



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG



L'intégration des technologies de l'information et de la
communication dans les écoles fribourgeoises

Die Integration der Informations- und Kommunikations-
technologien an den Freiburger Schulen

Verkabelung und Vernetzung in Schulen

Version 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Was ist ein Computernetzwerk?	3
3	Telefonie und Voice over IP (VoIP)	3
4	Die wichtigsten Bestandteile eines Computernetzwerks	3
4.1	LAN: Local Area Network – lokales Netzwerk	3
4.2	Switch	4
4.3	Router	4
4.4	WLAN (WiFi): Wireless Local Area Network – Drahtloses Netzwerk	4
4.4.1	WiFi und Gesundheit	5
5	Firewall	5
6	Inhaltsfilterung	5
7	Arten des Internetanschlusses	6
7.1	Kupferkabel	6
7.2	Glasfaserkabel	6
7.3	Kabelnetzbetreiber	6
8	Prinzip der Gebäudeverkabelung	7
8.1	Struktur eines Verkabelungssystems	7
8.2	Verkabelung der Arbeitsplätze und Normen hinsichtlich der Verbindung	8
8.3	Aktuell geltende Norm (2014)	8
9	Definition der Bedürfnisse zur Erarbeitung eines Pflichtenheftes (Konzept)	9
10	Verkabelungsbeispiel	11
10.1	Grundschemata	11
10.2	Definition des zentralen Verteilerpunktes	11
10.3	Schätzung der Kosten für die Vernetzung	12
10.4	Provider und Netzanschluss	12
10.5	Switch	12
10.6	Schrank	12
10.7	Anschluss- und Patchkabel	12
10.8	Verkabelung inkl. Steckdose im Schrank SOHO 19"	12

1 Einführung

Dieses Dokument behandelt Aspekte und Fragen im Zusammenhang mit der Verkabelung und Vernetzung von Schulen und richtet sich an die technischen Verantwortlichen von schulischen Einrichtungen. Als Unterstützung für die verantwortlichen Stellen stehen auf der Webseite der Fachstelle fri-tic zudem zwei weitere Dokumente zum Herunterladen zur Verfügung, die sich mit dem gesamten Informatikmaterial beschäftigen, das für Schulen im Kanton Freiburg vorgeschlagen wird: «Leitfaden: Empfohlene Informatikrüstung für Primarschulen» und «Leitfaden: Empfohlenes und subventioniertes Informatikmaterial für Orientierungsschulen».

Seit der Einführung von xDSL-Verbindungen ist die Zahl der Internetanschlüsse geradezu explodiert. 2014 handelte es sich bei der grossen Mehrheit der Internetanschlüsse um Verbindungen dieses Typs.

Durch das Aufkommen der Smartphones und 4G-Netze hat sich die Nutzung der Internetverbindung komplett verändert. Heute kann man über ein drahtloses Netz, 4G oder ein Kabelnetz auf das Internet zugreifen. Die Pauschalangebote für Internet der Kommunikationsunternehmen ermöglichen eine Nutzung zu fixen Preisen und damit eine Kontrolle der Kosten.

Die Vernetzung einer Schule ist und bleibt mit erheblichen Investitionen verbunden. Computernetzwerke gehören jedoch wie das Stromnetz zu den festen Bestandteilen eines Gebäudes und die Installation eines solchen Netzes legt den Grundstein für die Nutzung des Internets in den Schulen.

2 Was ist ein Computernetzwerk?

Ein **Computernetzwerk** ist ein Zusammenschluss verschiedener Systeme, der die Kommunikation der einzelnen Systeme und den Austausch von Daten untereinander ermöglicht.

Unabhängig von der zugrunde liegenden Technologie werden solche Netze als Matrix betrachtet. **Horizontal** setzt sich ein Netzwerk aus drei Schichten zusammen: Infrastrukturen, Kontroll- und Befehlsfunktionen sowie Dienste für die Nutzerinnen und Nutzer. **Vertikal** wird oft eine geografische Unterteilung vorgenommen: lokales Netz, Zugangsnetz und Verbindungsnetzwerk.

Dieses Dokument beschäftigt insbesondere mit Kabelnetzen und den Elementen, aus denen diese zusammengesetzt sind.

Netzverkabelungen basieren meistens auf einer Ethernet-Sterntopologie.

Solche Verkabelungen sind nicht nur schnell, sondern bieten vor allem den Vorteil, dass sich ein Computer mit dem Netz verbinden oder die Verbindung abbrechen kann, ohne dass das Netz an sich dadurch unterbrochen wird.

3 Telefonie und Voice over IP (VoIP)

Das Computernetzwerk kann auch zur Sprachübertragung verwendet werden. In vielen Fällen wird die universelle Verkabelung eines Gebäudes auch für die Telefonie genutzt. In diesem Fall müssen zusätzliche Anschlüsse für die Endgeräte vorgesehen werden.

4 Die wichtigsten Bestandteile eines Computernetzwerks

4.1 LAN: Local Area Network – lokales Netzwerk

In einem lokalen Netzwerk können mehrere Arbeitsplätze miteinander verbunden werden.



Dies ermöglicht den direkten Austausch von Daten zwischen den Arbeitsplätzen, ohne dass dazu Datenträger wie CD, DVD oder USB-Stick benötigt werden.

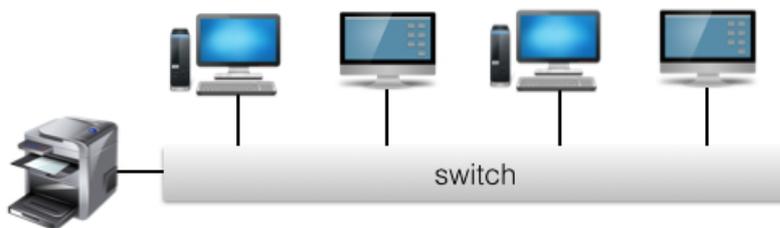
Ein lokales Netzwerk erlaubt zudem:

- Dateien, Dossiers und Dokumente miteinander zu teilen;
- einen gemeinsamen Drucker zu nutzen;
- die Dokumente zentral und in aktualisierter Form aufzubewahren;
- einen globalen Internetzugang.

4.2 Switch

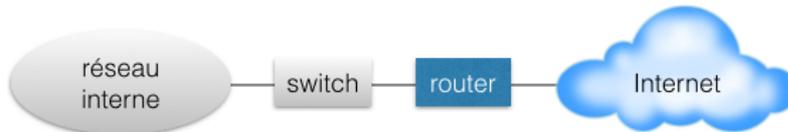
Wenn mehr als zwei Computer vernetzt werden, muss ein Switch eingesetzt werden. Dieses Gerät koordiniert den Datenfluss zwischen den Computern und den Peripheriegeräten, die am Netzwerk angeschlossen sind.

Der Switch übermittle die Daten zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen und hält für jeden Computer eine maximale Verbindungsgeschwindigkeit von 100 oder 1000 Mb/s aufrecht. Die Datenübertragungsrate hängt damit nicht von der Grösse des Netzwerks ab.



4.3 Router

Ein Router verwaltet den Datenfluss zwischen zwei Netzen. Oft ist eines der Netze das Internet und das andere das mehr oder wenige grosse Netzwerk der Schule.

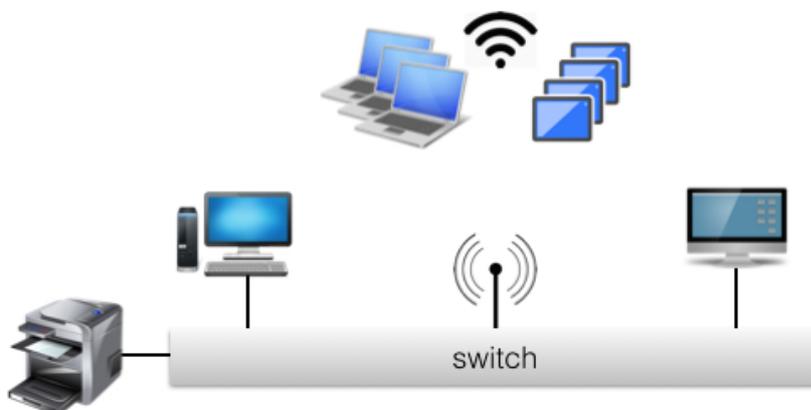


4.4 WLAN (WiFi): Wireless Local Area Network – Drahtloses Netzwerk

WLAN ist die ideale Lösung, um Arbeitsplätze miteinander zu verbinden, falls die Verkabelung eines Gebäudes Schwierigkeiten bereitet oder die Arbeitsplätze mobil sind.

Dabei handelt es sich um ein drahtloses lokales Netzwerk (LAN) mit einer Reichweite von rund 50 Metern, mit dem sich ein mobiler Nutzer über Funkverbindung verbinden kann.

Das WLAN-System kann mit einem LAN kombiniert werden.



Die Technologie stützt sich auf den IEEE 802.11-Standard. WLAN-Geräte haben eine Übertragungsfrequenz zwischen 2,4 GHz und 5 GHz. Der Frequenzbereich von 2,4000 bis 2,4835 GHz ist in 14 Kanäle aufgeteilt, von

denen einige in gewissen Ländern nicht genutzt werden dürfen. In Frankreich beispielsweise ist der Kanal 13 für die Armee reserviert.

WLAN-Funkzellen haben eine Reichweite von rund 50 Metern. Das Roaming zwischen den Zellen gehört zu den Basisfunktionen einer jeden WLAN-Ausrüstung.

Der heutige Standard ist die 802.11g-Spezifikation.

Übertragungsfrequenz	Leistung	Distanz
2,4 GHz	802.11b → 11Mb/s	50 m
5 GHz	802.11a → 54Mb/s	50 m
2,4 GHz	802.11g → 36/54 Mb/s	50 m
2,4 GHz & 5 GHz	802.11n → 540 Mb/s	50 m

4.4.1 WiFi und Gesundheit

Drahtlose Netzwerke (WiFi) sind in Schulen äusserst beliebt und bieten zahlreiche Vorteile. Es lohnt sich jedoch, die Strahlenbelastung präventiv so gering wie möglich zu halten, um allfällige Auswirkungen auf die Gesundheit einzuschränken. Zu diesem Zweck sollten die folgenden Grundsätze eingehalten werden:

- Den Hotspot (Internetzugriffspunkt) wenn möglich mindestens 2 Meter vom nächsten Arbeitsplatz und von während längerer Zeit benutzten Aufenthaltsräumen, Spiel- oder Pausenplätzen entfernt positionieren.
- Den Hotspot zentral platzieren, damit alle Geräte einen guten Empfang haben.
- Wenn eine Regulierung der Signalstärke möglich ist, sollte diese für den Hotspot entsprechend der Zone eingestellt werden, die abgedeckt werden soll.
- Ein WiFi-Sender darf nur mit einer Antenne benutzt werden, die vom Hersteller für diesen Zweck vorgesehen ist. Wenn eine Antenne mit einem höheren Antennengewinn verwendet wird, besteht die Gefahr, dass die maximal zulässige Sendeleistung überschritten wird, was gegen das Fernmeldegesetz verstossen würde.
- Bei einer WiFi-Verbindung den Laptop oder das Tablet nicht nahe am Körper halten.

Weitere Empfehlungen und Referenzen sind unter der folgenden Adresse verfügbar: <http://www.fri-tic.ch/wifi>

5 Firewall

Eine Firewall ist eine Software und/oder ein System, mit dem die für das Netzwerk geltende Sicherheitspolitik gewährleistet werden kann. Im Rahmen dieser Politik wird definiert, welche Arten von Kommunikation auf dem Netz zulässig sind. Das Ziel einer Firewall besteht im Wesentlichen darin, das Netzwerk vor unbefugten Zugriffen zu schützen.

Im Projekt «Schulen ans Internet» der Swisscom ist die Firewall ein fester Bestandteil des Konzepts. Dies garantiert den Schulen einen sehr guten Schutz. Die Fachstelle fri-tic ist verantwortlich für den Unterhalt der Firewall.

6 Inhaltsfilterung

Zur Inhaltsfilterung werden verschiedene Technologien eingesetzt, die den Zugang zu bestimmten Webseiten einschränken, die über Internet normalerweise aufgerufen werden können.

Die Internetverbindung einer Schule muss über einen Inhaltsfilter gesichert werden. Das ist für alle obligatorischen Schulen im Kanton Freiburg zwingend. Alle Einzelheiten dazu sind in der Weisung der Direktion für Erziehung, Kultur und Sport (EKSD) des Kantons Freiburg vom 1. Januar 2006 über die Veröffentlichung von Personendaten im Internet zu finden. Sie steht unter der folgenden Adresse zur Verfügung: <http://www.fri-tic.ch/dyn/9.asp?url=41446.asp>

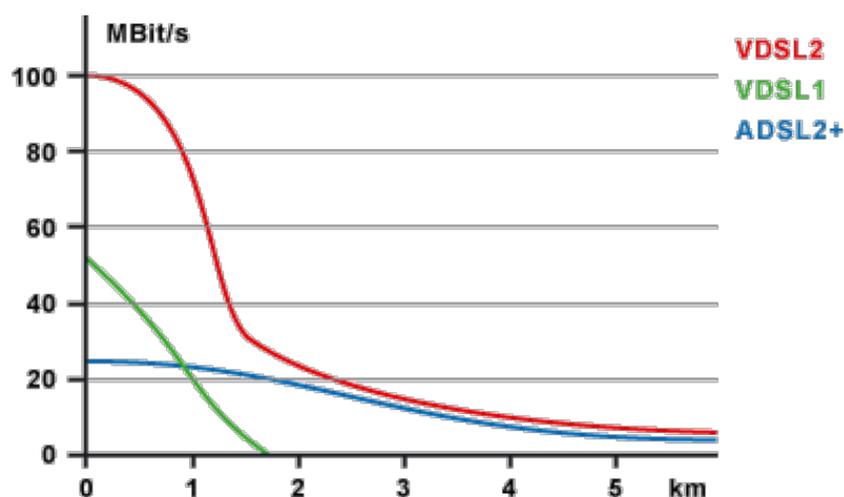
Schulen, die an das von der Fachstellen fri-tic verwaltete und von der Swisscom gesponsorte Bildungsnetz angeschlossen sind, profitieren automatisch von einer wirksamen Software zur Inhaltsfilterung.

7 Arten des Internetanschlusses

7.1 Kupferkabel

Der Ausdruck «Digital Subscriber Line», DSL oder auch xDSL bezieht sich auf alle Technologien, die eingesetzt werden, um Daten digital über eine Festnetzverbindung oder Standleitungen zu übertragen.

Die Verbindung zum Internet wird dabei über ein herkömmliches Kupferkabel hergestellt. 2014 waren über VDSL2-Verbindungen je nach Technologie und Distanz zwischen der Schule und dem Verteilerpunkt Übertragungsraten von 5 bis 100 Mb/s möglich. Eine Schule, die weniger als 1000 Meter von einem Verteilerpunkt entfernt liegt, kann von einer maximalen Geschwindigkeit von 100 Mb/s profitieren.



Die Betreiber planen, VDSL2 parallel zum FTTS (Fibre To The Street, Glasfaserausbau bis kurz vor die Gebäude) einzusetzen, damit die Verteilerpunkte der Netzwerke maximal 500 Meter von den Abonnenten entfernt liegen. Dies würde in 5 bis 10 Jahren Übertragungsraten zwischen 100 und 500 Mb/s ermöglichen.

xDSL-Verbindungen sind in der Regel asymmetrisch. Die Download-Geschwindigkeit ist dabei 5 bis 10 Mal höher als die Upload-Geschwindigkeit.

7.2 Glasfaserkabel

Ein FTTH-Netz (Fiber To The Home) ist ein Telekommunikationsnetz, bei dem die Glasfaserkabel bis in die Gebäude der Abonnenten verlegt werden. Die Installation solcher Netze ist im Kanton Freiburg im Gang. Durch die Entwicklung der FTTS-Technologien dürfte sich die Ausbreitung der FTTH-Netze jedoch verlangsamen und es könnte sein, dass nur ein Teil der Schulen direkt an das Glasfasernetz angeschlossen werden.

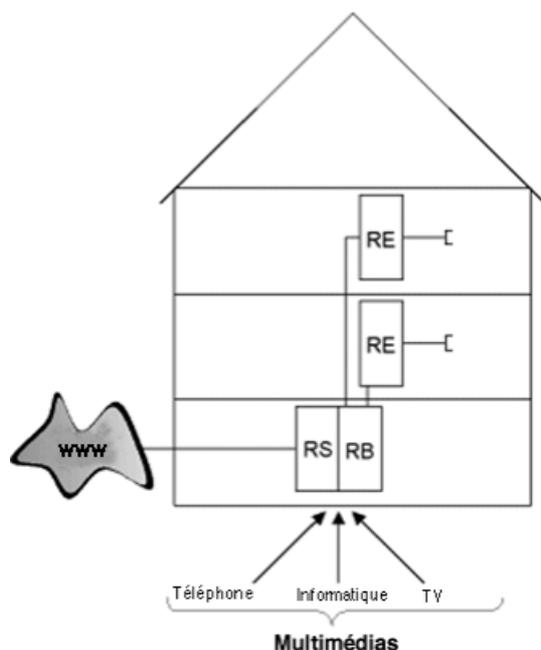
FTTH-Verbindungen bieten in der Regel eine symmetrische Übertragungsraten von 10 bis 1000 Mb/s.

7.3 Kabelnetzbetreiber

Die Netze der Kabelnetzbetreiber können ebenfalls für den Internetzugang verwendet werden. Die koaxiale Verkabelung (Fernsehkabel) ist für die Übertragung von Fernseh- und Radioprogrammen konzipiert. Datenübertragungsraten von mehreren Mb/s sind daher absolut unproblematisch.

8 Prinzip der Gebäudeverkabelung

8.1 Struktur eines Verkabelungssystems



OV: Ortsverteiler
Ermöglicht Verbindungen nach aussen

GV: Gebäudeverteiler
Sehr häufig mit einem Ortsverteiler verbunden. Ermöglicht eine Konzentration der Verbindungen im Gebäude.

EV: Etagenverteiler
Ermöglicht die Verteilung bis zu den Arbeitsplätzen.

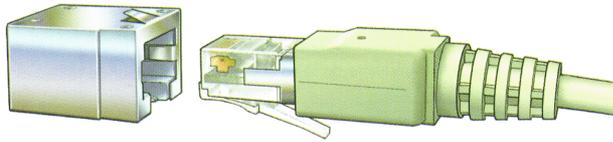
Die Verkabelung wird in drei Kategorien unterteilt:

- PRIMÄRE VERKABELUNG:
Verbindungen zwischen Gebäuden und ausserhalb von Gebäuden.
Wird in grossen Gebäuden bzw. auf grossen Arealen mit Glasfaserkabeln erstellt.
- SEKUNDÄRE VERKABELUNG:
Verbindung zwischen dem Gebäudeverteiler GV und den Etagenverteiler EV.
Wird mit Glasfaser- und/oder Kupferkabeln erstellt.
- TERTIÄRE VERKABELUNG:
Verbindung zwischen dem Etagenverteiler EV und den Arbeitsplätzen.
Wird in der Regel mit Kupferkabeln erstellt. Die Normen fordern eine maximale Distanz von 90 m + 2 x 5 m für die Verbindungsschnüre.
- In kleinen Gebäuden können sich OV, GV und EV am gleichen Ort befinden. Dabei kann auf einen Etagenverteiler verzichtet werden.

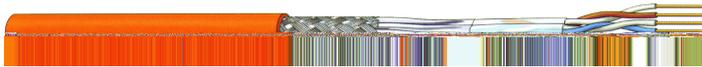
Das Ziel besteht darin, die multimedialen Infrastrukturen an **einem einzigen Punkt** des Gebäudes zu konzentrieren.

8.2 Verkabelung der Arbeitsplätze und Normen hinsichtlich der Verbindung

Die einzige internationale Norm definiert den Verbindungstyp RJ45. Alle Apparaturen und Schnittstellen sind heutzutage mit diesem Verbindungstypen ausgestattet.

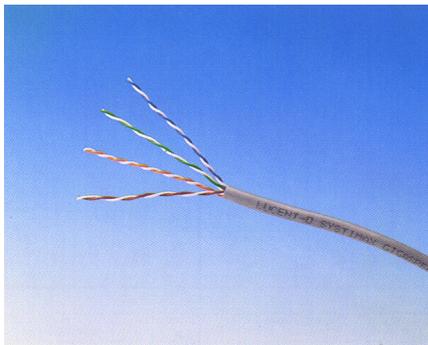


Die Verbindungskabel können abgeschirmt oder nicht abgeschirmt sein. Sie bestehen aus 4 verdrehten Paaren.



Der Vorteil eines abgeschirmten Kabels besteht darin, dass es eine grosse Immunität gegen äussere Störungen bietet. Allerdings benötigt eine solche Verkabelung identische Erdungen an beiden Enden.

Diese Erdung muss an allen Punkten des Gebäudes identisch sein. Dieser Verkabelungstyp ist komplizierter zu installieren und erfordert viele Vorkehrungen. Die Kabel haben zudem einen grossen Durchmesser.



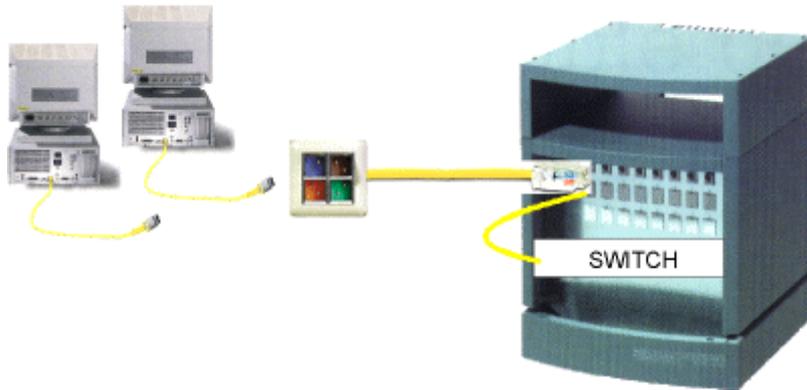
Ein nicht abgeschirmtes Kabel ist kleiner, billiger in Betrieb zu setzen und verursacht keine Probleme bezüglich der Erdung. Es eignet sich besonders für alte Gebäude, in denen die Möglichkeiten einer korrekten Erdung nicht bekannt oder unsicher sind.

8.3 Aktuell geltende Norm (2014)

Die aktuell geltende Norm ist die Kategorie 6 (Stand 2014). Sie erlaubt auf einem LAN-Netz Datenübertragungsraten von bis zu 1 Gb/s.

Aktuell sind Arbeitsplätze über Switch oder Hub mit Geschwindigkeiten von 100 Mb/s oder 1000 Mb/s miteinander verbunden.

Um die Datenübertragungsraten auf einem LAN-Netz zu gewährleisten, muss zwingend ein «Verkabelungssystem» gewählt werden. Das bedeutet, dass das gesamte Material – vom Ortsverteiler bis hin zum Anschluss beim Arbeitsplatz – zur gleichen Produktpalette gehören und von einem einzigen Lieferanten stammen muss.



9 Definition der Bedürfnisse zur Erarbeitung eines Pflichtenheftes (Konzept)

Die Erarbeitung eines Konzeptes ist eine sehr wichtige Etappe, die unbedingt von der Schule selbst übernommen werden muss. Bei Bedarf kann die Fachstelle fri-tic Unterstützung bieten. Die Punkte 5 bis 13 des Konzeptes können auch einem Ingenieurbüro übertragen werden.

1. Ein Nutzerkonzept erstellen, das den besonderen Bedürfnissen der Schule Rechnung trägt.
 - Nicht abschliessende Liste der abzuklärenden Fragen und der zu erstellenden Dokumente:
 - Zu welchem Zweck sollen die Computer eingesetzt werden?
 - Wo sollen die Computer platziert werden?
 - Wie sollen die Computer genutzt werden?
 - Eine gestaffelte Planung der Investitionskosten für die Computer und Peripheriegeräte über mehrere Jahre erstellen.
 - Wie viele Computer sollen letztlich vorhanden sein?
 - Wie sollen die Computer untereinander verbunden sein? (Kabel, drahtloses Netz usw.)
 - Einen Installationsplan erarbeiten.
2. Standort der Arbeitsplätze definieren. Zukünftige Erweiterungen einplanen.
3. Standort der Drucker, WiFi-Stationen usw. definieren.
4. Wenn die Telefonie Teil des Konzeptes ist, die entsprechenden Standorte ebenfalls einplanen.
5. Ein Grundschema der gewünschten Installation erarbeiten.
6. Den zentralen Punkt festlegen, von wo aus die Arbeitsplätze verkabelt werden sollen.
7. Definieren, ob und an welchen Stellen Ortsverteiler (OV), Gebäudeverteiler (GV) und Etagenverteiler (EV) eingeplant werden müssen.
8. Sicherstellen, dass der am weitesten entfernte Arbeitsplatz nicht mehr als 90 m vom Etagenverteiler entfernt liegt.
9. Festlegen, wo die Netzwerkkomponenten untergebracht werden sollen.
Schrank 19"



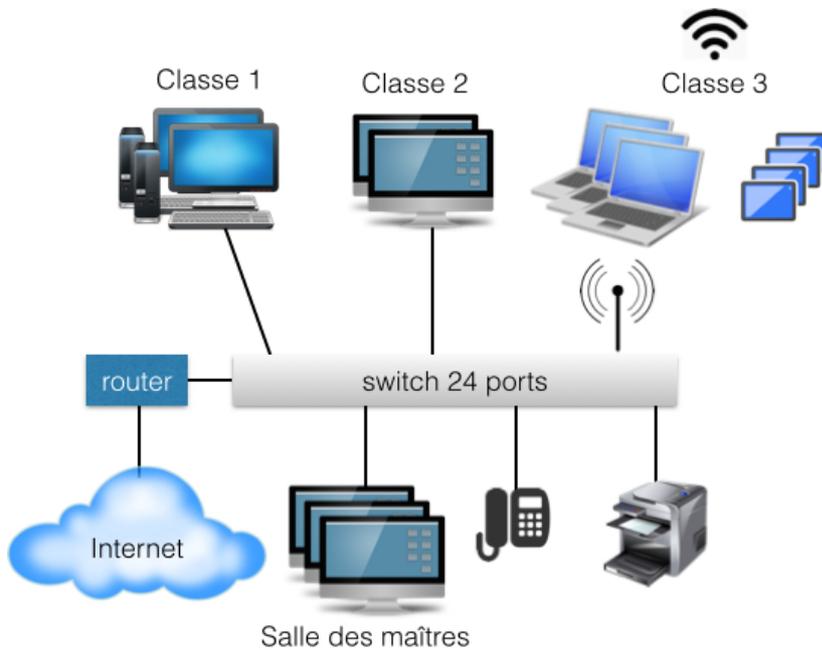
10. Definieren, welche bestehenden Installationen übernommen und/oder angepasst werden sollen, einschliesslich Kabelkanäle, Rohre usw.
11. Die für das Netzwerk notwendigen Kabelkanäle im Boden wenn möglich bereits beim Bau des Gebäudes einplanen.
12. Definieren, wie der Zugang zur Aussenwelt erfolgen soll (xDSL, Glasfaserkabel usw.).
13. Den aktiven (Switch) und/oder passiven (Hub) Ausrüstungstyp bestimmen.
14. Die Art der Verkabelung festlegen (RJ45).

Bemerkung: Es wird empfohlen, die Dienste eines spezialisierten Ingenieurbüros in Anspruch zu nehmen.

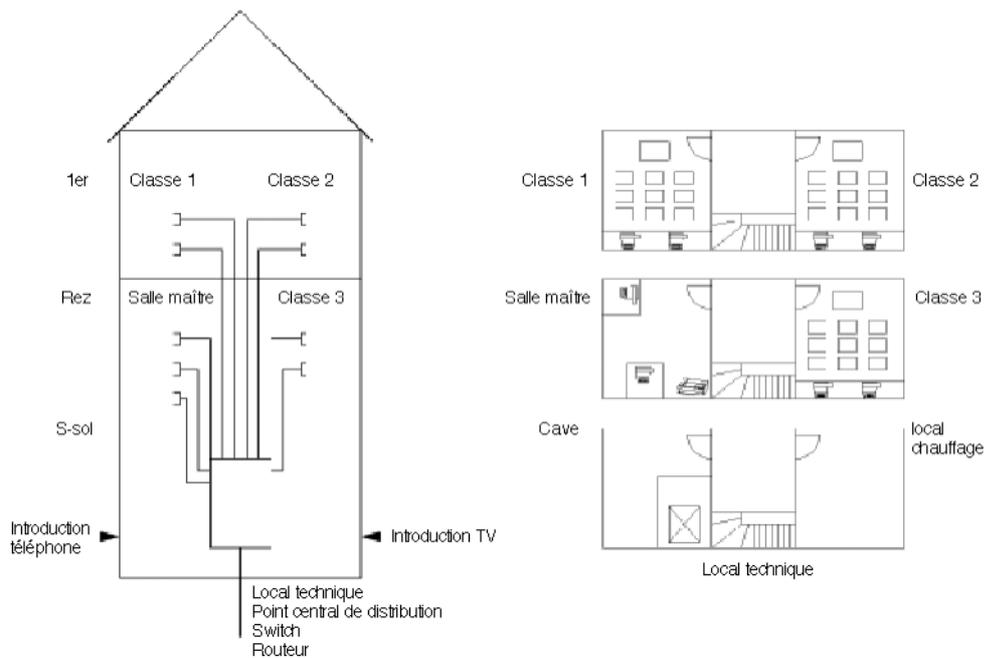
10 Verkabelungsbeispiel

Beispiel der Verkabelung einer Schule mit 3 Schulzimmern mit je 2 Computern und einem Lehrerzimmer mit 2 Computern und einem Netzwerkdrucker.

10.1 Grundschemata



10.2 Definition des zentralen Verteilerpunktes



Wenn möglich festlegen, wo die Kabel durchführen sollen.

Sicherstellen, dass kein Kabel mehr als 90 Meter lang ist.

10.3 Schätzung der Kosten für die Vernetzung

Bei den angegebenen Preisen handelt es sich um Richtwerte (Stand 2014).

10.4 Provider und Netzanschluss

«Schulen ans Internet», gesponsort von Swisscom», Installationskosten HT **gratis**
(Gültig 3 Jahre nach Inbetriebnahme. Der Router ist inbegriffen.)

10.5 Switch

Switch mit 24 Ports HT Fr. 500.00
(Es gibt zahlreiche Anbieter und verschiedene Anschlusskapazitäten.)

10.6 Schrank

Zum Beispiel SOHO maxi case 48 HT Fr. 650.00

10.7 Anschluss- und Patchkabel

RJ45-RJ45: Preis / Stück HT Fr. 14.00

10.8 Verkabelung inkl. Steckdose im Schrank SOHO 19"

Grobe Schätzung der Kosten

Verkabelung und Steckdosen am Arbeitsplatz, **pro Steckdose:** HT Fr. 300.00

Verkabelung der Telefonlinie bis zum technischen Raum HT Fr. 200.00

Installation der zusätzlichen 230V-Steckdosen, **pro Steckdose:** HT Fr. 150.00