Übersicht über die verschiedenen In-House-Übertragungstechniken und ihre Vor- und Nachteile kann zu Unsicherheiten und Fehlentscheidungen führen. Dieses Projekt zielt darauf ab, diese Informationslücke zu schliessen und den Eigentümern der Installation eine verständliche Darstellung der Technologien sowie relevante Informationen zu Kosten, Übertragungsqualität, Installationsaufwand und Lebensdauer bereitzustellen.

Darüber hinaus wird durch Messungen Daten zur Übertragungsqualität gesammelt. Dies ermöglicht es den Eigentümern, die tatsächliche Leistung und Zuverlässigkeit der Technologien besser zu verstehen.

Es werden die folgenden gängigen Technologien behandelt:

- Ethernet
- Wi-Fi (WLAN)
- Powerline
- POF (Polymer optische Faser)

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Arbeit werden nicht nur den Eigentümern von In-House-Installationen zugutekommen, sondern bilden auch eine solide Grundlage für weitere Forschungen und Studien im Bereich der In-House-Übertragungstechniken.

3 Lebenslauf

Björn Spörri

TÄTIGKEITEN

September 2020 – Heute **Aussendienstmitarbeiter**

Firma TM Concept AG, Aarau

Machbarkeitsanalysen der FTTS, FTTB, FTTH Standorte Schweiz.

September 2019 – September 2020 **Techniker / StV. Bauleiter**

Firma TM Concept AG, Aarau

Planung und Wartung von Bankomaten Software

April 2016 – September 2019 **Service Techniker Telematik**

Firma Network 41 AG, Liestal

Techniker im CFS (customer field service) für Swisscom AG

April 2015 – April 2016 Militärdienst

Rekrutenschule Richtstrahlpionier / Abverdienen als Gruppenführer

April 2011 – April 2015 Elektroinstallateur EFZ mit Abschluss

Firma BirsCom GmbH, Binningen

Lehre

September 2010 – März 2011 **Allg. Gewerbeschule Basel (AGB)**

Vorkurs Elektriker

INTERESSEN & HOBBYS

Schwimmen im Verein

Gitarre (Klassisch/Spanisch)

Basler Fasnacht Tambour

KONTAKT

Björn Spörri

ÜBER MICH

Geboren 30.01.1995

Nationalität: Schweiz/Schweden

Aus Figino Lugano TI

AUSBILDUNG

Elektroinstallateur EFZ

SPRACHEN

Deutsch

Schwedisch

Italienisch

Französisch

Englisch

4 Qualifikationsprofil

Dipl. Techniker HF Informatik
Fachrichtung Systemtechnik

Menschen führen Prozess 1	Als Projektleiter Stv. hatte ich die Aufgabe, unsere Techniker terminlich und fachtechnisch zu leiten. In meiner jetzigen Funktion übernahm ich die Einführung und Ausbildung von neuen Mitarbeitern. Auch als Gruppenführer der Schweizer Armee habe ich gelernt, Menschen in einem intensiven Umfeld zu führen.
Entscheidungen fällen Prozess 2	Als Ersteller von Machbarkeitsanalysen musste ich täglich Entscheidungen fällen, die sowohl den Eigentümern als auch dem Baudienst, der die Installation umsetzt, entsprechen, unter der In-Betracht-Ziehung aller Einflüsse.
Projekte planen und leiten Prozess 3	Zusammen mit meinen Vorgesetzten und meinem Team habe ich das Projekt ATM Futura erfolgreich abgeschlossen. Das Ziel des Projekts war ein Grossteil der schweizerischen Bankomaten auf den neusten technologischen Stand zu bringen.
Sich sprachlich verständigen Prozess 4	In meinem Arbeitsalltag habe ich komplexere technische Vorgänge dem Kunden verständlich erläutert und Fragen geklärt. Dabei habe ich von den allen fünf Sprachen, die mir zur Verfügung stehen, Gebrauch gemacht.
Wirkungsvoll präsentieren und kommunizieren Prozess 5	Während der Unteroffiziersschule durfte ich von der tiefgehenden Ausbildung im Bereich Präsentationstechnik profitieren. Vor allem das wiederholte Präsentieren von verschiedenen Themen vor vielen (meist müden) Kameraden und Rekruten half mir massgeblich beim Erwerb von Präsentationsgeschick.
Geschäftsziele erreichen Prozess 7	Ich habe massgeblich zur Erreichung der Geschäftsziele beigetragen, indem ich meine persönlichen Qualitäts- und Quantitätsziele bei der Erstellung von Machbarkeitsberichten eingehalten und übertroffen habe.
Sich persönlich weiter entwickeln Prozess 10	Ständige Veränderungen im Geschäftsumfeld erforderten Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Die Umstellung auf ein anderes Bearbeitungssystem wurde von mir durch ein autodidaktisches Studium der Technologie rasch gemeistert.

Systems Engineering Prozess 11	Während meines Studiums hatte ich die Gelegenheit, gemeinsam mit meinen Studienkollegen ein cloudbasiertes Speichersystem zu erstellen unter Verwendung der Nextcloud-Plattform. Dieses Projekt erforderte eine umfassende Herangehensweise an den gesamten Systemprozess und bot mir die Möglichkeit, vielfältige Aspekte des Systems Engineering zu nutzen.
Spezifische Hardware Programmieren Prozess 20	Im Rahmen des Schulprojekts zur Entwicklung einer Arduino-Steuerung habe ich eine Tiefgaragenzugangsschranke mit RFID-Technologie, Signalisierung und Bewegungsmelder erstellt
Applikationen entwickeln, Programme erstellen und testen Prozess 16	Beim Projekt im Fach Programmieren habe ich eine Konsolenanwendung mit der Go-Sprache realisiert, bei der grafische Darstellungen von Gitarrengriffen ausgegeben werden.

5 Initialisierung

5.1 Projektbeschreibung

5.1.1 Aufgabenstellung TEKO

Mit der Diplomarbeit werden Sie das während dem gesamten Studium aufgebaute Grundlagenwissen an einer praxisorientierten Aufgabe in Ihrer Studienrichtung anwenden und vertiefen. Dabei geht es für Sie im Wesentlichen um die konsequente Zielorientierung, die Anwendung der Phasen des Projektmanagements sowie die konsequente Umsetzung von definierten Rahmenbedingungen.

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten wurden Sie eingehend über diese Rahmenbedingungen sowie die Durchführung der Diplomarbeit informiert. Bei der Realisierung der Diplomarbeit müssen Sie nun den folgenden Punkten besondere Beachtung schenken:

- Die einzelnen Schritte, welche als Summe zum Ergebnis geführt haben, müssen beschrieben sein.
- Wurden im Rahmen der Lösungsfindung verschiedene Varianten entworfen und geprüft, muss die Evaluation der gewählten Variante mittels einer dazu geeigneten Methode dokumentiert und begründet sein.
- Bei der Dokumentation der Diplomarbeit ist auf einen logischen Aufbau, eine saubere Gliederung sowie auf gute Verständlichkeit zu achten. Details sind in den Richtlinien zur Diplomarbeit beschrieben.
- Der Value-add (Mehrwert) des Ergebnisses für den Auftraggeber muss aus der Dokumentation klar erkennbar und nachvollziehbar sein.
- Für die optimale Begleitung muss dem Diplomlehrer ein wöchentlicher Statusbericht (gemässe Vorlage Extranet TEKO) zugestellt werden. Dies ermöglicht dem Diplomlehrer den Verlauf unmittelbar mitverfolgen und bei Bedarf gezielt reagieren zu können.
- Der Fachexperte muss die Diplomarbeit gemäss den Kriterien auf dem durch den Diplomlehrer abgegebenen Bewertungsformular beurteilen. Der Fachexperte sendet das Formular bis spätestens eine Woche nach Abgabe der Diplomarbeit an den Diplomlehrer.
- Die Präsentation der Diplomarbeit muss so ausgestaltet sein, dass eine aussenstehende, fachunabhängige Person innerhalb von 15 Minuten die folgenden Punkte erkennen und bewerten kann:
  - Auftrag sowie Sinn und Zweck
  - Endergebnisse und Erfolgskriterien
  - besondere Herausforderungen auf dem Weg zum Ziel inkl. gewählte Lösungsansätze mit Begründung, jedoch ohne sich in Details zu verlieren
  - Demo des Produktes, Prototyps etc.
  - Reflexion: Zielerreichung, Weg zum Ziel, lessons learnt
- Im Anschluss an die Präsentation des Ergebnisses muss innerhalb von 5 Minuten die Onlinepublikation der Diplomarbeit vorgestellt werden. Die Onlinepublikation wird bewertet und muss so ausgestaltet sein, dass Aussenstehende in einer attraktiven, kreativen und leicht verständlichen Form sich über die erarbeitete Diplomarbeit informieren können.

Die Begleitung und die Bewertung der Diplomarbeit durch den Diplomlehrer richten sich konsequent nach dem vom Auftraggeber genehmigten und unterzeichneten Pflichtenheft, den im Dokument "Auftrag zur Konkretisierung des Themas für die Diplomarbeit" definierten Rahmenbedingungen sowie dem im Extranet verfügbaren Beurteilungsraster.

5.1.2 Zieldefinition

5.1.2.1 Muss Ziele:

1. Flyer erstellt: Der Flyer wurde erfolgreich erstellt und enthält eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen In-House-Übertragungstechniken wie Ethernet, Wi-Fi, Powerline und POF, sowie deren jeweilige Vor- und Nachteile. Die Informationen zu Kosten, Übertragungsqualität, Installationsaufwand und Lebensdauer der Technologien sind darin vollständig enthalten. Die Übersicht ist besonders für Laien verständlich, um den Eigentümern die Möglichkeit zu geben, informierte Entscheidungen bei der Auswahl der geeigneten Technologie für ihre In-House-Installation zu treffen.

   Endergebnis: Abgabe einer physischen Kopie eines Flyers.

2. Messungen durchgeführt: Es wurden Messungen zur Übertragungsqualität für jede Übertragungsart erfolgreich durchgeführt. Ein Versuchsaufbau wurde für jede Technologie erstellt, wobei jeder Aufbau eine gleiche, bestimmte Länge aufwies und die Einbindung eines Endgeräts in das LAN ermöglichte. Bei der Überprüfung der Wi-Fi-Übertragungsart wurde eine räumliche Trennung berücksichtigt, während bei Powerline-Tests verschiedene Stromkreise verwendet wurden. Für Powerline wurden die Tests unter Berücksichtigung der Länge der Niederspannungsinstallation durchgeführt.

   Endergebnis: Alle Messergebnisse liegen in der Dokumentation vor.

3. Dokumentation erstellt: Die Ergebnisse und Erklärungen wurden ausführlich dokumentiert und aufgezeigt, wie sie erarbeitet wurden. Die Dokumentation bietet eine klare und verständliche Darstellung der Vorgehensweise und der gesammelten Daten.

   Endergebnis: Abgabe Diplomarbeit
   - 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEKO-Sekretariat
   - 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomlehrer
   - 1 Exemplar (gebunden im Format A4) an Diplomlehrer (sofern von ihm verlangt)

4. Zeitaufwand reduziert: Durch die Abgabe des Flyers wurde der Zeitaufwand für die Erklärung gänzlich eliminiert. Die Eigentümer können nun direkt auf den Flyer zugreifen, um die benötigten Informationen über die verschiedenen Übertragungstechniken und deren Eigenschaften zu erhalten, ohne dass eine zusätzliche mündliche Erklärung erforderlich ist.

   Endergebnis: Absenz von Folgefragen nach Abgabe von Flyer.

5.1.2.2 Kann Ziele:

1. Grundlage geschaffen: Durch das Zusammenstellen und Analysieren relevanter Informationen wurden die grundlegenden Arbeiten für weitere Forschungen und Studien im Bereich der In-House-Übertragungstechniken erfolgreich abgeschlossen. Die gesammelten Daten bieten eine solide Grundlage für zukünftige Erkenntnisse und Untersuchungen in diesem Bereich.

   Endergebnis: Eine umfangreiche und qualitativ hochwertige Dokumentation wurde erarbeitet und abgegeben.

2. Methodik etabliert: Es wurde ermöglicht, dass weitere In-House-Übertragungstechniken mithilfe derselben Methodik getestet werden können. Die entwickelte Testmethode ist reproduzierbar und ermöglicht Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Technologien. Somit stehen Forschern und Interessierten klare Richtlinien zur Verfügung, um ähnliche Untersuchungen durchzuführen und die Ergebnisse in Bezug auf die verschiedenen Übertragungstechniken zu vergleichen.

   Endergebnis: Eine klare Vorlage für weitere Tests wurde produziert.

5.1.3 Ausgangslage

Ich arbeite seit rund drei Jahren bei der TMConcept AG im Bereich national Rollout im Aussendienst. Wir stellen die Machbarkeit von Neu- und Umbauten von Netzinfrastrukturen vor Ort sicher. Wir erstellen Dokumentationen, die als Grundlage für die planerische, vertragliche und bauliche Weiterbearbeitung dienen und sind zudem Ansprechpartner für Eigentümer und Auftraggeber.

Im Arbeitsalltag werde ich häufig von den Eigentümern gefragt, wie die Inhouse-Installation (vom Router zu den Endgeräten) realisiert werden soll. Besonders bei der Umstellung von einem Anbieter, der über Koaxialleitungen verfügt, auf Glasfaser entsteht das Problem, wie die Geräte in das LAN-Netzwerk eingebunden werden sollen. Oft befinden sich die Geräte auf verschiedenen Stockwerken oder in anderen Räumen als der Router.

Besonders im Fall von Fernsehern wurden diese bisher direkt über die Fernsehbuchse angeschlossen. Mit dem Wechsel auf ein Glasfaseranbieter werden die Fernseher jedoch über eine Setup Box mit Ethernet-Anschluss versorgt. Die Erklärung dieses Prozesses nimmt viel Zeit in Anspruch. Daher möchte ich mit der Erstellung eines Flyers einerseits dem Unternehmen Zeit sparen und andererseits dem Eigentümer ein gezieltes und fundiertes Dokument zur Verfügung stellen, dass ihm eine solide Grundlage für die Entscheidungsfindung bietet.

5.1.4 Vorhandene Technologien

5.1.4.1 Ethernet

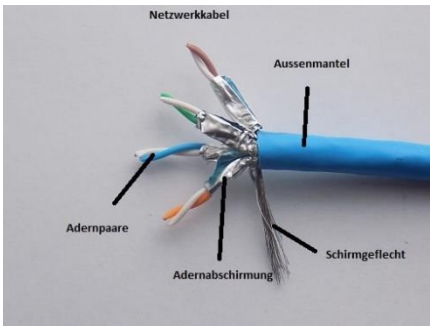


Abbildung 2 Ethernet Kabel Quelle

Die State-of-the-Art-Technologie.

Alle anderen Technologien messen sich an der Leistung und Robustheit von Ethernet. Ich behaupte hier, die Existenz anderer Technologien (im Bereich inhouse) rechtfertigt lediglich den hohen Aufwand der Installation.

Ethernet ist eine weit verbreitete kabelgebundene Netzwerktechnologie, die für zuverlässige und schnelle Datenübertragung in lokalen Netzwerken (LANs) verwendet wird. Sie basiert auf Twisted-Pair-Kabeln, die Daten in Form von elektrischen Signalen übertragen. Ethernet bietet hohe Geschwindigkeiten, geringe Latenz[1] und ist ideal für Desktop-Computer und Server in Unternehmensumgebungen.

Ethernet kann in verschiedenen Netzwerktopologien implementiert werden, darunter Stern- und Bus-Topologien. In den meisten modernen Netzwerken wird jedoch die Stern-Topologie verwendet, bei der alle Geräte mit einem zentralen Netzwerkswitch verbunden sind.

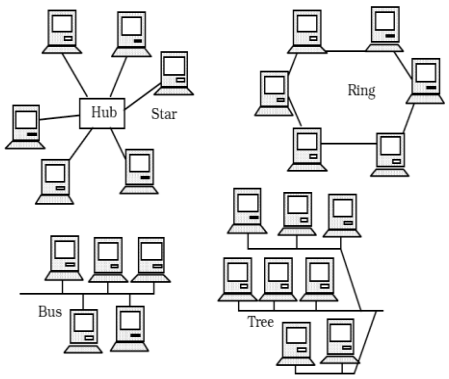


Abbildung 3 Topologien Quelle

Ethernet kann verschiedene Übertragungsgeschwindigkeiten bieten, darunter 10 Mbps (Megabit pro Sekunde), 100 Mbps, 1 Gbps (Gigabit pro Sekunde) und 10 Gbps, abhängig von der verwendeten Hardware und den Kabeln.

3

Ethernet	Bandbreite[2]	Länge
Cat 6	1 Gbps/s	Bis 100m (Cat a)
Cat 7	10 Gbit/s	Bis 100m
Cat 8	10 Gbit/s	Bis 30m

Tabelle 1 Ethernet Bandbreiten

[1] LatenzMasseinheiten
[2] Bandbreite
[3]

5.1.4.2 Wi-Fi (WLAN)

Wi-Fi, oder drahtloses LAN (WLAN), ermöglicht die kabellose Verbindung von Geräten über Funkwellen. Diese Technologie bietet hohe Mobilität und Flexibilität, da sie keine physischen Kabel erfordert. Wi-Fi wird häufig in Heimnetzwerken, Büros und öffentlichen Bereichen eingesetzt. Es ist wichtig zu beachten, dass die Reichweite und Übertragungsgeschwindigkeit von Wi-Fi von verschiedenen Faktoren wie Router Qualität und Umgebung beeinflusst werden.

Abbildung 4 W-Lan Verbindungskit Quelle

Besonders in Neubauten werden die Funkwellen der WLAN-Geräte durch die mit Armierungseisen verstärkten Betonwände begrenzt, da die Wellen die Wände und Böden nicht, oder nur schwierig durchdringen können.

WLAN verwendet Frequenzen im Gigahertz-Bereich, typischerweise 2,4 GHz oder 5 GHz.

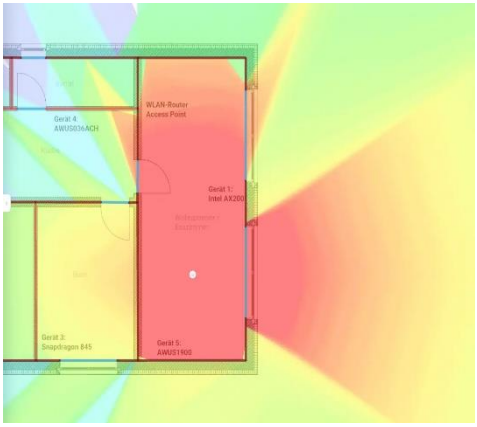


Abbildung 5 Beispiel Wellenausbreitung Quelle

Es gibt verschiedene WLAN-Standards, wie z. B. IEEE 802.11n, 802.11ac und 802.11ax, die unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Funktionen bieten.

Der häufigste WLAN-Standard in privaten Haushalten und Unternehmen ist der IEEE 802.11ac-Standard, der oft einfach als "Wi-Fi 5" bezeichnet wird.

[4]

W-Lan	Bandbreite
	1 Gbps/s

Tabelle 2 Bandbreite W-Lan

[4]

5.1.4.3 Powerline

Abbildung 6 Powerline Quelle

Powerline-Technologie nutzt das vorhandene elektrische Stromnetz eines Gebäudes, um Daten zu übertragen. Dabei werden Daten in Hochfrequenzsignale umgewandelt und über die Stromleitungen gesendet. Powerline eignet sich gut für die Vernetzung von Geräten in verschiedenen Räumen.

Zu beachten ist, dass die Powerline-Verbindung zwischen verschiedenen Stromkreisen in einem Gebäude durch verschiedene Faktoren beeinträchtigt werden, darunter Leistungsschutzschalter oder andere Komponenten des elektrischen Systems.

Die Powerline-Adapter[5] modulieren die Daten auf das elektrische Signal, das über die Stromleitung übertragen wird. Dies geschieht in einem für den elektrischen Betrieb sicheren Frequenzbereich, normalerweise oberhalb der Frequenzen, die für Haushaltsgeräte und Beleuchtung verwendet werden.

Leistungsschutzschalter (LS) sind Schutzeinrichtungen, die in elektrischen Systemen eingesetzt werden, um Stromkreise bei Überlast oder Kurzschlüssen abzuschalten. Diese Schutzvorrichtungen können die Powerline-Signale abschwächen oder blockieren[6], da sie dazu neigen, Hochfrequenzsignale zu dämpfen. Leitungsschutzschalter und andere Schutzkomponenten können jedoch, wie Tiefpassfilter wirken.

Ein Tiefpassfilter lässt nur Frequenzen unterhalb eines bestimmten Grenzwertes durch und blockiert oder dämpft höhere Frequenzen. Powerline nutzt oft höhere Frequenzen, um Daten über die Stromleitungen zu senden. Wenn der LS wie ein Tiefpassfilter wirkt, kann er diese höheren Frequenzen dämpfen und dadurch die Datenrate der Powerline-Verbindung reduzieren oder sogar die Verbindung ganz blockieren.

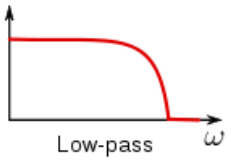


Abbildung 7 Teifpassfilter Quelle

Am besten werden die Adapter innerhalb der gleichen Sicherungsgruppe installiert, damit das Signal nicht eine Sicherung (LS) passieren muss.

Elektrische Störungen und lange Entfernungen zwischen den Powerline-Adaptern können ebenfalls die Qualität der Verbindung beeinträchtigen. Störungen können von elektrischen Geräten, Beleuchtung oder anderen elektrischen Aktivitäten im Haus verursacht werden.

Powerline	Bandbreite
	2 Gbps/s

[7]

Tabelle 3 Powerline Bandbreite

[5]
[6]
[7]

5.1.4.4 POF (Plastic Optical Fiber)

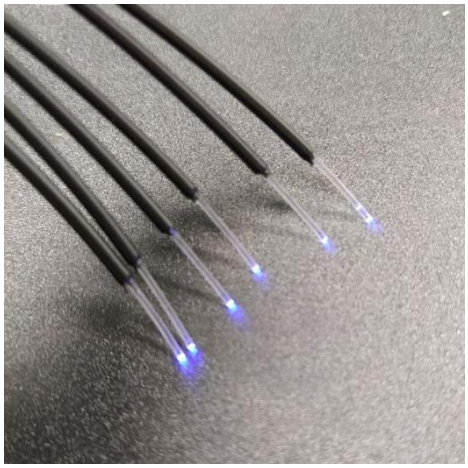


Abbildung 8 POF-Kabel Quelle

POF [8]steht für "Plastic Optical Fiber oder Polymer Optische Faser" (Kunststoff-Lichtwellenleiter) und ist eine Art von optischem Kommunikationsmedium.

POF ist ein Lichtwellenleiter, der aus transparentem Kunststoff besteht, normalerweise aus PMMA (Polymethylmethacrylat). Im Gegensatz zu Glasfasern, die aus Glas bestehen, sind POFs aus Kunststoff, was sie flexibler und kostengünstiger macht.

Die Datenübertragung in POF erfolgt durch die interne Reflexion von Licht innerhalb des Kunststoffkerns. Das Licht wird an den Grenzflächen zwischen dem Kern und der Ummantelung des Lichtwellenleiters reflektiert, was die Übertragung von optischen Signalen ermöglicht.

POF ist einfacher zu handhaben und zu installieren als Glasfaser und kann für Anwendungen mit begrenzten Übertragungsdistanzen geeignet sein.

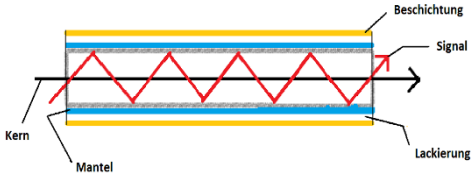


Abbildung 9 LWL-Aufbau Quelle

Allerdings hat POF im Vergleich zu Glasfasern eine geringere Bandbreite und kann daher für Hochgeschwindigkeitsanwendungen weniger geeignet sein. Dennoch ist POF eine kostengünstige Option, für bestimmte Anwendungen, insbesondere wenn die Übertragungsdistanzen begrenzt sind und eine einfache Installation erforderlich ist.

[9]

POF-Kabel	Bandbreite	Länge
	1 Gbps/s	Bis 50m
	100 Mbit/s	Bis 80m

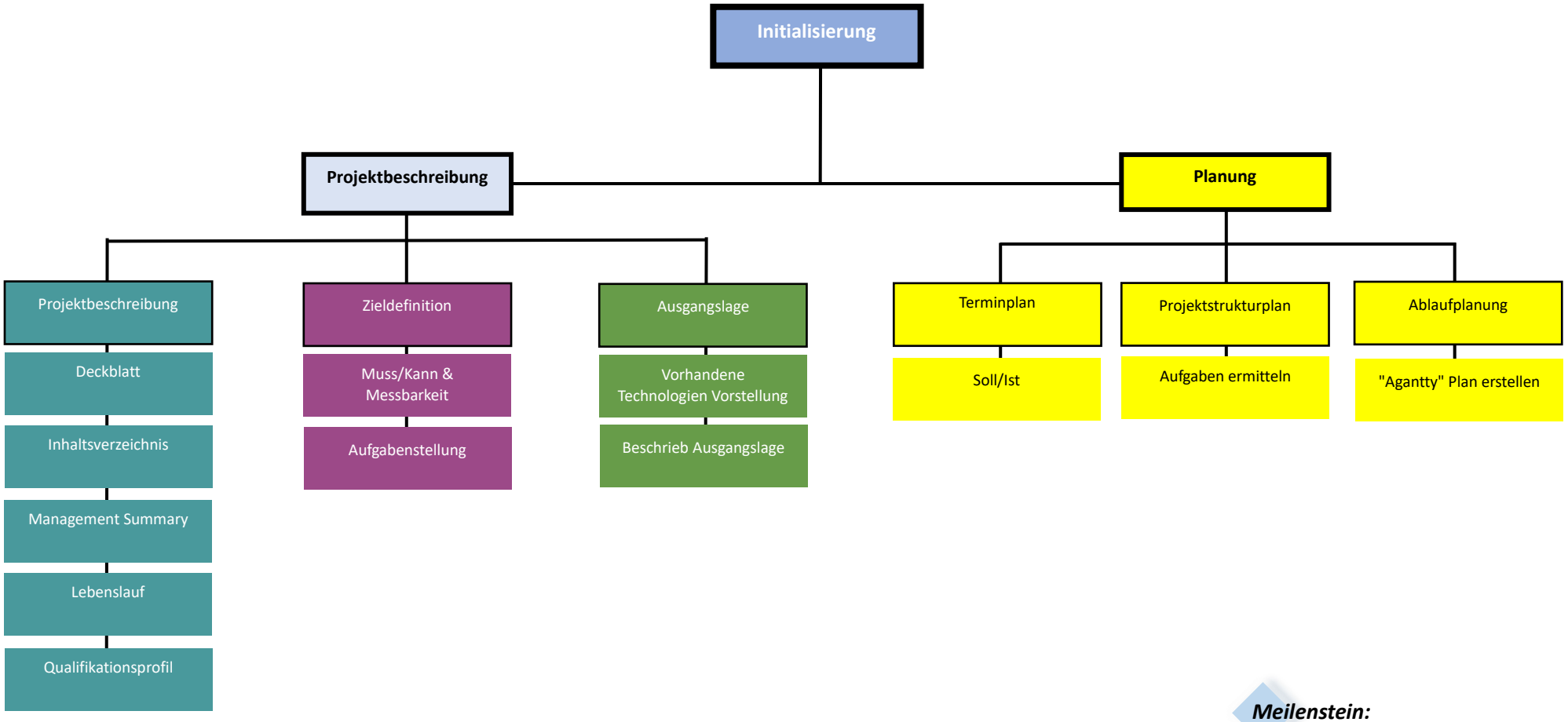
Tabelle 4 Bandbreite POF-Kabel

[8]

[9]

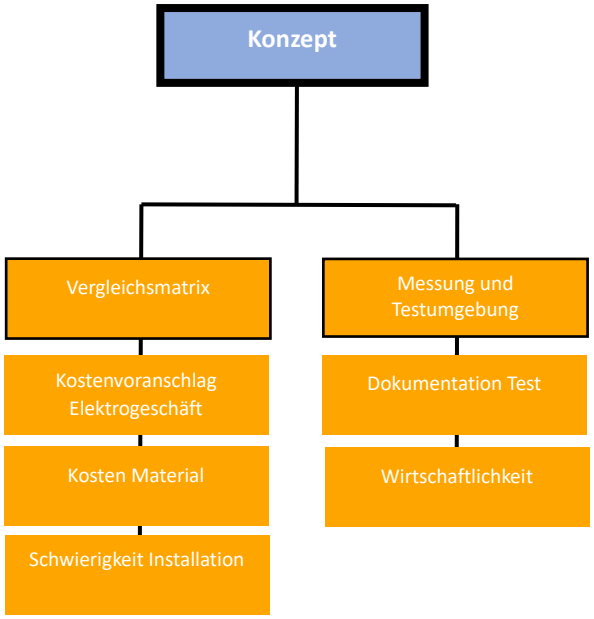
5.2 Planung

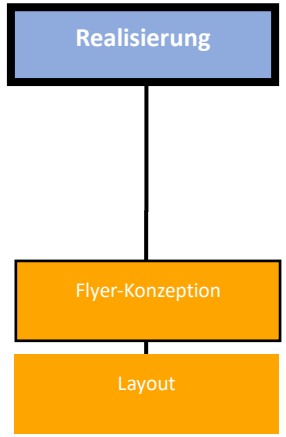
5.2.1 Projektstrukturplan



Meilenstein:

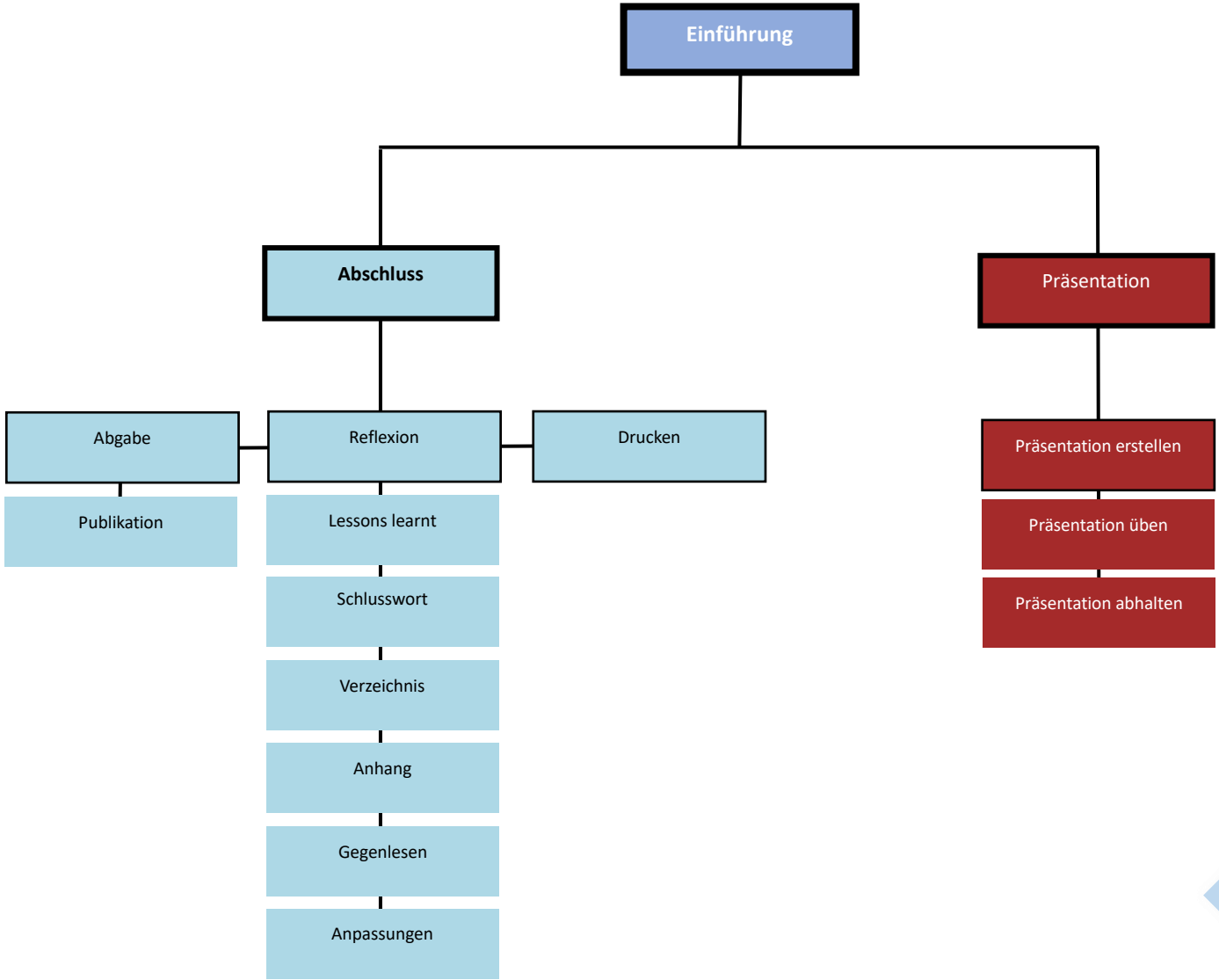
Abschluss Initialisierung





Meilenstein:

Messungen abgeschlossen



Meilenstein:

Überprüfung abgeschlossen

5.2.2 Ablaufplanung

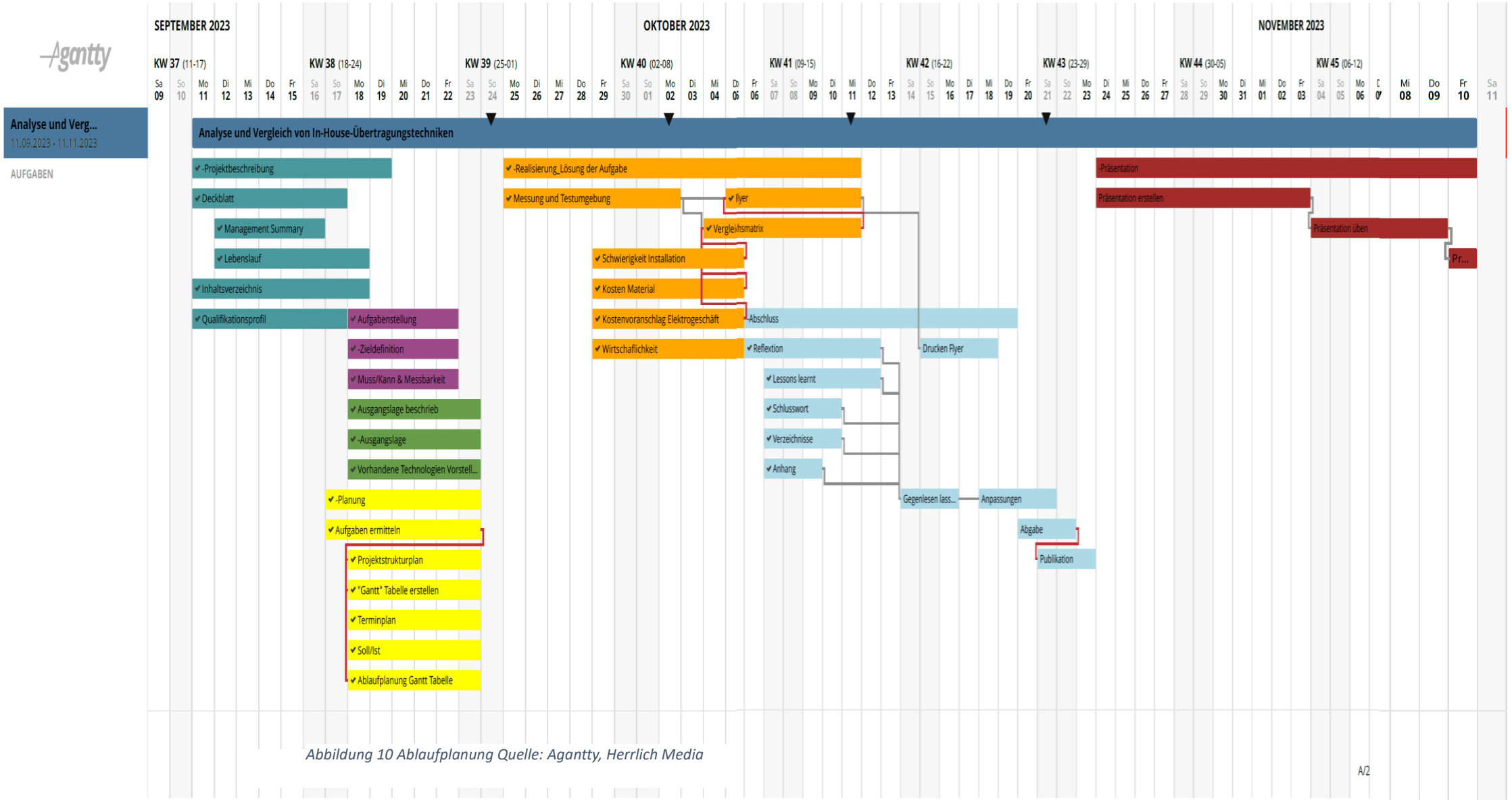


Abbildung 10 Ablaufplanung Quelle: Agantty, Herrlich Media

6 Konzeptionierung

6.1 Versuchsaufbau

6.1.1 Hardware-Setup

Hardware	Länge/Anzahl
Ethernet Kabel Cat 6	6m / 3×
Ethernet Kabel Cat 6	22m
Kabel Td 3 x 1.5 mm² LNPE	10m
POF-Kabel	10m
WLAN-Box	1×
POF-Converter	2×
Powerline Converter	2×
Gerät	**Kürzel**
Router (mit integriertem switch)	R
Server	S
Client	C

Tabelle 5 Hardware-Setup Messungen

Server:

Prozessor Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60GHz 3.60 GHz

Systemtyp 64-Bit-Betriebssystem, x64-basierter Prozessor

Verbindungsgeschwindigkeit (Empfang/Übertragung): 1000/1000 (Mbps)

IPv4-Adresse: 192.168.1.106

Client:

Prozessor Intel(R) Core(TM) i5-1035G4 CPU @ 1.10GHz 1.50 GHz

Systemtyp 64-Bit-Betriebssystem, x64-basierter Prozessor

Verbindungsgeschwindigkeit (Empfang/Übertragung): 1000/1000 (Mbps)

IPv4-Adresse: 192.168.1.115

Router:

Integrierter Switch: (Empfang/Übertragung): 1000/1000 (Mbps)

IPv4-Adresse: 192.168.1.1

6.1.2 Netzwerkkonfiguration

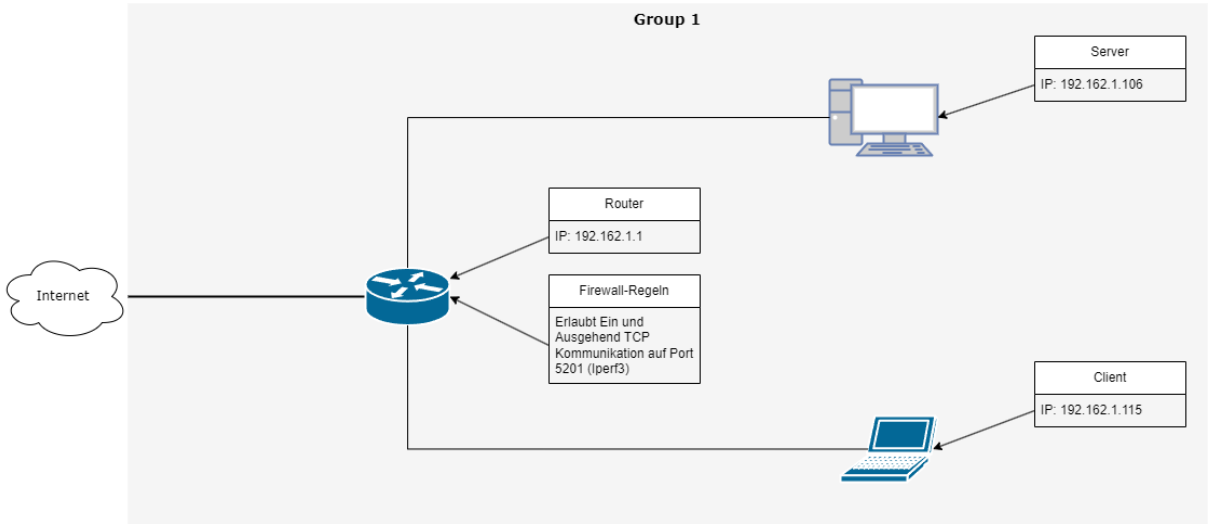


Abbildung 11 Netzwerkplan Quelle: Diagrams.net JGraph Ltd

6.1.3 Software

6.1.3.1 iPerf

iPerf[10] wurde als eine der Hauptsoftwarelösungen für die Bandbreitenmessung ausgewählt. Diese Entscheidung basiert auf mehreren Faktoren. iPerf ist eine etablierte und weit verbreitete Open-Source-Software, die in der Netzwerkgemeinschaft anerkannt ist. Diese breite Akzeptanz verleiht ihr Glaubwürdigkeit und Zuverlässigkeit.

Zweitens bietet iPerf eine umfassende Palette von Funktionen zur Messung der Netzwerkbandbreite. Es ermöglicht die genaue Bestimmung der Datenübertragungsrate zwischen Server und Client. Die Konfiguration und Durchführung von Tests mit iPerf sind vergleichsweise einfach und bieten dennoch eine detaillierte Analyse der Netzwerkleistung. Dies ist besonders wichtig, wenn es darum geht, die Bandbreite in einer spezifischen Netzwerkinfrastruktur, wie in Ihrem Testaufbau, zu bewerten.

iPerf ist eine Konsolenanwendung, die standartmässig auf dem Port 5201 läuft. Die gängigsten Befehle sind:

-s, --server run in server mode

-c, --client <host> run in client mode, connecting to <host>

-t, --time # time in seconds to transmit for (default 10 secs)

[10]

6.1.3.2 packetlosstest.com

Im Netz bin ich auf diese Lösung gestossen. Sie wurde von Matthew Miner entwickelt.

Anbei die Übersetzung seines Kommentars:

«Diese Website wurde von mir, Matthew Miner, im März/April 2019 erstellt. Meine Familie hatte Probleme mit Paketverlust, daher wollte ich einen einfacheren Weg für sie schaffen, Paketverlust zu testen. Ausserdem dachte ich, dass es unmöglich wäre, dies im Browser zu testen (was auch der Fall war), bis ich von der neuen WebRTC-Technologie erfuhr. Dies ermöglichte es mir, einen Paketverlust-Test in JavaScript zu implementieren, ohne zu viel Aufwand betreiben zu müssen.»[11]

Diese Online-Dienstleistung bietet eine einfache und praktische Möglichkeit, den Packet Loss[12] zu überprüfen, indem sie Pakete über das Internet sendet und den Verlust sowie die Latenzzeit misst. Die Entscheidung für diesen Dienst basierte auf die Benutzerfreundlichkeit und der Verfügbarkeit ohne die Notwendigkeit der Installation von zusätzlicher Software.

Zusammenfassend ermöglicht die Kombination von iPerf und packetlosstest.com eine umfassende Netzwerküberwachung und -bewertung. Dies bietet eine solide Grundlage für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der verwendeten Netzwerktechnologien und -konfigurationen in meinem Testaufbau. Die Auswahl beider Tools trägt dazu bei, genauere und zuverlässigere Ergebnisse zu erzielen.

6.1.4 Masseinheiten

6.1.4.1 Bandbreite

Der Begriff "Bandbreite" stammt ursprünglich aus der Physik und Signaltechnik und beschreibt die Frequenzspanne, die zur Signalübertragung genutzt wird. In der IT und Kommunikation bezeichnet "Bandbreite" oft die maximale Datenübertragungsrate eines Systems («Übertragungsgeschwindigkeit»), gemessen in Bit pro Sekunde oder dessen Vielfachen.

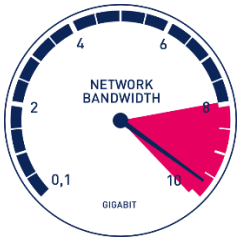


Abbildung 12 Bandbreite Quelle

[11]

[12] Paketverlust

6.1.4.2 Datenmenge

Datenmenge bezeichnet im Kontext der Datenübertragungsmessung die gesamte Menge an Informationen, die über ein Netzwerk oder einen anderen Kommunikationskanal übertragen werden, kann. Sie wird in der Regel in Bit, Byte oder deren Vielfachen (z.B. Kilobyte, Megabyte, Gigabyte usw.) angegeben. In Bezug auf Datenübertragungsraten, wie sie mit der Bandbreite assoziiert sind, beschreibt die Datenmenge, wie viel Daten in einem bestimmten Zeitraum effektiv übertragen werden können. Beispielsweise bedeutet eine Übertragungsrate von 5 Megabit pro Sekunde, dass in einer Sekunde eine Datenmenge von 5 Megabit übertragen werden kann. In meinem Messaufbau bezieht sich die Datenmenge auf die Menge der Daten übertragen in 30 Sekunden.

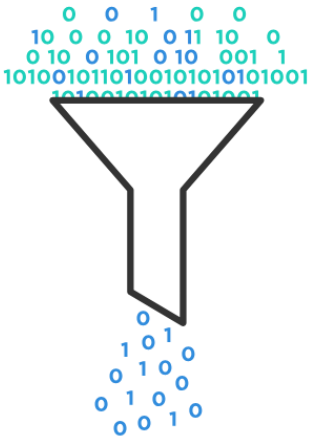


Abbildung 13 Datenmenge Quelle

6.1.4.3 Paketverlust

Packet Loss beschreibt den Verlust einzelner oder mehrerer Datenpakete während einer paketbasierten Datenübertragung.

Dieser Verlust kann auf Überlastungen, Signalfehlern, Routingfehlern, fehlerhafter Hardware, Ausfällen in Netzkomponenten, Störungen wie elektromagnetischer Strahlung, Software- und Protokollfehlern sowie anderen Problemen basieren.

Die Folgen von Packet Loss variieren je nach Anwendung und verwendetem Protokoll. In einigen Fällen, wie bei Videoübertragungen oder VoIP-Telefonaten, kann der Paketverlust minimale Störungen verursachen, z. B. kurzes Knacken oder Stocken. Bei anderen Anwendungen kann ein einzelnes verlorenes Paket jedoch zum vollständigen Abbruch der Verbindung führen.

Es gibt Protokolle, insbesondere das Transmission Control Protocol (TCP), die Packet Loss erkennen und Gegenmassnahmen ergreifen können, indem sie beispielsweise die erneute Übertragung von verlorenen Paketen anfordern.

In IP-Netzen lässt sich der Paketverlust z.B. mit Ping messen.

Packet Loss ist neben anderen Faktoren wie Bandbreite und Laufzeitverzögerung ein Indikator für die Quality of Service (QoS) von Daten- und Kommunikationsnetzen.

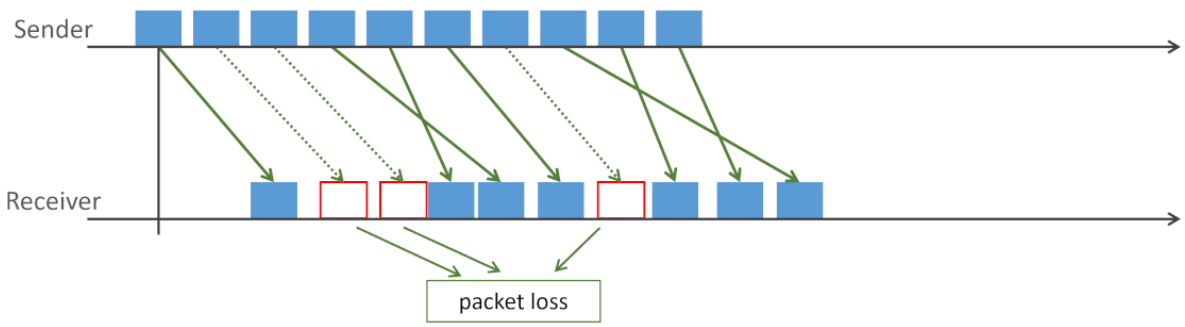


Abbildung 14 packet loss Quelle

6.1.4.4 Latenz

Latenz bezieht sich auf die Verzögerungszeit, die benötigt wird, um eine Information oder ein Datenpaket von seiner Quelle bis zum Ziel zu übertragen.

Die Gesamtlatenz einer Datenübertragung setzt sich aus mehreren Verzögerungszeiten zusammen, einschliesslich der Laufzeit von Signalen auf dem Übertragungsmedium, der Verarbeitung der Datenpakete durch Netzkomponenten, Warteschlangen durch Netzwerkstaus, und Eigenschaften des Übertragungsprotokolls.

Die Latenz ist neben Bandbreite und Fehlerrate ein Schlüsselkriterium für die Qualität einer Datenübertragung oder Netzwerkverbindung. Anwendungen wie Sprachkommunikation, Online-Gaming und autonomes Fahren erfordern besonders niedrige Latenzzeiten.

Mit der Einführung von 5G-Mobilfunknetzen sind besonders niedrige Latenzzeiten im Bereich von einer Millisekunde oder weniger notwendig, um Echtzeitanwendungen wie Industrie 4.0 und autonomes Fahren zu unterstützen.

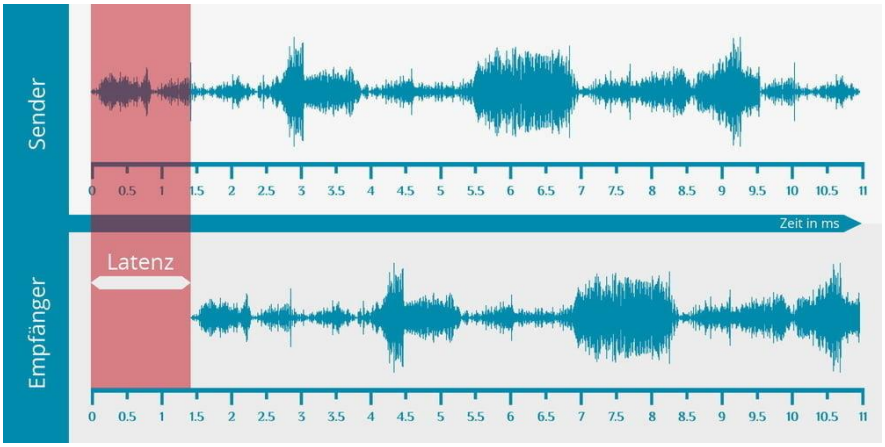


Abbildung 15 Latenz Quelle

6.1.4.5 Jitter

Jitter bedeutet, dass Signale oder Daten manchmal unregelmässig oder mit Verzögerungen übertragen werden. Bei digitalen Signalen, wie Musik oder Videos, kann das zu Störungen führen. Im Internet kann es bedeuten, dass Daten zu spät ankommen, was bei Anrufen oder Videochats Probleme verursacht. Es gibt verschiedene Gründe für Jitter, wie schlechte Kabel oder zu viel Verkehr im Netzwerk. Um das Problem zu beheben, gibt es spezielle Tools, die die Daten kurz speichern und dann geordnet weiterleiten. Dies hilft besonders bei Telefonaten über das Internet.

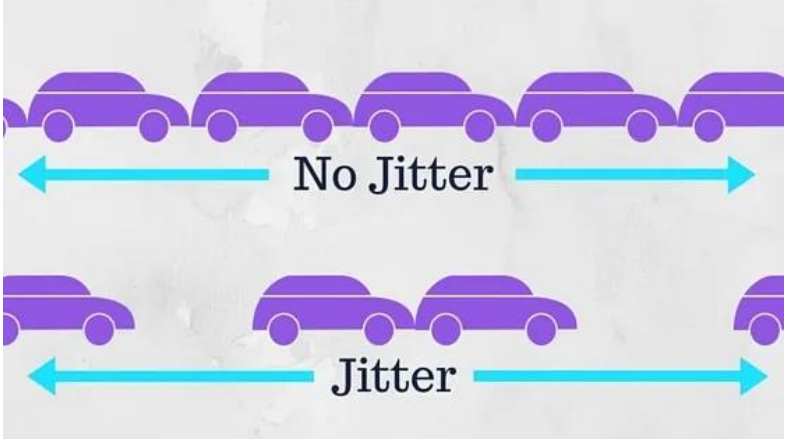


Abbildung 16 Jitter Quelle

6.1.4.6 Messparameter

Die Messdistanz soll eine durchschnittliche Distanz vom Router zu einem Gerät, zum Beispiel einer TV-Box, widerspiegeln. In Kombination mit meinen verfügbaren Mitteln, insbesondere meiner elektrischen Hausinstallation und dem Stromkabel, das eine feste Länge hat, habe ich mich für 28 Meter entschieden. Diese Distanz schien mir angesichts aller Umstände die beste Wahl zu sein.

Eine UHD TV-Box braucht eine 33 Mbit/s Bandbreite[13].

Für meine Netzwerkmessungen habe ich mich bewusst für zwei Testkriterien entschieden. Dies dient dazu, nicht allein von der Internetleitung abhängig zu sein, obwohl diese eine Glasfaserleitung ist und in der Regel stabil ist. Um die Ergebnisse abzusichern und eine breitere Grundlage für die Testergebnisse zu schaffen, habe ich mich zusätzlich für eine LAN-interne Messung entschieden. Diese Doppelmessung ermöglicht eine umfassendere Bewertung der Netzwerkperformance und bietet zusätzliche Sicherheit bei der Auswertung der Ergebnisse.

Die Testumgebung für die W-LAN Messung beinhaltet eine Wand (Backstein verputzt) für die räumliche Trennung.

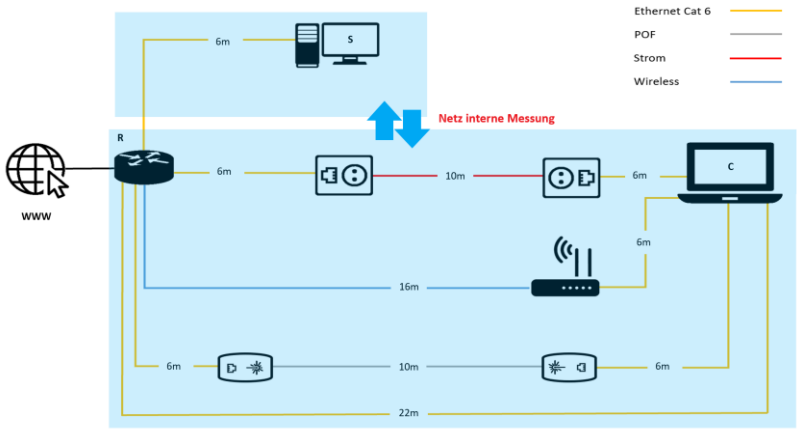


Abbildung 17 Netz interne Messung

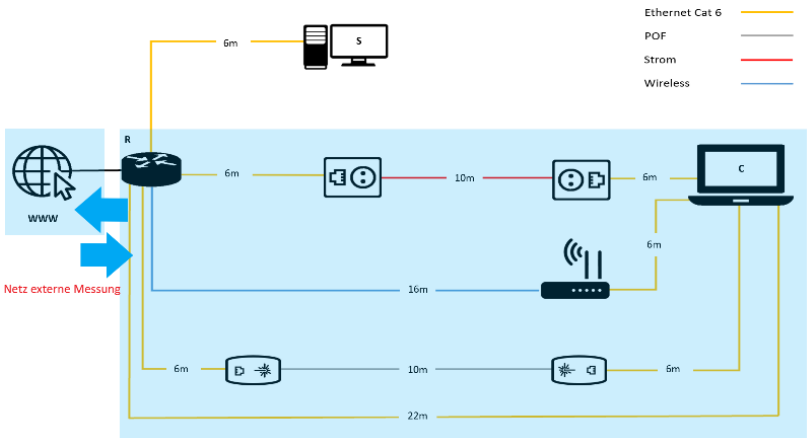


Abbildung 18 Netz externe Messung

13

6.2 Messung I Ethernet

6.2.1 Ausgangslage

Die Ausgangslage für meine erste Messung bildet die Grundlage für den gesamten Vergleichsprozess. In diesem Szenario sind sowohl mein Client als auch mein Server direkt mit dem gleichen Router über den Gigabit-Ethernet-Adapter und ein Cat6-Kabel verbunden. Dies stellt die direkteste und leistungsstärkste Verbindung dar, die in meinem Setup verfügbar ist.

Es werden jeweils drei Messungen zwischen Server und Client und drei Messungen zwischen Client und dem Internet (Server in Deutschland) gemacht. Die Messung zwischen dem Server und dem Client misst die Bandbreite, und die Messung zum Internet misst den Paketverlust. Alle Messdaten werden wärend 30 Sekunden erhoben.

Die Prüfdistanz zwischen Client und Server beträgt bei allen Messungen 28 m.

Die Prüfdistanz zwischen Client und dem Internet ist nicht bekannt.

Der Packetlosstest sendet 7500 pings und ein Datenvolumen von 5.72 MB

6.2.2 Erwartung

Ich erwarte, dass diese direkte Verbindung den höchsten Datendurchsatz aufweist. Dieser Basiswert dient als Referenzpunkt für die Leistung der anderen Technologien, die in den folgenden Messungen getestet werden. Ich gehe davon aus, dass die anderen Technologien, wie WLAN, POF und Powerline, aufgrund ihrer Natur und möglicher Einschränkungen in der Geschwindigkeit und Latenzzeit, in der ersten Messung voraussichtlich schlechtere Ergebnisse zeigen werden.

6.2.3 Plan

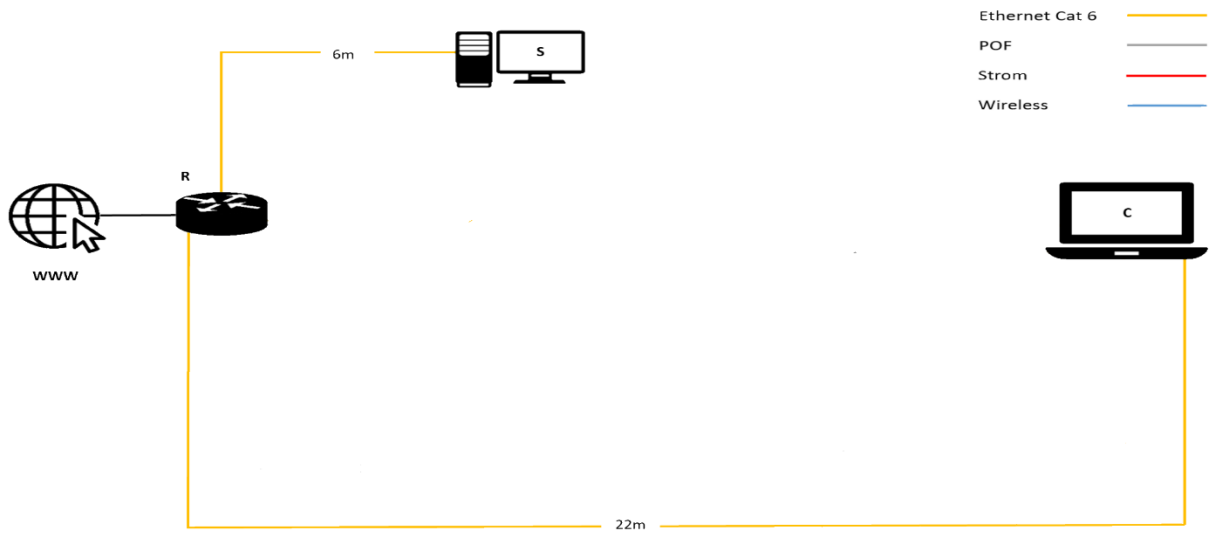


Abbildung 19 Grafik Ethernet Messung

6.3 Dokumentation Messung I

6.3.1 Ergebnisse

Bandbreite		
Messung	Mittlere Bandbreite [14]Mbits/sec	Mittlere Datenmenge GBytes
a	947	3.31
b	947	3.31
c	947	3.31
Ø	**947**	**3.31**

Tabelle 6 Bandbreite Ethernet

Paketverlust			
Messung	Packet Verlust (Packet Loss)	Mittlere Latenz (Latency) ms	Mittlere Schwankung (Jitter) ms
a	0/7499	11.31	0.88
b	0/7499	11.46	0.72
c	0/7499	11.24	0.61
Ø	0/7499	**11.33**	**0.58**

Tabelle 7 Paketverlust Ethernet

6.3.2 Reaktion

Die Messergebnisse für die Bandbreite zeigen eine konstante Leistung mit einer mittleren Bandbreite von 947 Mbit/s und einer durchschnittlichen Datenmenge von 3,31 GByte in den Messungen a, b und c. Dies deutet darauf hin, dass die verwendete Gigabit-Ethernet-Verbindung sehr zuverlässig ist und eine hohe Datenübertragungsgeschwindigkeit bietet.

In Bezug auf den Paketverlust sind die Ergebnisse ebenfalls positiv, da in keiner der Messungen Paketverlust auftrat. Die mittlere Latenz lag bei durchschnittlich 11,33 ms, und die Schwankung (Jitter) war mit durchschnittlich 0,58 ms gering. Dies zeigt, dass die Verbindung stabil ist und wenig Variation in der Latenzzeit aufweist.

Insgesamt weisen diese Messwerte auf eine sehr gute Netzwerkleistung hin, was auf eine solide und zuverlässige Gigabit-Ethernet-Verbindung hinweist. Dies stellt einen ausgezeichneten Ausgangspunkt für den Vergleich mit anderen Übertragungstechnologien dar.

[14] Masseinheiten

6.4 Messung II Powerline

6.4.1 Ausgangslage

Meine zweite Messung bildet eine alternative Konfiguration, bei der ich sowohl meinen Client als auch meinen Server über Powerline-Adapter mit dem Stromnetzwerk verbinde, um die Powerline-Technologie zu testen. Auch in diesem Szenario liegt der Fokus auf der Messung der Bandbreite zwischen dem Server und dem Client.

Genau wie bei der vorherigen Messung gibt es drei separate Messungen zwischen dem Server und dem Client sowie drei Messungen zwischen dem Client und dem Internet (Server in Deutschland). Alle Messungen werden über einen Zeitraum von 30 Sekunden durchgeführt.

Im Unterschied zur Ethernet-Messung werden jedoch zwei Messdurchläufe gemacht. Einmal sind die Adapter im gleichen Stromkreis, und im anderen Messdurchlauf trennt sie eine Sicherung (LS). Dies ermöglicht es, die Auswirkungen von Stromkreis- und Sicherungstrennungen auf die Leistung der Powerline-Verbindung zu analysieren.

Die Prüfdistanz zwischen meinem Client und dem Server beträgt weiterhin 28 Meter, um sicherzustellen, dass die Vergleichsbedingungen konstant bleiben.

Die Prüfdistanz zwischen Client und dem Internet ist weiterhin nicht bekannt.

Der Packetlosstest sendet 7500 pings und ein Datenvolumen von 5.72 MB

Speziell: Es wurde darauf geachtet, die Adapter nicht in einer Mehrfachsteckdose einzustecken, da dies zu Interferenzen kommen kann, was die Ergebnisse verfälscht. Weiter wurde das Stromkabel frei verlegt, um Selbstinduktion zu vermeiden.

6.4.2 Erwartung

Ich erwarte, dass die Powerline-Messungen in Bezug auf die Bandbreite hinter den Ergebnissen der direkten Gigabit-Ethernet-Verbindung zurückbleiben werden. Dies liegt daran, dass Powerline-Verbindungen anfälliger für Störungen im Stromnetzwerk und Entfernungsbeschränkungen sein können.

In den Messungen, bei denen die Powerline-Adapter im gleichen Stromkreis sind, erwarte ich eine bessere Leistung im Vergleich zu den Messungen mit einer Sicherung (LS) zwischen den Adaptern. Die Unterbrechung durch eine Sicherung könnte die Bandbreite beeinträchtigen.

Konkret rechne ich mit einer geringeren Bandbreite im Vergleich zur ersten Messung, wahrscheinlich unter 947 Mbit/s, insbesondere in den Messungen mit einer Sicherungstrennung.

Für den Packetlosstest erwarte ich, dass es zu einigen Paketverlusten kommen kann, da Powerline-Verbindungen empfindlicher auf Störungen reagieren können. Die Latenzzeit und der Jitter könnten ebenfalls variabler sein als bei der direkten Ethernet-Verbindung.

Insgesamt wird die Powerline-Technologie voraussichtlich nicht die gleiche Leistung wie die Gigabit-Ethernet-Verbindung bieten, aber die genauen Ergebnisse werden durch die Testmessungen bestätigt.

6.4.3 Plan

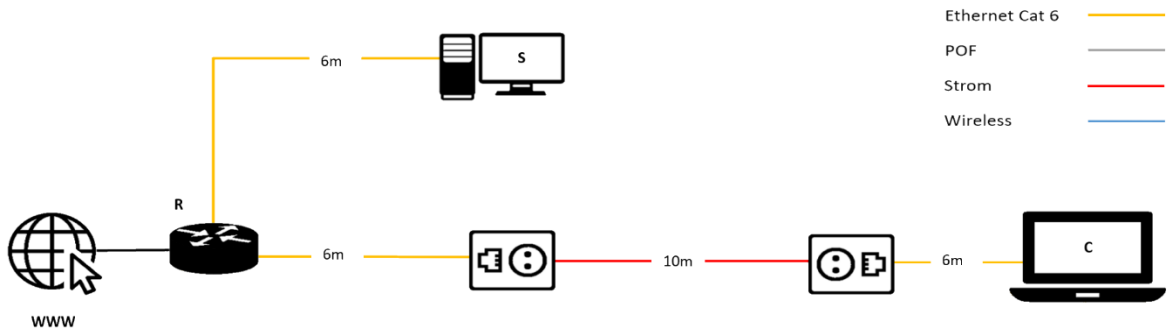


Abbildung 20 Grafik Powerline Messung

6.5 Dokumentation Messung II Powerline

6.5.1 Ergebnisse Messung ohne LS

Bandbreite		
Messung	Mittlere Bandbreite Mbits/sec	Mittlere Datenmenge MBytes
a	183	657
b	187	670
c	182	650
Ø	**184**	**659**

Tabelle 8 Bandbreite Powerline Ohne LS

Paketverlust			
Messung	Packet Verlust (Packet Loss)	Mittlere Latenz (Latency) ms	Mittlere Schwankung (Jitter) ms
a	0/7499	13.32	1.20
b	0/7499	13.80	1.06
c	0/7499	14.06	1.44
Ø	0/7499	**11.33**	**1.2**

Tabelle 9 Paketverlust Powerline Ohne LS

6.5.2 Reaktion Messung ohne LS

Die Ergebnisse der Powerline-Messungen ohne Sicherung (LS) zeigen, dass die Bandbreite im Durchschnitt bei etwa 184 Mbit/s liegt, mit einer mittleren Datenmenge von rund 659 Megabytes. Dies ist im Vergleich zur direkten Gigabit-Ethernet-Verbindung eine erhebliche Reduzierung der Bandbreite.

In Bezug auf den Packet Loss gab es in keiner der Messungen einen Paketverlust, was positiv ist. Die mittlere Latenzzeit lag bei durchschnittlich 11,33 ms, während der Jitter bei durchschnittlich 1,2 ms lag. Der Jitter ist im Vergleich zur Ethernet-Messung etwas höher, was auf eine gewisse Schwankung in der Latenzzeit hinweisen kann.

Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass die Powerline-Technologie in diesem Szenario ohne Sicherung (LS) eine akzeptable Leistung bietet, aber die Bandbreite im Vergleich zur direkten Gigabit-Ethernet-Verbindung begrenzt ist. Die Latenzzeit und der Jitter sind ebenfalls akzeptabel, aber mit leichten Schwankungen. Dies unterstreicht die Bedeutung der Wahl der richtigen Übertragungstechnologie je nach den Anforderungen eines bestimmten Szenarios.

6.5.3 Ergebnisse Messung mit LS

Bandbreite		
Messung	Mittlere Bandbreite Mbits/sec	Mittlere Datenmenge MBytes
a	159	571
b	165	592
c	170	608
Ø	**164**	**590**

Tabelle 10 Bandbreite Powerline mit LS

Paketverlust			
Messung	Packet Verlust (Packet Loss)	Mittlere Latenz (Latency) ms	Mittlere Schwankung (Jitter) ms
a	0/7499	14.92	2.17
b	0/7499	15.48	2.15
c	0/7499	14.54	1.87
Ø	0/7499	**14.98**	**2.06**

Tabelle 11 Paketverlust mit LS

6.5.4 Reaktion Messung mit LS

Die Ergebnisse der Powerline-Messungen mit einer Sicherung (LS) zwischen den Adaptern zeigen eine weitere Reduzierung der Bandbreite im Vergleich zu den Messungen ohne Sicherung. Die durchschnittliche Bandbreite beträgt in diesem Fall etwa 164 Mbit/s, und die durchschnittliche Datenmenge liegt bei rund 590 Megabytes. Dies bestätigt, dass die Powerline-Technologie empfindlich auf Hindernisse wie Sicherungen im Stromnetzwerk reagiert und die Leistung beeinträchtigen kann.

In Bezug auf den Packet Loss wurde auch in diesen Messungen kein Paketverlust festgestellt, was überraschend ist. Die mittlere Latenzzeit ist jedoch im Vergleich zu den Messungen ohne Sicherung etwas höher und liegt bei durchschnittlich 14,98 ms. Der Jitter ist ebenfalls höher und beträgt durchschnittlich 2,06 ms, was auf eine stärkere Schwankung in der Latenzzeit hinweist.

Zusammengefasst zeigen diese Ergebnisse, dass die Powerline-Technologie mit einer Sicherung (LS) zwischen den Adaptern die Bandbreite weiter reduziert und leicht erhöhte Latenzzeiten sowie Jitter aufweist. Dies unterstreicht die Empfindlichkeit der Powerline-Verbindungen gegenüber Hindernissen im Stromnetzwerk und betont die Bedeutung einer sorgfältigen Planung und Konfiguration bei der Verwendung dieser Technologie.

6.6 Messung III W-LAN

6.6.1 Ausgangslage

Die Ausgangslage für meine dritte Messung beinhaltet die Verwendung eines WLAN-Adapters, der sich drahtlos mit dem Router verbindet. Der WLAN-Adapter verfügt über eine LAN-Schnittstelle, über die der Client eine kabelgebundene Ethernet-Verbindung herstellt. In dieser Konfiguration liegt der Fokus darauf, die Leistung und Bandbreite dieser WLAN-Verbindung zu bewerten.

Wie in den vorherigen Messungen werden zwei separate Messabläufe durchgeführt:

Im ersten Messablauf besteht keine räumliche Trennung zwischen dem WLAN-Adapter und dem Router.

Im zweiten Messablauf wird eine räumliche Trennung eingeführt, indem der WLAN-Adapter vom

Für beide Messabläufe werden drei separate Messungen durchgeführt

Die Prüfdistanz zwischen dem Client und dem Server beträgt weiterhin 28 Meter, Luftdistanz mitgerechnet, um sicherzustellen, dass die Vergleichsbedingungen konsistent bleiben.

Der Packetlosstest wird in beiden Messabläufen 7500 Pings senden und ein Datenvolumen von 5,72 MB verwenden.

Diese Ausgangslage ermöglicht es uns, die Leistung der WLAN-Technologie in verschiedenen Szenarien zu bewerten und zu verstehen, wie die räumliche Trennung zwischen dem WLAN-Adapter und dem Router die Verbindungsqualität beeinflussen kann.

6.6.2 Erwartung

Im ersten Messablauf, in dem keine räumliche Trennung zwischen dem WLAN-Adapter und dem Router besteht, erwarte ich eine solide Leistung. Die Bandbreite sollte vergleichbar oder nahe an der maximalen Kapazität des WLAN-Adapters liegen. Ich rechne mit einem geringen Packet Loss und einer geringen Latenzzeit.

Im zweiten Messablauf, in dem eine räumliche Trennung zwischen dem WLAN-Adapter und dem Router besteht, erwarte ich, dass die Bandbreite etwas geringer ist. Das Hindernis sollte die Leistung beeinträchtigen. Eine erhöhte Latenzzeit und möglicherweise leicht erhöhter Packet Loss sind auch zu erwarten.

In Anbetracht der letzten Messungen erwarte ich wieder keinen Paketverlust. Wenn das nicht der Fall sein sollte, wäre dies sehr interessant.

6.6.3 Plan

Ohne räumliche Trennung

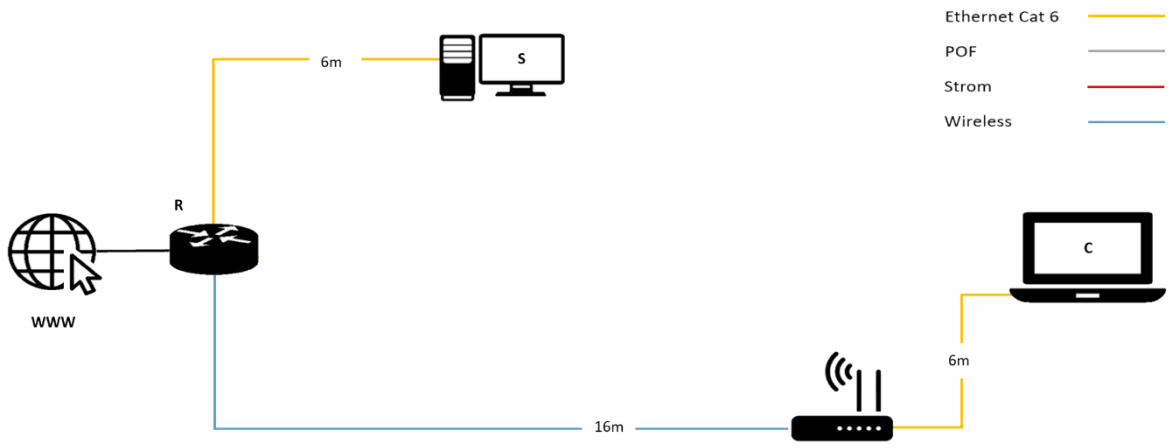


Abbildung 21 Grafik W-LAN Messung ohne Trennung

Mit Räumlicher Trennung

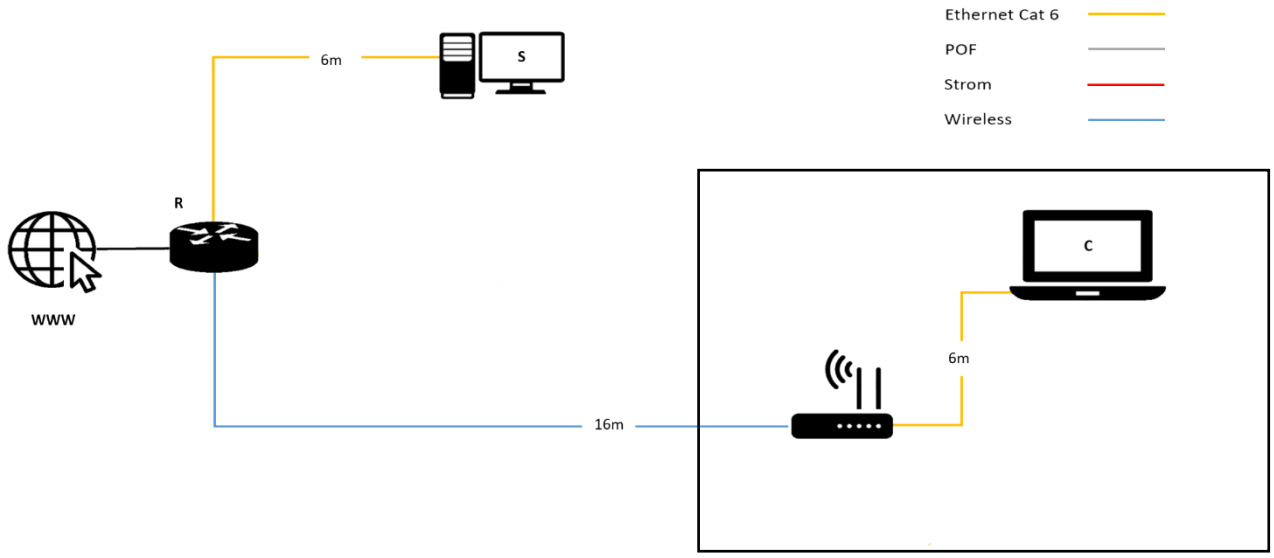


Abbildung 22 Grafik W-LAN Messung mit Trennung

6.7 Dokumentation Messung III W-LAN

6.7.1 Ergebnisse Messung ohne räumliche Trennung

Bandbreite		
Messung	Mittlere Bandbreite Mbits/sec	Mittlere Datenmenge GBytes
a	302	1.06
b	289	1.01
c	307	1.07
Ø	**299**	**1.04**

Tabelle 12 Bandbreite W-LAN ohne Trennung

Paketverlust			
Messung	Packet Verlust (Packet Loss)	Mittlere Latenz (Latency) ms	Mittlere Schwankung (Jitter) ms
a	0/7499	12.04	0.95
b	0/7499	13.55	2.36
c	0/7499	12.69	1.11
Ø	0/7499	**12.76**	**1.47**

Tabelle 13 Paketverlust W-LAN ohne Trennung

6.7.2 Reaktion Messung ohne räumliche Trennung

Angesichts der Ergebnisse der Messung ohne räumliche bin ich beeindruckt von der erheblichen Bandbreite. Die durchschnittliche Bandbreite von rund 300 Mbit/s und die mittlere Datenmenge von 1,04 Gigabytes sind beachtlich und bieten ausreichend Leistung für viele Anwendungen.

Die Tatsache, dass es keinen Packet Loss gab, ist sehr ermutigend und bestätigt die Zuverlässigkeit der Verbindung. Die mittlere Latenzzeit von durchschnittlich 12,76 ms und der Jitter von durchschnittlich 1,47 ms deuten auf eine akzeptable Leistung hin, insbesondere für alltägliche Internetanwendungen.

Diese Ergebnisse bestätigen, dass die WLAN-Verbindung eine solide Leistung bietet und meinen Erwartungen übertrifft.

6.7.3 Ergebnisse Messung mit räumlicher Trennung

Bandbreite		
Messung	Mittlere Bandbreite Mbits/sec	Mittlere Datenmenge MBytes
a	249	891
b	244	872
c	245	878
Ø	**246**	**880**

Tabelle 14 Bandbreite W-LAN mit Trennung

Paketverlust			
Messung	Packet Verlust (Packet Loss)	Mittlere Latenz (Latency) ms	Mittlere Schwankung (Jitter) ms
a	3/7499	13.00	1.55
b	0/7499	13.09	1.74
c	0/7499	13.46	1.93
Ø	1/7499	**13.18**	**1.74**

Tabelle 15 Paketverlust W-LAN mit Trennung

6.7.4 Reaktion mit räumlicher Trennung

Die Ergebnisse der Messung mit räumlicher Trennung zeigen, dass die Qualität der Netzwerkverbindung merklich schlechter war im Vergleich zur Messung ohne räumliche Trennung:

In Bezug auf die Bandbreite ergab die Messung mit räumlicher Trennung ähnliche Ergebnisse wie die vorherigen Messungen. Die durchschnittliche Bandbreite lag bei etwa 246 Mbit/s, was zwar akzeptabel ist, aber spürbar niedriger ist als bei der Messung ohne räumliche Trennung. Dies deutet darauf hin, dass die räumliche Trennung zwischen den Geräten die Bandbreite beeinträchtigt hat.

Bezüglich des Packet Loss gab es in der Messung mit räumlicher Trennung ebenfalls einen sehr geringen Packet Loss mit einer durchschnittlichen Packet Loss-Rate von 1/7499, ähnlich wie in den vorherigen Messungen. Dennoch ist zu bemerken, dass die Qualität in Bezug auf den Packet Loss im Vergleich zur Messung ohne räumliche Trennung tiefer war.

Die mittlere Latenzzeit lag bei etwa 13,18 ms, was ebenfalls mit den vorherigen Messungen vergleichbar ist. Dennoch war die Qualität der Verbindung in Bezug auf die Latenzzeit und den Jitter ein wenig schlechter als bei der Messung ohne räumliche Trennung.

Zusammenfassend zeigt die Messung mit räumlicher Trennung, dass die Qualität der Netzwerkverbindung niedriger ist, und ein Versuchsaufbau mit einer robusteren Raumabgrenzung würde eine grössere Differenz aufzeigen.

6.8 Messung IV POF

6.8.1 Ausgangslage

Für meine POF-Messung verbinde ich den Client mit dem Router über Plastic Optical Fiber (POF)

Im Gegensatz zu den vorherigen-Messungen gibt es jedoch wieder nur ein Testzenario.

Es werden jeweils drei Messungen zwischen Server und Client und drei Messungen zwischen Client und dem Internet (Server in Deutschland) gemacht. Die Messung zwischen dem Server und dem Client misst die Bandbreite, und die Messung zum Internet misst den Paketverlust. Alle Messdaten werden wärend 30 Sekunden erhoben.

Die Prüfdistanz zwischen meinem Client und dem Server beträgt weiterhin 28 Meter, um sicherzustellen, dass die Vergleichsbedingungen konsistent bleiben.

Die Prüfdistanz zwischen dem Client und dem Internet ist nach wie vor nicht bekannt.

Der Packetlosstest sendet 7500 Pings mit einem Datenvolumen von 5,72 MB.

6.8.2 Erwartungen

Da die Anleitung von einer 100 Mbit/s Bandbreite spricht, ist die Erwartung, dass die gemessene Bandbreite nahe an dieser Geschwindigkeit liegen sollte. Insbesondere über eine Distanz von 28 Metern.

Unter normalen Umständen sollte es keinen nennenswerten Paketverlust geben. Die Erwartung ist, dass der Packetlosstest eine geringe oder keine Paketverlustrate aufweist.

Die Erwartung wäre, dass die POF-Verbindung stabil ist und die Bandbreite konsistent bleibt, solange keine äusseren Einflüsse wie starke Interferenzen oder Beschädigungen des POF-Mediums auftreten.

6.8.3 Plan

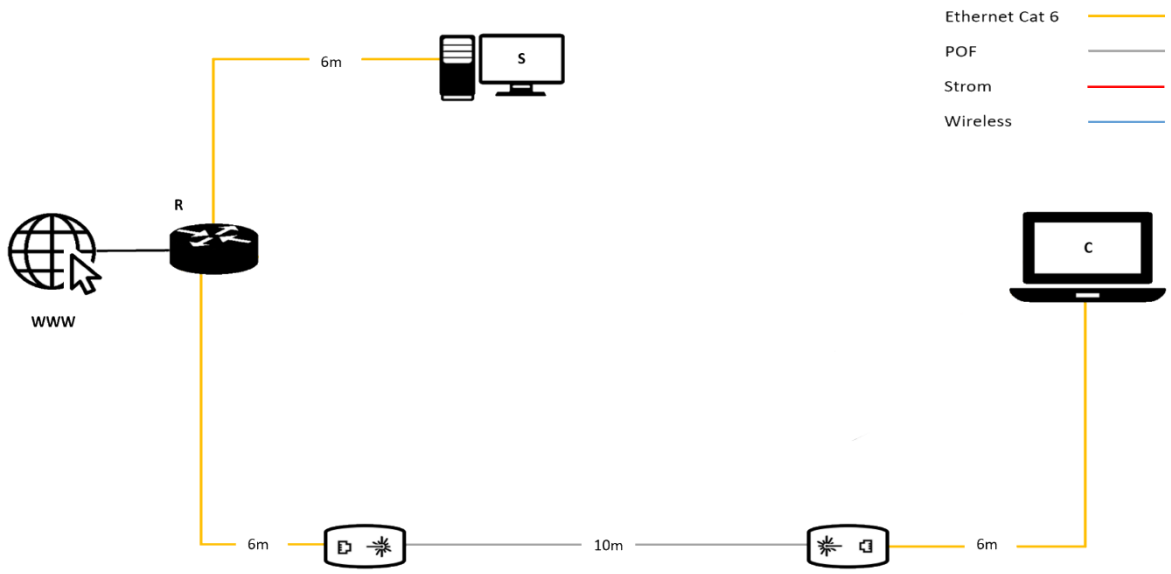


Abbildung 23 Grafik POF Messung

6.9 Dokumentation Messung IV POF

6.9.1 Ergebnisse

Bandbreite		
Messung	Mittlere Bandbreite Mbits/sec	Mittlere Datenmenge MBytes
a	94	336
b	93.9	336
c	94	340
Ø	**93.96**	**337.33**

Tabelle 16 Bandbreite POF

Paketverlust			
Messung	Packet Verlust (Packet Loss)	Mittlere Latenz (Latency) ms	Mittlere Schwankung (Jitter) ms
a	0/7499	16.17	2.12
b	0/7499	11.61	0.78
c	0/7499	13.46	1.93
Ø	0/7499	**13.74**	**1.64**

Tabelle 17 Paketverlust POF

6.9.2 Reaktion

Die gemessene Bandbreite für die POF-Messung liegt bei durchschnittlich 93,96 Mbit/s. Dies ist sehr nahe an den erwarteten 100 Mbit/s laut Anleitung.

Die Unterschiede zwischen den Messungen (a, b, c) und der POF-Messung sind gering und könnten auf normale Schwankungen oder Messungenauigkeiten zurückzuführen sein.

Die POF-Messung zeigt keinen Paketverlust (0/7499) und eine durchschnittliche Latenz von 13,74 ms mit einer mittleren Schwankung von 1,64 ms. Dies sind insgesamt stabile und gute Ergebnisse.

Im Vergleich dazu zeigen die vorherigen Messungen ebenfalls keinen Paketverlust und ähnliche Latenz- und Jitter-Werte. Dies bedeutet, dass die POF-Verbindung in Bezug auf die Zuverlässigkeit und Stabilität der Datenübertragung mit den Ethernet-Verbindungen vergleichbar ist.

Dies deutet darauf hin, dass POF eine zuverlässige Option für Netzwerkverbindungen sein kann und die erwarteten Bandbreitenanforderungen erfüllt, wie in der Anleitung angegeben. Ein Kabel, das die Bandbreite ähnlich wie Ethernet erreichen würde, könnte eine echte Alternative darstellen, da die Installation deutlich einfacher ist als bei Ethernet und meiner Meinung nach von einem Laien mithilfe einer Anleitung durchgeführt werden kann.

6.10 Kostenvoranschlag Elektroinstallationsfirma

Für den Kostenvergleich habe ich einen Kostenvoranschlag für die Installation eines Ethernet Kabels über 28 m durch ein bestehendes Leerrohr eingeholt, da Ethernet eine professionelle Installation erfordert. Da das Berechnungsprogramm in 10 m-Schritten berechnet, habe ich mich für eine Länge von 30 m entschieden, da dies dem Versuchsaufbau am nächsten kommt.

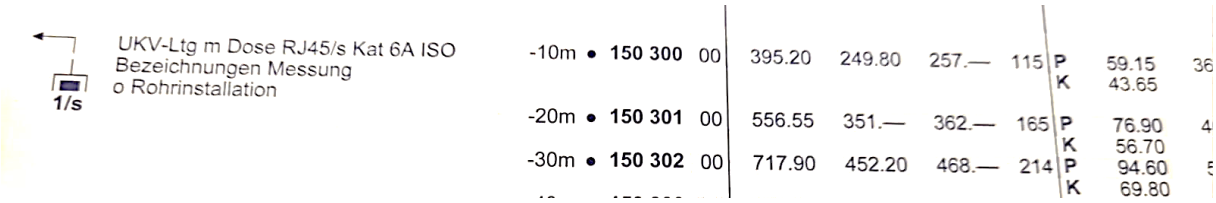


Abbildung 24 Kostenberechnung BirsCom GmbH

Die Kosten für eine Installation mit zwei einfachen RJ45 Ethernet-Steckdosen mit abgeschirmtem Cat6-Kabel über 30 m in einem bestehenden Leerrohr würden sich auf 717,90 CHF belaufen.

6.11 Kosten Material

Es werden die für einen Vergleich der Technologien relevanten Kosten aufgelistet.
Die Kosten reflektieren den Erwerb eines Kits der jeweiligen Technologie.

Hardware	Kosten/CHF
POF	160.45[15]
WLAN	99.00[16]
Powerline	129.00[17]

Tabelle 18 Materialkosten

15
16
17

6.12 Schwierigkeit Installation

Eine Auflistung des subjektiven Installationsaufwandes

Hardware	Schwierigkeitsgrad Laie | Profi
Powerline	●●●●●
WLAN	●●●●●
POF	●●●●●●●●●●●
Ethernet	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●

Tabelle 19 Installationsaufwand

Ethernet:

Professionelle Installation erforderlich Ethernet erfordert in der Regel eine professionelle Installation, da sie das Verlegen von Netzwerkkabeln durch Wände, Decken und Böden umfassen kann. Dies erfordert spezielle Kenntnisse und Werkzeuge, um die Verbindung zu gewährleisten und mögliche Störungen zu minimieren.

POF:

Leichtere Installation durch Laien mit guter Anleitung POF ist einfach zu installieren. Laien können POF-Kabel verlegen und verbinden, vorausgesetzt, sie haben eine klare Anleitung. Es erfordert keine aufwendigen technischen Fähigkeiten wie bei Ethernet.

Powerline:

Leichte Installation durch Laien Powerline ist im Vergleich zu Ethernet einfacher zu installieren. Laien können Powerline-Adapter verwenden, indem sie sie in die Steckdose stecken und mit dem zweiten Adapter über die Verbindungs-Taste verbinden. Eine klare Anleitung erleichtert die Installation zusätzlich.

WLAN:

Leichte Installation durch Laien WLAN ist ähnlich wie Powerline keine allzu grosse Herausforderung zu installieren. Hier benötigt man lediglich ein Gerät, das sich direkt mit dem Router mithilfe der WPS-Taste verbindet.

6.13 Lebensdauer

Erfahrungsgemäss halten Powerline- und WLAN-Adapter in der Regel kürzer als fest verlegte Übertragungsarten wie Ethernet und POF. Das liegt daran, dass die Adapter Wärme erzeugen und der Wechsel zwischen Ausdehnung und Kontraktion zu Defekten führen kann. Ausserdem können Defekte in Form von Verschleiss auftreten, insbesondere wenn die Geräte häufig neu gestartet und neu verbunden werden, beispielsweise bei Verbindungsunterbrechungen.

Ethernet: Ethernet-Verkabelung kann viele Jahre, sogar Jahrzehnte, funktionieren, solange die Kabel ordnungsgemäss installiert werden. Ethernet-Kabel sind bekannt für ihre Zuverlässigkeit und können eine sehr lange Lebensdauer haben. In der Regel werden sie erst ausgetauscht, wenn schnellere Ethernet-Standards oder technische Probleme auftreten.

Powerline: Die Lebensdauer von Powerline-Adaptern kann ebenfalls viele Jahre betragen. Solange die Geräte ordnungsgemäss funktionieren und die Stromleitungen im Haus in gutem Zustand sind, sollten sie lange Zeit zuverlässig arbeiten. Es kann jedoch vorkommen, dass ältere Modelle durch neuere und leistungsfähigere ersetzt werden, wenn sich die Technologie weiterentwickelt.

WLAN: Geräte haben in der Regel eine Lebensdauer von etwa 3 bis 5 Jahren. Dies liegt daran, dass sich die WLAN-Standards und Technologien schnell weiterentwickeln, um höhere Geschwindigkeiten und bessere Leistung zu bieten. Die Hardware kann jedoch länger halten, wenn sie gut gewartet wird und die Firmware aktualisiert wird.

POF: Kann eine lange Lebensdauer haben, ähnlich wie Ethernet, solange die Kabel und Verbindungen in gutem Zustand sind. Es kann jedoch erforderlich sein, POF-Komponenten aufzurüsten oder auszutauschen, um schnellere Datenübertragungsraten zu erreichen, wenn sich die Technologie weiterentwickelt. POF-Adapter erzeugen zwar Wärme, jedoch tritt weniger mechanische Beanspruchung auf. Im Gegensatz zu Powerline- oder WLAN-Adaptern, die in Steckdosen oder an verschiedenen Orten platziert werden und physisch gesteckt und wieder entfernt werden, sind POF-Verbindungen oft stationär und erfordern weniger physische Manipulation. Es gibt auch die Option von fest verlegten POF-Steckdosen[18]. Die POF-Technologie basiert auf Lichtübertragung durch Kunststofffasern. Im Gegensatz zu Kupferkabeln, die anfälliger für elektrische Störungen und Überspannungen sind, ist POF immun gegen elektromagnetische Einflüsse. Dadurch sind POF-Verbindungen oft stabiler und weniger anfällig für Schäden durch externe Einflüsse.

[18]

6.14 Vergleichsmatrix

Abbildung 25 Ethernet Lösung

Die Premium-Lösung: Hohe Kosten, hoher Ertrag. Die Kosten für die Installation von einer Ethernet Verbindung von 30 m belaufen sich auf rund 700 CHF.[19]

Abbildung 26 POF-Lösung

Die Lösung für den Heimwerker. Mittlerer Installationsaufwand erspart eine teure Installation des Profis.

Abbildung 27 W-LAN Lösung

Wen keine Böden oder Wände dazwischen sind, ist dies eine gute Alternative. In der Bandbreite gibt es jedoch Einbussen im Test konnten nur rund 300 Mbits/s erreicht werden.

[19] Kostenberechnung BirsCom GmbH

Abbildung 28 Poweline Lösung

Schneidet im Test am schlechtesten ab. Wer jedoch kein Highspeed-Internet benötigt und einfach nur schnell eine Verbindung herstellen möchte, ist mit dieser einfachen 'einstöpseln und los geht's' Variante gut bedient.

6.15 Wirtschaftlichkeit

Anbei berechne ich, um wie viel sich die finanziellen Einsparungen belaufen würden, nach der Einführung des Flyers, wenn pro Auftrag eine Reduzierung der Zeit um 10 Minuten erfolgt.

Pro Auftrag werden 45min gerechnet mit einer Pauschale von 300 CHF:

*Prozentualer Unterschied = ((Ursprüngliche Zeit - Neue Zeit) / Ursprüngliche Zeit) * 100*

Ursprüngliche Zeit = 45 Minuten

Neue Zeit = 35 Minuten

*Prozentualer Unterschied = ((45 Minuten - 35 Minuten) / 45 Minuten) * 100*

*Prozentualer Unterschied = (10 Minuten / 45 Minuten) * 100*

Prozentualer Unterschied ≈ 22,22%

Die Zeitersparnis von 10 Minuten entspricht also etwa einem prozentualen Unterschied von 22,22%.

*Finanzielle Ersparnis = (Zeitersparnis in Stunden) * Stundensatz*

Zuerst müssen wir die Zeitersparnis in Stunden umrechnen. 10 Minuten entsprechen 0,1667 Stunden

*Finanzielle Ersparnis = (0,1667 Stunden) * 300 CHF/Stunde*

Finanzielle Ersparnis ≈ 50 CHF

7 Realisierung

7.1 Flyer Konzeption und Layout

Das Layout des Flyers wurde erfolgreich erstellt und erfüllt die festgelegten Ziele. Der Flyer hat das DIN A5-Format mit einem Mittelfalz, was eine handliche physische Kopie ermöglicht. Die Informationen zu den verschiedenen In-House-Übertragungstechniken wie Ethernet, Wi-Fi, Powerline und POF sind klar und übersichtlich dargestellt.

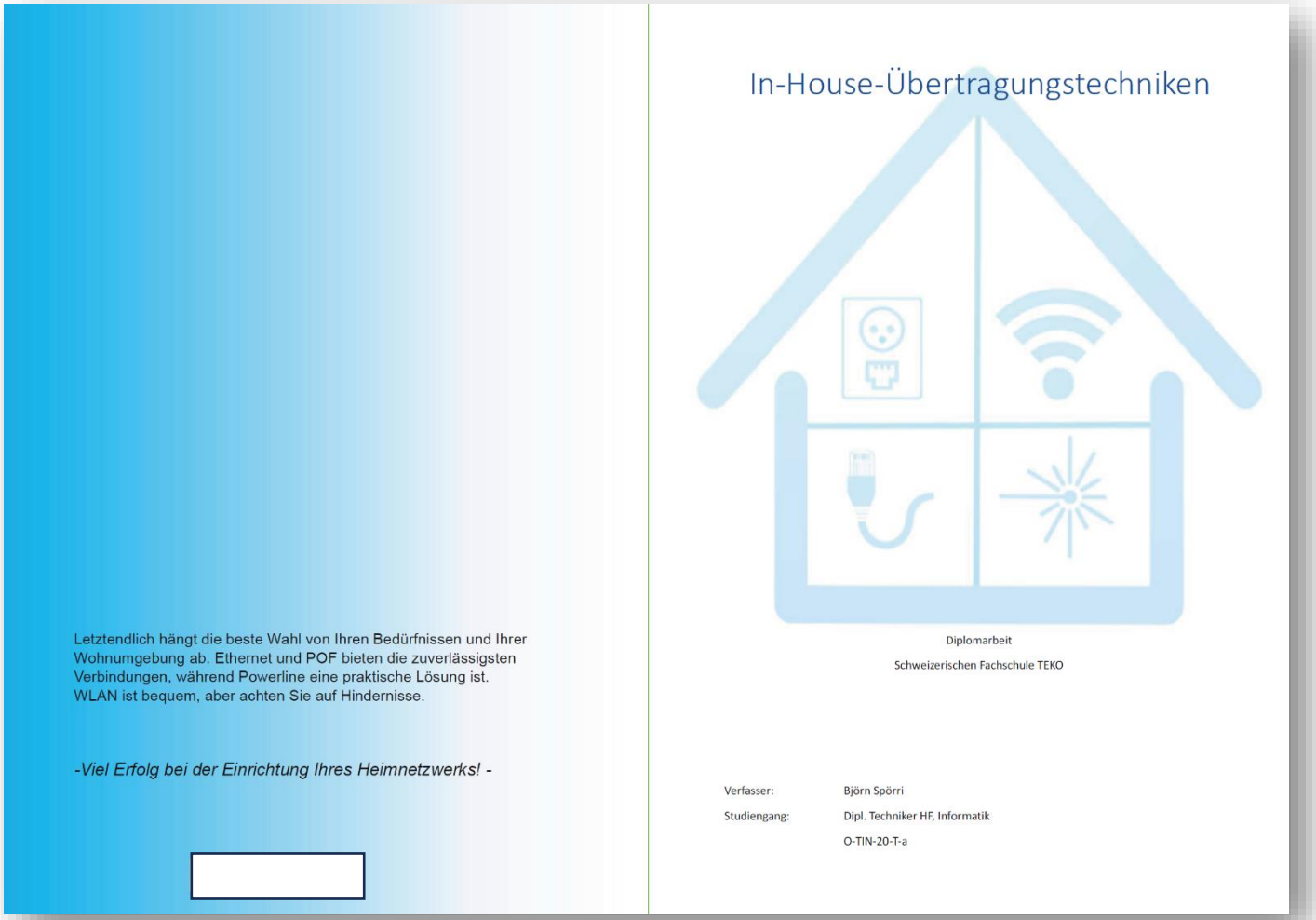


Abbildung 29 Flyer, Seite 1

Die Vor- und Nachteile jeder Technologie sind kurz und simpel erklärt, sodass eine informierte Entscheidung über die geeignete Technologie für die In-House-Installation getroffen werden kann. Die relevantesten Daten, einschliesslich Kosten, Übertragungsqualität, Installationsaufwand und Lebensdauer, sind enthalten.

Die Darstellung ist einfach und ansprechend, wodurch der Kunde ein breites Spektrum an Informationen erhält, um eine fundierte Entscheidung zu treffen. Das Endergebnis ist eine hochwertige physische Kopie des Flyers, die den Anforderungen und Zielen des Projekts entspricht.

Quelle: *Bild Lan-Kabel*

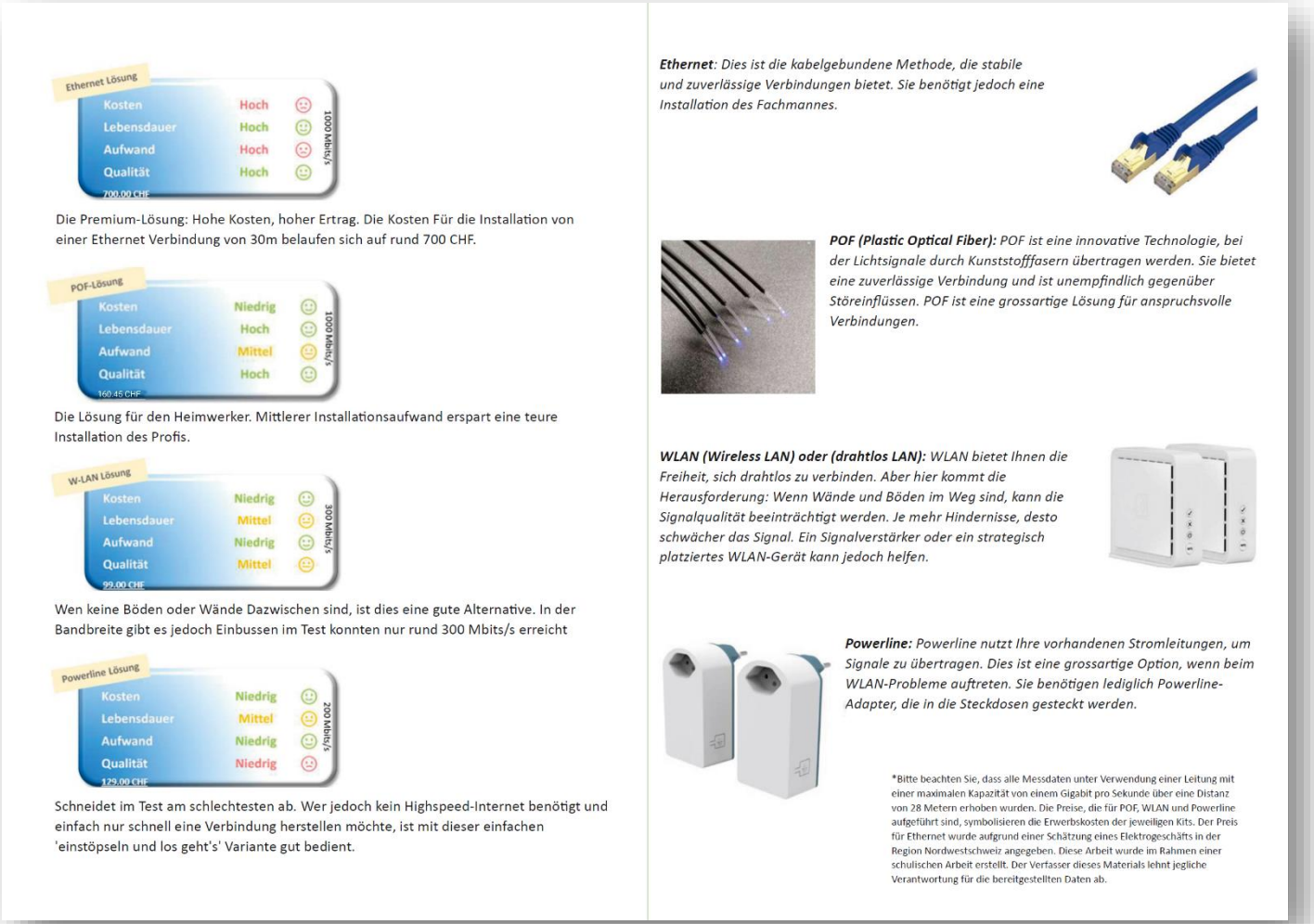


Abbildung 30 Flyer, Seite 2

8 Einführung

8.1 Abschluss

8.1.1 Projektüberwachung

Leider wurde der erste Termin für die Abgabe des Statusberichts verpasst[20]. Der Grund war wahrscheinlich, dass das Framework für die Terminplanung noch nicht erstellt war. Sobald dies erledigt war, wurden alle weiteren Termine eingehalten. Die Meilensteine waren alle sehr knapp gesetzt, was jedoch dazu führte, dass gegen Ende noch ein grösserer Puffer übrigblieb. Dies erwies sich als hilfreich, um die Arbeit in Ruhe gegenlesen zu lassen. Auch für eventuelle Probleme beim Drucken der Arbeit oder des Flyers konnte so vorgebeugt werden. Im schlimmsten Fall blieb genug Zeit für einen erneuten Druck des Berichts oder des Flyers.

Der zeitliche Aufwand für die Messungen wurde von mir unterschätzt. Die Zeit, die es mich gekostet hat, bis eine gute Testumgebung stand, war enorm und erforderte einige nächtliche Überstunden. Für Arbeiten mit einem vergleichbaren Umfang an Messungen muss definitiv mehr Zeit eingeplant werden.

8.1.2 Zielerreichung

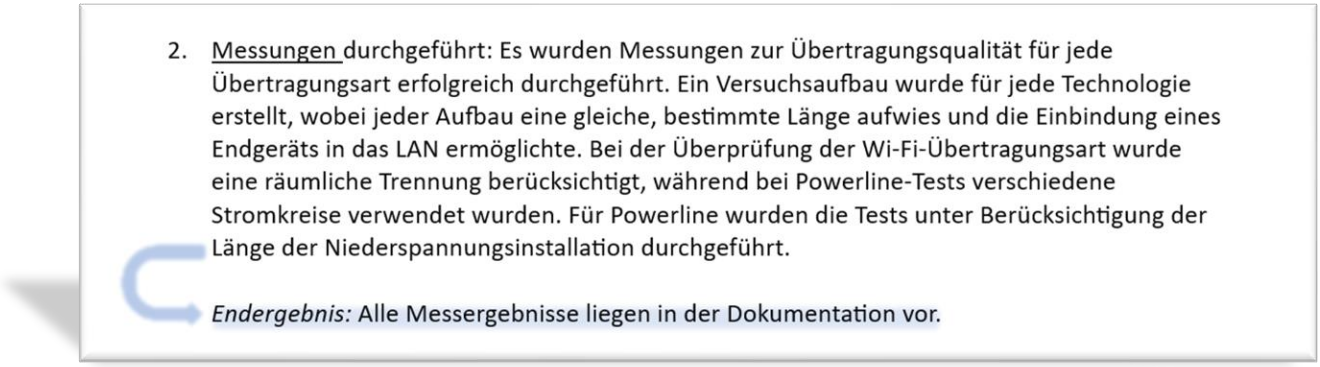
8.1.2.1 Muss-Ziele

1. Flyer erstellt: Der Flyer wurde erfolgreich erstellt und enthält eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen In-House-Übertragungstechniken wie Ethernet, Wi-Fi, Powerline und POF, sowie deren jeweilige Vor- und Nachteile. Die Informationen zu Kosten, Übertragungsqualität, Installationsaufwand und Lebensdauer der Technologien sind darin vollständig enthalten. Die Übersicht ist besonders für Laien verständlich, um den Eigentümern die Möglichkeit zu geben, informierte Entscheidungen bei der Auswahl der geeigneten Technologie für ihre In-House-Installation zu treffen.

   Endergebnis: Abgabe einer physischen Kopie eines Flyers.

Der Flyer [21]stellt das Ziel dar, in das meine gesamte Arbeit kulminiert. Ich bin der Überzeugung, dass ich hier eine physische Darstellung meiner persönlichen und unabhängigen Arbeit geschaffen habe, und ich bin sicher, dass diese Darstellung bei der Information und Entscheidungsfindung eine grosse Hilfe sein wird. Eine Kopie wurde angefertigt und steht zur Verfügung.

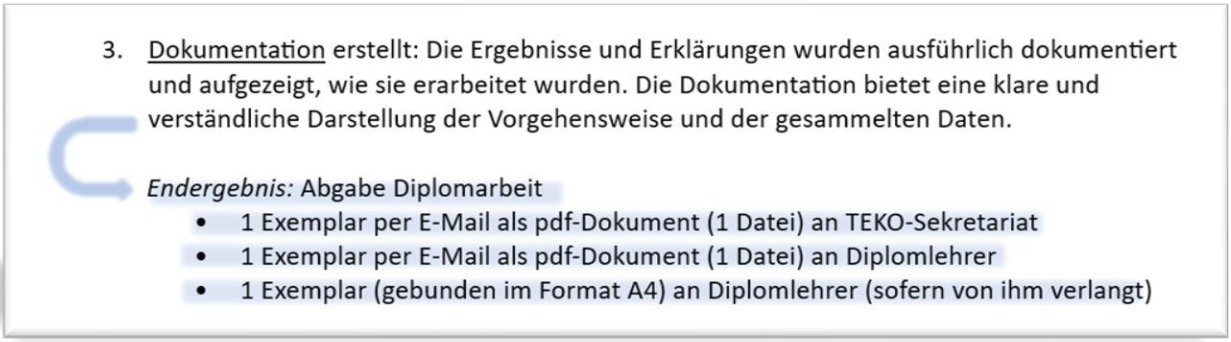
[20] Projektstatusbericht 1
[21] Flyer, Seite 1 / Flyer, Seite 2



2. Messungen durchgeführt: Es wurden Messungen zur Übertragungsqualität für jede Übertragungsart erfolgreich durchgeführt. Ein Versuchsaufbau wurde für jede Technologie erstellt, wobei jeder Aufbau eine gleiche, bestimmte Länge aufwies und die Einbindung eines Endgeräts in das LAN ermöglichte. Bei der Überprüfung der Wi-Fi-Übertragungsart wurde eine räumliche Trennung berücksichtigt, während bei Powerline-Tests verschiedene Stromkreise verwendet wurden. Für Powerline wurden die Tests unter Berücksichtigung der Länge der Niederspannungsinstallation durchgeführt.

   Endergebnis: Alle Messergebnisse liegen in der Dokumentation vor.

Das Ziel, Messungen[22] zur Übertragungsqualität für verschiedene Übertragungsarten durchzuführen, wurde erfolgreich erreicht. Für jede Technologie wurde ein Versuchsaufbau erstellt, der eine gleichbleibende, spezifische Länge aufwies und die Einbindung eines Endgeräts in das LAN ermöglichte. Bei der Überprüfung der Wi-Fi-Übertragungsart wurde eine räumliche Trennung berücksichtigt, während bei den Powerline-Tests verschiedene Stromkreise verwendet wurden. Zudem wurden die Powerline-Tests unter Berücksichtigung der Länge der Niederspannungsinstallation durchgeführt. Alle Messergebnisse sind in der Dokumentation vollständig erfasst.



3. Dokumentation erstellt: Die Ergebnisse und Erklärungen wurden ausführlich dokumentiert und aufgezeigt, wie sie erarbeitet wurden. Die Dokumentation bietet eine klare und verständliche Darstellung der Vorgehensweise und der gesammelten Daten.

   Endergebnis: Abgabe Diplomarbeit
   - 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEKO-Sekretariat
   - 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomlehrer
   - 1 Exemplar (gebunden im Format A4) an Diplomlehrer (sofern von ihm verlangt)

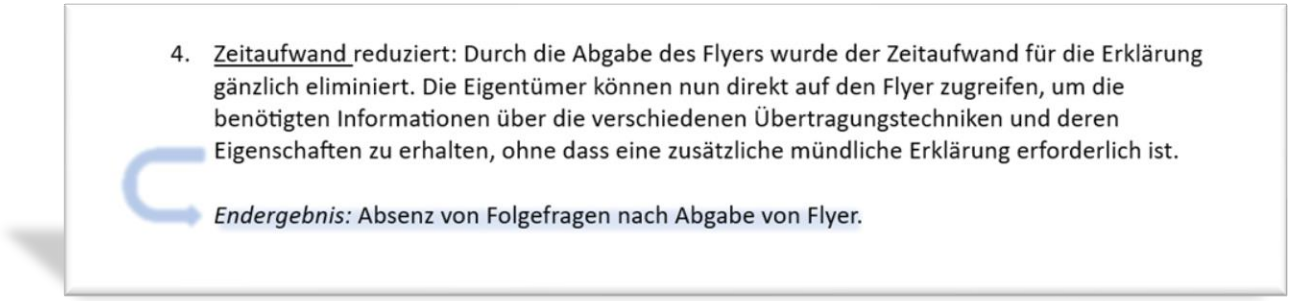
Das Ziel, eine ausführliche Dokumentation der Ergebnisse und Erklärungen zu erstellen, wurde erfolgreich umgesetzt. Die Dokumentation bietet eine klare und verständliche Darstellung der Vorgehensweise und der gesammelten Daten.

Ein Exemplar wurde per E-Mail als PDF-Dokument (1 Datei) an das TEKO-Sekretariat gesendet.

Ein weiteres Exemplar wurde per E-Mail als PDF-Dokument (1 Datei) an den Diplomlehrer übermittelt.

Ein zusätzliches Exemplar im Format A4 wurde in gebundener Form erstellt.

[22] Versuchsaufbau

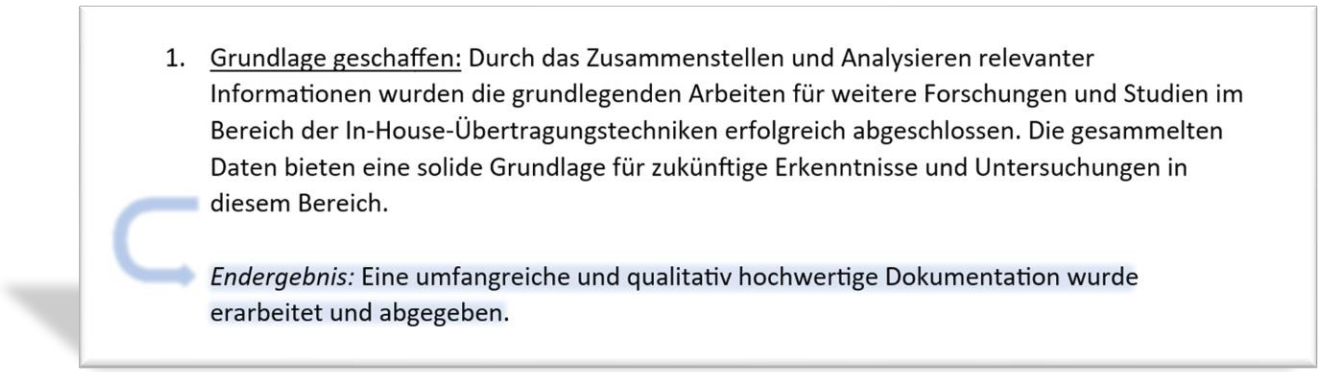


Das Ziel, den Zeitaufwand zu reduzieren, wurde erfolgreich erreicht. Durch die Abgabe des Flyers wurde der Bedarf an zusätzlichen mündlichen Erklärungen gänzlich eliminiert. Die Eigentümer haben nun direkten Zugriff auf den Flyer, um die benötigten Informationen über die verschiedenen Übertragungstechniken und deren Eigenschaften zu erhalten. Dies hat dazu geführt, dass nach der Abgabe des Flyers keine Folgefragen in Verbindung mit diesem Thema gestellt wurden.

Kundenfeedback wird fortlaufen gesammelt.

Das Belegen dieses Ziels bereitete mir Kopfzerbrechen, da es äusserst subjektiver Natur ist. Die Erfüllung dieses Ziels kann nur durch direktes Kundenfeedback erfolgen. Ein quantitatives Ziel wäre hier möglicherweise sinnvoller gewesen. Allerdings ist zu beachten, dass die gesamte Arbeit darauf abzielt, den Zeitaufwand durch Fragen zu reduzieren, und daher die Festlegung quantitativer Ziele begrenzt ist.

8.1.2.2 Kann-Ziele



Das Ziel, eine Grundlage zu schaffen, wurde erfolgreich erreicht. Durch das Zusammenstellen und Analysieren relevanter Informationen wurden die grundlegenden Arbeiten für weitere Forschungen und Studien im Bereich der In-House-Übertragungstechniken abgeschlossen. Die gesammelten Daten bieten eine solide Grundlage für zukünftige Erkenntnisse und Untersuchungen in diesem Bereich. Als Endergebnis wurde eine umfangreiche und qualitativ hochwertige Dokumentation erarbeitet und erfolgreich abgegeben.

2. Methodik etabliert: Es wurde ermöglicht, dass weitere In-House-Übertragungstechniken mithilfe derselben Methodik getestet werden können. Die entwickelte Testmethode ist reproduzierbar und ermöglicht Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Technologien. Somit stehen Forschern und Interessierten klare Richtlinien zur Verfügung, um ähnliche Untersuchungen durchzuführen und die Ergebnisse in Bezug auf die verschiedenen Übertragungstechniken zu vergleichen.

   Endergebnis: Eine klare Vorlage für weitere Tests wurde produziert.

Das Ziel, eine Methodik zu etablieren, wurde erfolgreich erreicht. Dies ermöglicht, dass weitere In-House-Übertragungstechniken mithilfe derselben Methodik getestet werden können. Die entwickelte Testmethode ist reproduzierbar und ermöglicht die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Technologien. Interessierten stehen somit klare Richtlinien zur Verfügung, um ähnliche Untersuchungen durchzuführen und die Ergebnisse in Bezug auf die verschiedenen Übertragungstechniken zu vergleichen. Als Endergebnis wurde eine klare Vorlage für weitere Tests produziert, was die Nachhaltigkeit und Reproduzierbarkeit der Forschung in diesem Bereich fördert.

8.1.3 Reflexion Weg zum Ziel

Bei der Erreichung der Ziele spielte sicherlich die Motivation eine entscheidende Rolle. Das Bedürfnis nach einer klaren Referenz und Hilfe zur Aufklärung dieser Thematik war mir schon länger bewusst, weshalb meine Motivation, diese Gelegenheit zu nutzen und eine klare Antwort für mich selbst und den Kunden zu schaffen, ausserordentlich hoch war. Ich denke, dass mir dies gelungen ist.

Mein Vorwissen in diesem Bereich ergänzte sich nahtlos mit dem neu erlernten Wissen an der TEKO und bildete eine solide Grundlage für diese Arbeit. Da ich bereits zu meinen Zeiten im Customer Field Service (CFS) für die Swisscom ständig mit verschiedenen Technologien vertraut war, wusste ich von Anfang an, welche Technologien ich vergleichen wollte.

Natürlich ist in diesem Feld die einzige Konstante der ständige Wandel, da sich Technologien fortlaufend weiterentwickeln. Das Ergebnis dieser Arbeit muss daher mit diesem Wandel Schritt halten, um relevant zu bleiben.

Ein Zeichen dieses Wandels ist sicherlich die POF-Technologie, die ich in diese Arbeit einbezogen habe. Diese Technologie ist an sich nicht neu, aber ich glaube, aufgezeigt zu haben, welches Potenzial sie birgt.

Eine klare Hürde stellte die Überschneidung des Schulplans mit meiner Arbeit dar. Zu Beginn der Diplomarbeit war der reguläre Schulunterricht noch nicht abgeschlossen, und Prüfungen standen an. In dieser Situation musste ich ein wenig mit meiner Zeit triagieren.

Der Austausch und die Unterstützung durch die TM Concept AG spielten ebenfalls eine entscheidende Rolle. Die Hilfe meines Fachexperten und Vorgesetzten, Herr Karaboga, gewährte mir entscheidende Einblicke und ermöglichte die erfolgreiche Durchführung der Arbeit.

Auch mein Diplomlehrer Herr Schmid stand mir zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite und beantwortete meine drängenden Fragen dies ermöglichte mir, meine Arbeit kontinuierlich zu bearbeiten, ohne grössere Zeitverluste, was bei dem Volumen der Arbeit und der gegebenen Zeit sehr kostbar wahr.

8.1.4 Lessons learnt

Was nicht unerwähnt bleiben sollte, ist der finanzielle Aufwand für die Durchführung dieser Arbeit. Der Erwerb aller «Kits» (Powerline Adapter Kit u. dgl.) sollte für zukünftige Arbeiten auf Basis einer Leihe erfolgen.

Auch der Aufbau einer geeigneten Messumgebung sollte vor der Durchführung der Messungen erfolgen und nicht währenddessen. Das Umrüsten und Beschaffen der Komponenten wie Gigabit LAN-Adapter und der passenden Ethernet-Kabel, nachdem die Messungen bereits begonnen haben, würde sicherlich die Bezeichnung "lessons learned" verdienen.

Eine umfangreiche Kundenbewertung und Reaktion auf den Flyer wäre sicherlich der nächste logische Schritt gewesen. Allerdings wurde dies aufgrund der Begrenzungen des Umfangs dieser Arbeit lediglich in kleinerem Rahmen durchgeführt. Für eine zukünftige Arbeit sollte dies fest im Ablaufplan integriert sein.

8.1.5 Ausblicke

Als Ausblick wäre sicherlich ein stärkerer Fokus auf den Vergleich von Ethernet und POF interessant. Hier könnte erforscht werden, ob POF mit Ethernet mithalten kann und mittels eines Stresstests könnten die Limitationen bewertet werden. Die Vorteile von POF sehr attraktiv, könnten die Nachteile minimiert werden wäre dies eine Lösung das Ethernet sogar an der Spitze der in House Technologien ablösen könnte.

8.1.6 Persönliches Schlusswort, Verdankungen

«Ich kann an dieser Stelle sagen, dass mir diese Arbeit viel Freude bereitet hat. Ich konnte endlich eine Frage klären, die mich seit langem beschäftigt hat.»

Ich möchte mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich stehts unterstützen und diese Arbeit trotz vielleicht nicht derselben Begeisterung für Kabel und Bandbreiten Korrektur gelesen haben (immerhin um die 50 Seiten).

An meinen Vorgesetzten: Vielen Dank für deine fortwährende Unterstützung und Ermutigung.

An meinen Diplomlehrer: Vielen Dank für deine wertvolle Anleitung und Rat während meiner Diplomarbeit.

Ebenso bedanke ich mich herzlich bei der BirsCom GmbH in Binnigen.

9 Eigenständigkeitserklärung

Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit ihrer Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen In-halte sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschrift: Datum/Ort: **22.10.2023 Basel**

Björn Stefan Spörri

10 Verzeichnisse

10.1 Bildverzeichnis

Abbildung 1 Diplom Logo Quelle: Eigene Darstellung 1
Abbildung 2 Ethernet Kabel Quelle 12
Abbildung 3 Topologien Quelle 12
Abbildung 4 W-Lan Verbindungskit Quelle 13
Abbildung 5 Beispiel Wellenausbreitung Quelle 13
Abbildung 6 Powerline Quelle 14
Abbildung 7 Teifpassfilter Quelle 14
Abbildung 8 POF-Kabel Quelle 15
Abbildung 9 LWL-Aufbau Quelle 15
Abbildung 10 Ablaufplanung Quelle: Agantty, Herrlich Media 19
Abbildung 11 Netzwerkplan Quelle: Diagrams.net JGraph Ltd 21
Abbildung 12 Bandbreite Quelle 22
Abbildung 13 Datenmenge Quelle 23
Abbildung 14 packet loss Quelle 24
Abbildung 15 Latenz Quelle 25
Abbildung 16 Jitter Quelle 26
Abbildung 17 Netz interne Messung 27
Abbildung 18 Netz externe Messung 27
Abbildung 19 Grafik Ethernet Messung 28
Abbildung 20 Grafik Powerline Messung 31
Abbildung 21 Grafik W-LAN Messung ohne Trennung 35
Abbildung 22 Grafik W-LAN Messung mit Trennung 35
Abbildung 23 Grafik POF Messung 39
Abbildung 24 Kostenberechnung BirsCom GmbH 41
Abbildung 25 Ethernet Lösung 44
Abbildung 26 POF-Lösung 44
Abbildung 27 W-LAN Lösung 44
Abbildung 28 Poweline Lösung 45
Abbildung 29 Flyer, Seite 1 46
Abbildung 30 Flyer, Seite 2 47
Abbildung 31 Systemaufbau 58
Abbildung 32 Systemaufbau Grafik 59
Abbildung 33 Projektstatusbericht 1 60
Abbildung 34 Projektstatusbericht 2 60
Abbildung 35 Projektstatusbericht 3 61
Abbildung 36 Projektstatusbericht 4 61
Abbildung 37 Projektstatusbericht 5 62

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ethernet Bandbreiten 12
Tabelle 2 Bandbreite W-Lan 13
Tabelle 3 Powerline Bandbreite 14
Tabelle 4 Bandbreite POF-Kabel 15
Tabelle 5 Hardware-Setup Messungen 20
Tabelle 6 Bandbreite Ethernet 29
Tabelle 7 Paketverlust Ethernet 29
Tabelle 8 Bandbreite Powerline Ohne LS 31
Tabelle 9 Paketverlust Powerline Ohne LS 31
Tabelle 10 Bandbreite Powerline mit LS 32
Tabelle 11 Paketverlust mit LS 32
Tabelle 12 Bandbreite W-LAN ohne Trennung 36
Tabelle 13 Paketverlust W-LAN ohne Trennung 36
Tabelle 14 Bandbreite W-LAN mit Trennung 37
Tabelle 15 Paketverlust W-LAN mit Trennung 37
Tabelle 16 Bandbreite POF 39
Tabelle 17 Paketverlust POF 39
Tabelle 18 Materialkosten 41
Tabelle 19 Installationsaufwand 42

10.3 Quellenverzeichnis

Jürg Kuster, C. B. (2019). *Handbuch Projektmanagement.* Schweiz: Springer Gabler.

Donner, D.-I. (.-I. (01. 08 >2013). *IP INSIDER*. Von https://www.ip-insider.de/ abgerufen

https://www.home-fibre.ch/. (2023). Von https://www.home-fibre.ch/shop/de/pof-kabel/103-polymer-optisches-kabel-duplex-bund-9008952010109.html abgerufen

Luber, D.-I. (. (15.05.2020).

Markell, R. (1994). “Better than Bessel” Linear Phase Filters. *LINEAR TECHNOLOGY*, 1-16. Von https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an56.pdf abgerufen

RickMakes. (2023). *https://www.youtube.com*. Von https://www.youtube.com/watch?v=GE3MsbTP_G4 abgerufen

SHUKLA, G. (25. 07 2022). *How-To Geek*. Von https://www.howtogeek.com/813419/how-long-can-an-ethernet-cable-be/#maximum-length-of-an-ethernet-cable abgerufen

Waldispühl, C. (2023). *Signal und Übertragungskanal.* Olten.

11 Anhang

11.1 Systemaufbau

Abbildung 31 Systemaufbau

Systemaufbau Grafik

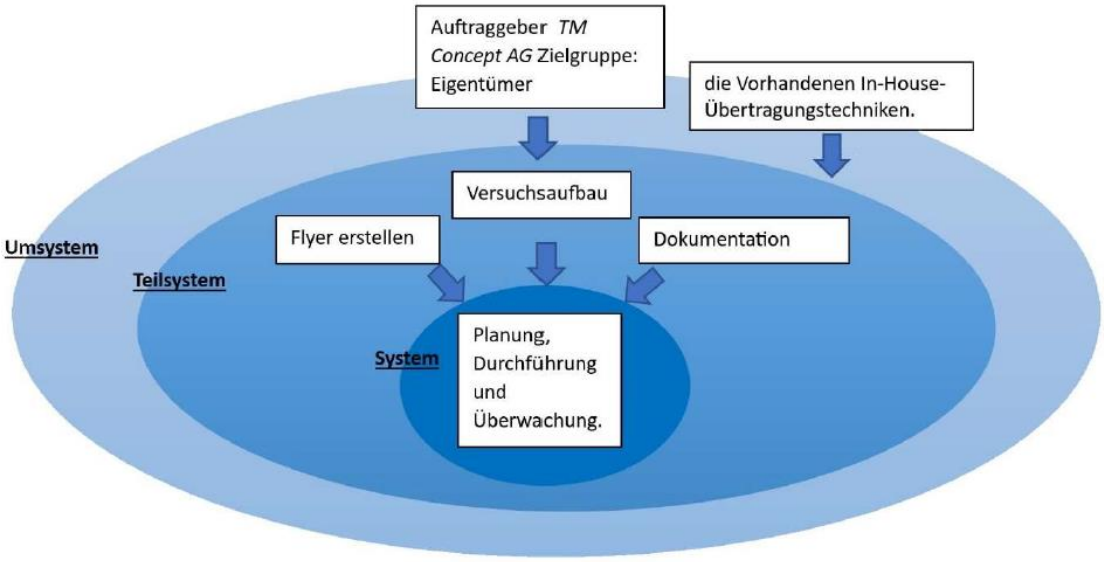


Abbildung 32 Systemaufbau Grafik

11.2 Projektstatusberichte

Projekt: Analyse und Vergleich von In-House-Übertragungstechniken **Stautsbericht:01 KW 37**

Projektleiter	**Projektziele**	**Verteiler**
Björn Spörri	Erstellen von Übersicht und Vergleich in Aufwand, Zeit und Übertragungsqualität über verschiedene In-House-Übertragungstechniken. Erstellen eines Flyers.	• Thomas Schmid, Diplomlehrer

Gesamt-beurteilung	**Projektverlauf**	**Projektklima**	**Termine**	**Risiken**	**Ressourcen**
	■ □ □	■ □ □	□ ■ □	□ ■ □	■ □ □
Tendenz	↗	↗	→	→	↗

Aktueller Projektstand

- Vorbereitungen für Ersten Vorzeigetermin wurden getroffen.
- Meilenstein «Abschluss Initialisierung» liegt am 24.09 an und wir voraussichtlich erreicht.

Was läuft gut?

- Der erstellte Ablaufplan stimmt mit der verfügbaren Zeit überein und gewisse Arbeitspakete wurden bereits frühzeitig abgeschlossen.

Was läuft nicht gut?

- Termin für Statusbericht verpasst.

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen:

- Erinnerungen und Benachrichtigungen einstellen/Mehrere Erinnerungen/Bessere Visualisierung des Terminplans/Tägliche Überprüfung.

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Abbildung 33 Projektstatusbericht 1

Projekt: Analyse und Vergleich von In-House-Übertragungstechniken **Stautsbericht:02 KW 38**

Projektleiter	**Projektziele**	**Verteiler**
Björn Spörri	Erstellen von Übersicht und Vergleich in Aufwand, Zeit und Übertragungsqualität über verschiedene In-House-Übertragungstechniken. Erstellen eines Flyers.	• Thomas Schmid, Diplomlehrer

Gesamt-beurteilung	**Projektverlauf**	**Projektklima**	**Termine**	**Risiken**	**Ressourcen**
	■ □ □	■ □ □	■ □ □	□ ■ □	■ □ □
Tendenz	→	→	↗	→	→

Aktueller Projektstand

- Für den Meilenstein «Abschluss Initialisierung», der am 24.09 anliegt, müssen noch die Arbeitspakete *Qualikationsprofil* und *Vorhandene Technologien Vorstellung* bearbeitet werden

Was läuft gut?

- Erster Meilenstein wird voraussichtlich erreicht.
- Fehlende Hardware POF wurde erworben und ist eingetroffen.
- Termin Statusbericht eigehalten

Was läuft nicht gut?

- Grössere Arbeitslast am Stichtag des ersten Meilensteins

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen:

- Nächster Meilenstein ist Messungen abgeschlossen d.h. Aufbau Testumgebung und durchführen/Dokumentation der Messungen.

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Abbildung 34 Projektstatusbericht 2

Projekt: Analyse und Vergleich von In-House-Übertragungstechniken **Stautsbericht:03 KW 39**

Projektleiter	Projektziele	Verteiler
Björn Spörri	Erstellen von Übersicht und Vergleich in Aufwand, Zeit und Übertragungsqualität über verschiedene In-House-Übertragungstechniken. Erstellen eines Flyers.	• Thomas Schmid, Diplomlehrer

Gesamt-beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz	⇨	⇨	⇘	⇨	⇨

Aktueller Projektstand

- Projekt ist in der Realisationsphase angelangt. Messungen werden durchgeführt.

Was läuft gut?

- Person für gegenlesen konnte gefunden werden.

Was läuft nicht gut?

- Messgerät oder Programm noch nicht Definiert. Messaufbau noch nicht erstellt.
- Höhere Arbeitslast Sonntag und Montag für Meilensteinerreichung.

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen

- Falls der Meilenstein nicht erreicht wird, muss von dem ersten Zeitpuffer Gebrauch gemacht werden, und die Termine nach hinten verschoben werden.
- Mittwoch 04.10 zweiter Besprechungstermin. Vorbereitungen dafür treffen.

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Abbildung 35 Projektstatusbericht 3

Projekt: Analyse und Vergleich von In-House-Übertragungstechniken **Stautsbericht:04 KW 40**

Projektleiter	Projektziele	Verteiler
Björn Spörri	Erstellen von Übersicht und Vergleich in Aufwand, Zeit und Übertragungsqualität über verschiedene In-House-Übertragungstechniken. Erstellen eines Flyers.	• Thomas Schmid, Diplomlehrer

Gesamt-beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz	⇨	⇨	⇨	⇨	⇨

Aktueller Projektstand

- Der Meilenstein «Flyer Finalisieren», liegt am 11.10 an.
- Das Projekt erreicht den Anfang der Abschlussphase.

Was läuft gut?

- Messungen konnten durchgeführt werden.

Was läuft nicht gut?

- Grössere Arbeitslast bis nächsten Meilenstein aufgrund von Verzögerungen von Abschluss Messungen.

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen:

- Nächster Meilenstein ist Flyer Finalisiert, vorletzter Meilenstein vor Abschluss.
- Einholen des Kostenvoranschlages für Installation Ethernet/POF ist der letzte direkter externe Faktor, der die Arbeit beeinflusst.

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Abbildung 36 Projektstatusbericht 4

Projekt: Analyse und Vergleich von In-House-Übertragungstechniken **Stautsbericht:05 KW 41**

Projektleiter	**Projektziele**	**Verteiler**
Björn Spörri	Erstellen von Übersicht und Vergleich in Aufwand, Zeit und Übertragungsqualität über verschiedene In-House-Übertragungstechniken. Erstellen eines Flyers.	• Thomas Schmid, Diplomlehrer

Gesamt-beurteilung	**Projektverlauf**	**Projektklima**	**Termine**	**Risiken**	**Ressourcen**
	■ □ □	■ □ □	■ □ □	□ ■ □	■ □ □
Tendenz	⇨	⇨	⇨	⇨	⇨

Aktueller Projektstand

- Der Meilenstein «Flyer Finalisieren» wurde erreicht.
- Das Projekt ist in der Abschlussphase.

Was läuft gut?

- Flyer wurde erstellt und die Kopien wurden geliefert.
- Erste Korrektur wurde, vom Korrektor zurückgegeben und wird bearbeitet.

Was läuft nicht gut?

- Gewisse Unsicherheiten bei der Erstellung der online Publikation.

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen:

- Der letzte Meilenstein «Überprüfung abgeschlossen» liegt am 21.10.2023 an und wird voraussichtlich, mit Reservezeit erreicht.

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Abbildung 37 Projektstatusbericht 5