

# RAUCH

FUTURE OF SOUND EXPERIENCE

**THEATER – NETZWERK DER ZUKUNFT**

WIE IP-NETZE GELINGEN UND NACHHALTIG  
EINGESETZT WERDEN KÖNNEN.

WAS VERSTEHEN WIR UNTER NETZWERK?

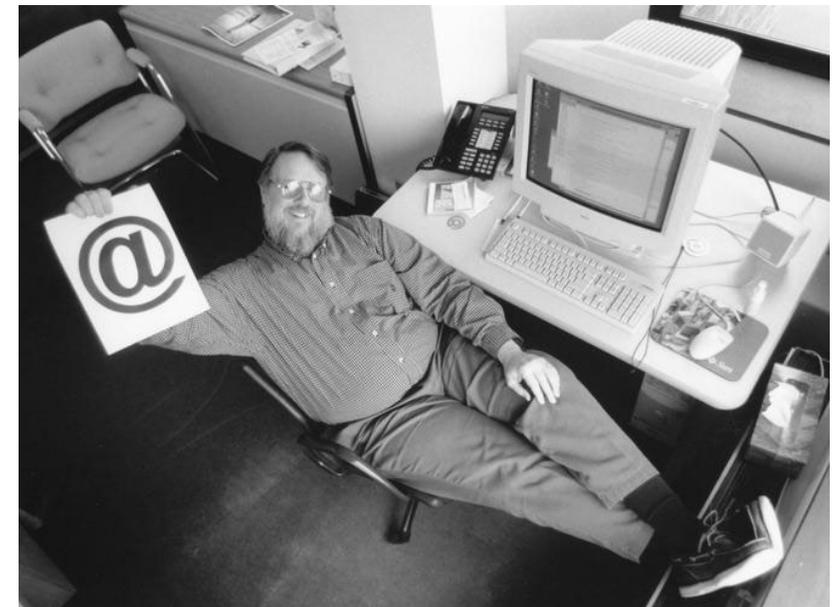
## WAS SPRICHT FÜR DIE VERNETZUNG?

- Mehr **Automatismus**
- Weniger Fehlerquellen (durch weniger manuelle Eingriffe in den Ablauf)
- Zeitgenauer, ggf. auch **schnellerer Ablauf**
- Weniger Personal notwendig / **geringere Personalkosten**
- **Signalübermittlung** in verschieden hohen Bandbreiten
- Ggf. **Statusrückmeldung** (Lampe leuchtet, Ton wurde ausgegeben, ...)
- Datenaustausch **zwischen den Gewerken**
- **Gewerkeübergreifende** Interaktion / Steuerung / Kommunikation

# WIE HABEN SICH NETZWERKE ENTWICKELT?

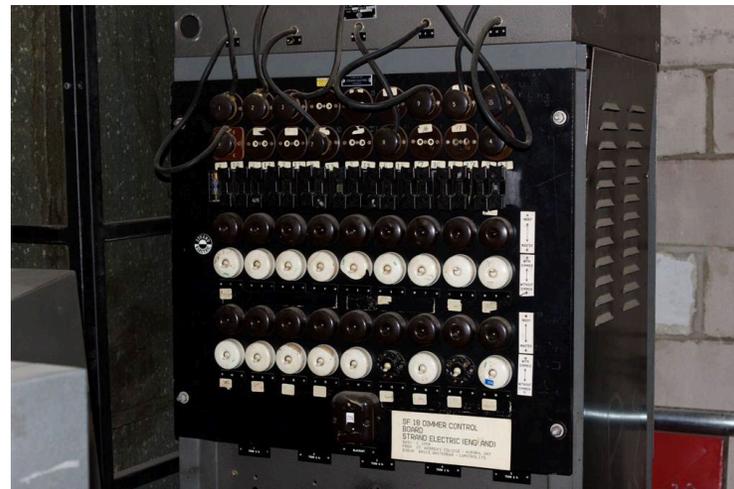
## AUSFLUG IN DIE HISTORIE DER NETZWERKE

- Erste Überlegungen zum **Vernetzten von Rechnern** entstanden während des Kalten Krieges
- 1969: Entstehung von **ARPANet** (Advanced Research Projects Agency)
- Ziel: **Sicherung und Austausch** von Informationen
- 1972: **erste E-Mail**
- 1980er: **Abspaltung** MilNet (Military Network) und **Zusammenschluss** mit NFSNet (National Science Foundation Network) zu Forschungs- und Bildungszwecken



# 1980

- Gewerke betreiben **unabhängig** voneinander ihre Technik in der **analogen Welt**
- 0 - 10V Lichtsteuerung
- Rundfunkkassettentechnik
- **Vereinzelt** erste digitale Protokolle
- Erste programmierbare Audio- und Lichtmischpulte: **analoge Signalbearbeitung** und **digitale Steuerung** (Abrufen von Parametereinstellungen, etc.)
- Erste digitale Protokolle zur Audioübertragung, z.B. S/PDIF ca. 20 Meter möglich



## 1990

- **Rechner** (MAC / PC) halten Einzug
- Erste **volldigitale Mischpulte** verfügbar
- **Erste** Netzwerkfunktionalitäten zur Steuerung
- Punktuell werden **Schnittstellen** geschaffen (z.B. Timecode / Midi)
- **RS-232 und RS-422/485** halten Einzug in die Audio- und Lichttechnik
- DB9 Stecker / Buchse **bis heute** noch an nahezu jedem Gerät zu finden
- Erste **volldigitale Audiomischpulte** (z.B. Lawo mc-Serie, Yamaha 02R), die Netzwerklösungen und lineares Audio über ATM anbieten.
- **ATM**: Asynchroner Übertragungsmodus: vermittelnde, verbindungsorientierte Basistechnologie für Weitverkehrs- und lokale Netze (LAN)
- **Gewerkübergreifend** einfache Steuerungen per Timecode
- **Lichtleiter**: ADAT Audioschnittstelle zur Übertragung von mehrkanaligen digitalen Audiosignalen via Lichtleiter



## 2000

- Wachsende Zahl an Übertragungsprotokollen – je Gewerk
- **Real-Time** Audio-Processing Mischpulte werden **State of the Art** in der Livebranche
- Dies begünstigt die **dazugehörigen**, in der Anzahl wachsenden, (IP-basierten) Übertragungsprotokolle



## 2010 - JETZT

### **STANDARDSANIERUNG** MEHRERER PROTOKOLLE DURCH Z.B.:

- Society of Motion Picture and Television Engineers („SMPTE“)
- European Broadcasting Union („EBU“)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers („IEEE“)
- AVNU Alliance – Entwicklung des MILAN Protokolls (deterministisches Netzwerkprotokoll)



# NETZWERKE IN DER THEATERWELT

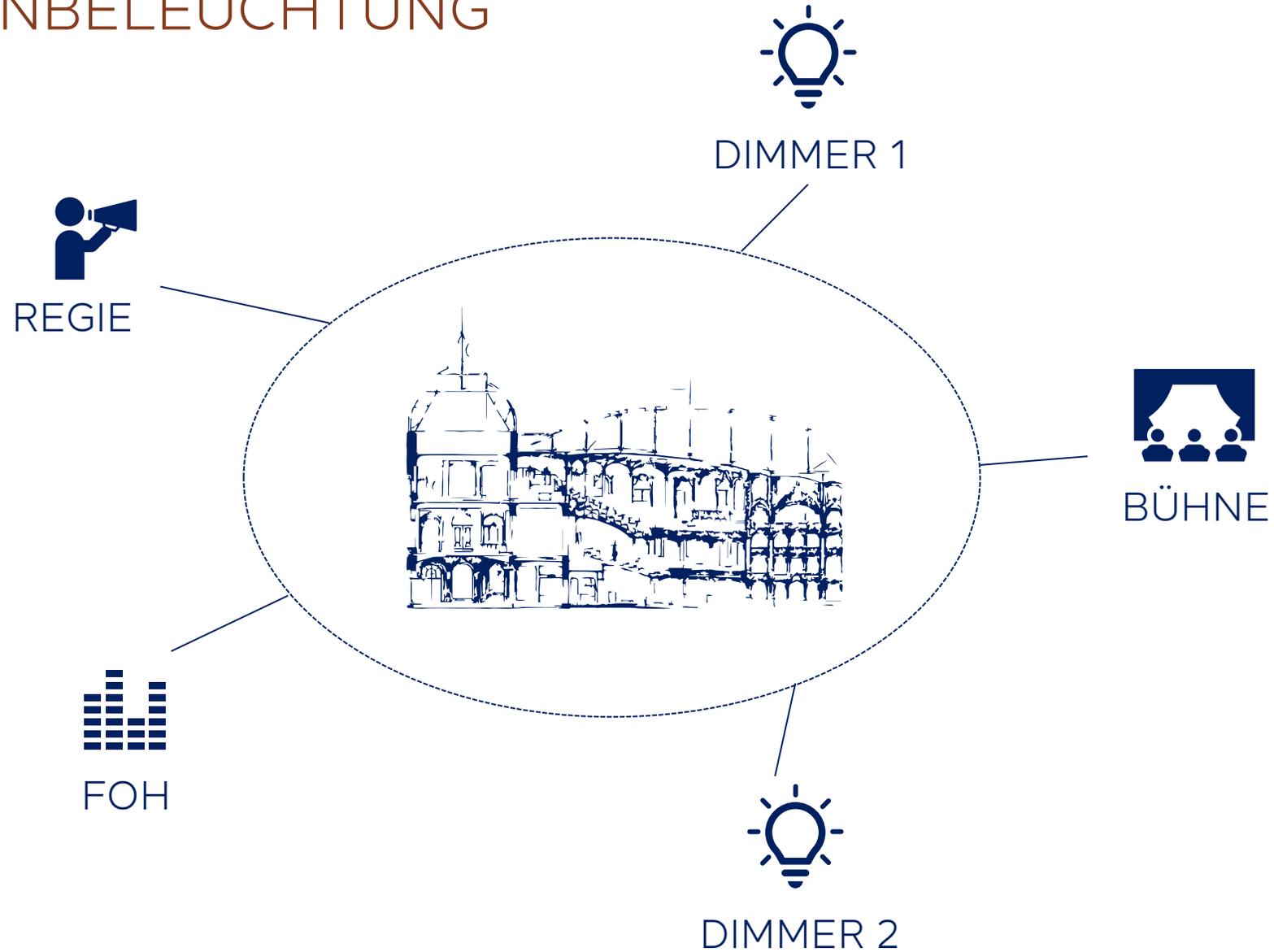
## ÜBLICHER **IST-STAND**:

### **Jedes Gewerk** betreibt **ein Netzwerk**

- Kontrolle über Netzwerk → Klarheit über Verantwortung, **Gewerketrennung**
- **Spezifische Ansprüche** (Bandbreite, Latenz, Senken / Quellen, ...) an Netzwerk
- Zu unterschiedlichen Zeitpunkten **saniert/gewachsen/digitalisiert**
- **Unterschiedliche** Kompetenzen und Anforderungen im Gewerk vorhanden

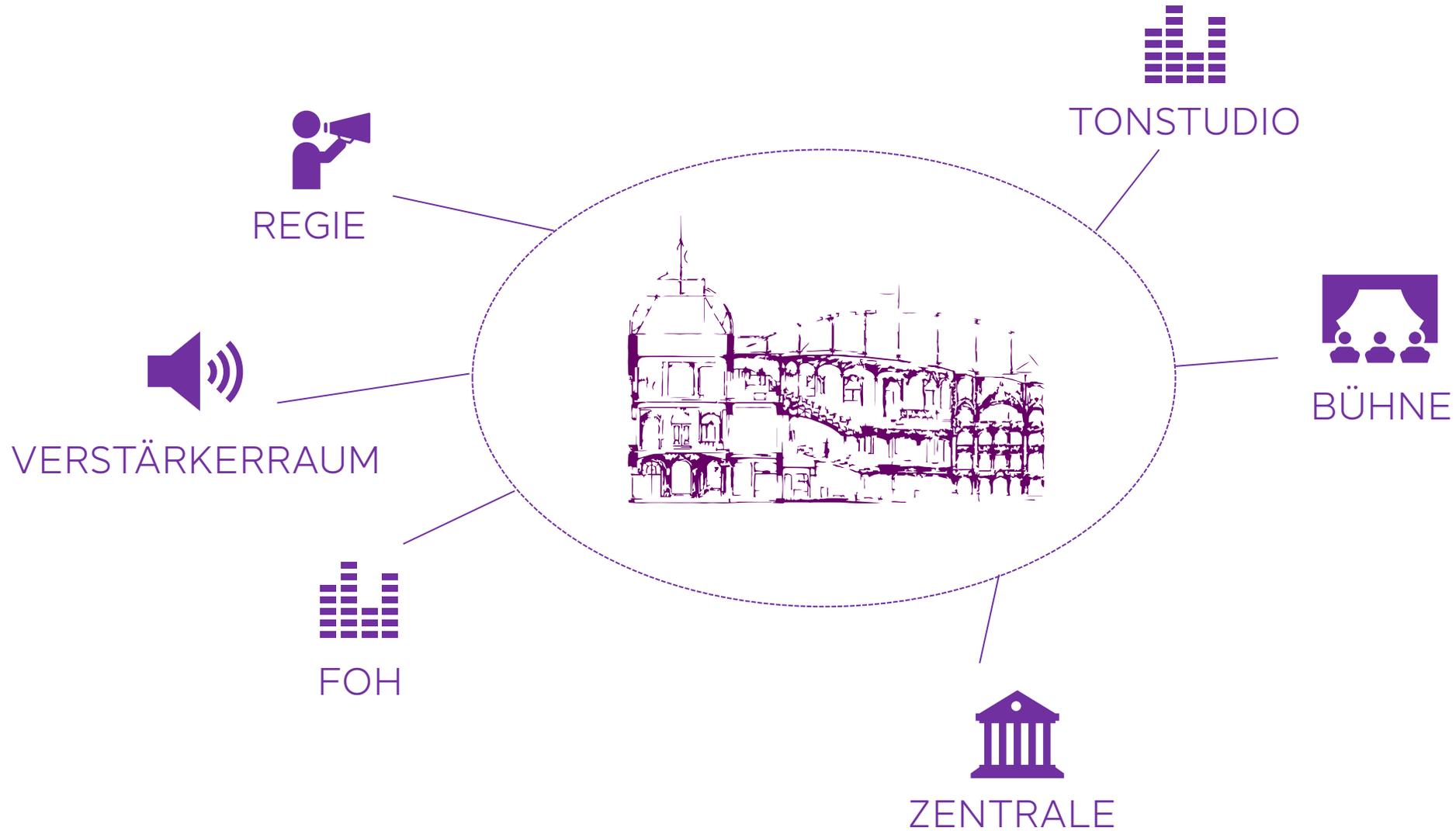
# BÜHNENBELEUCHTUNG

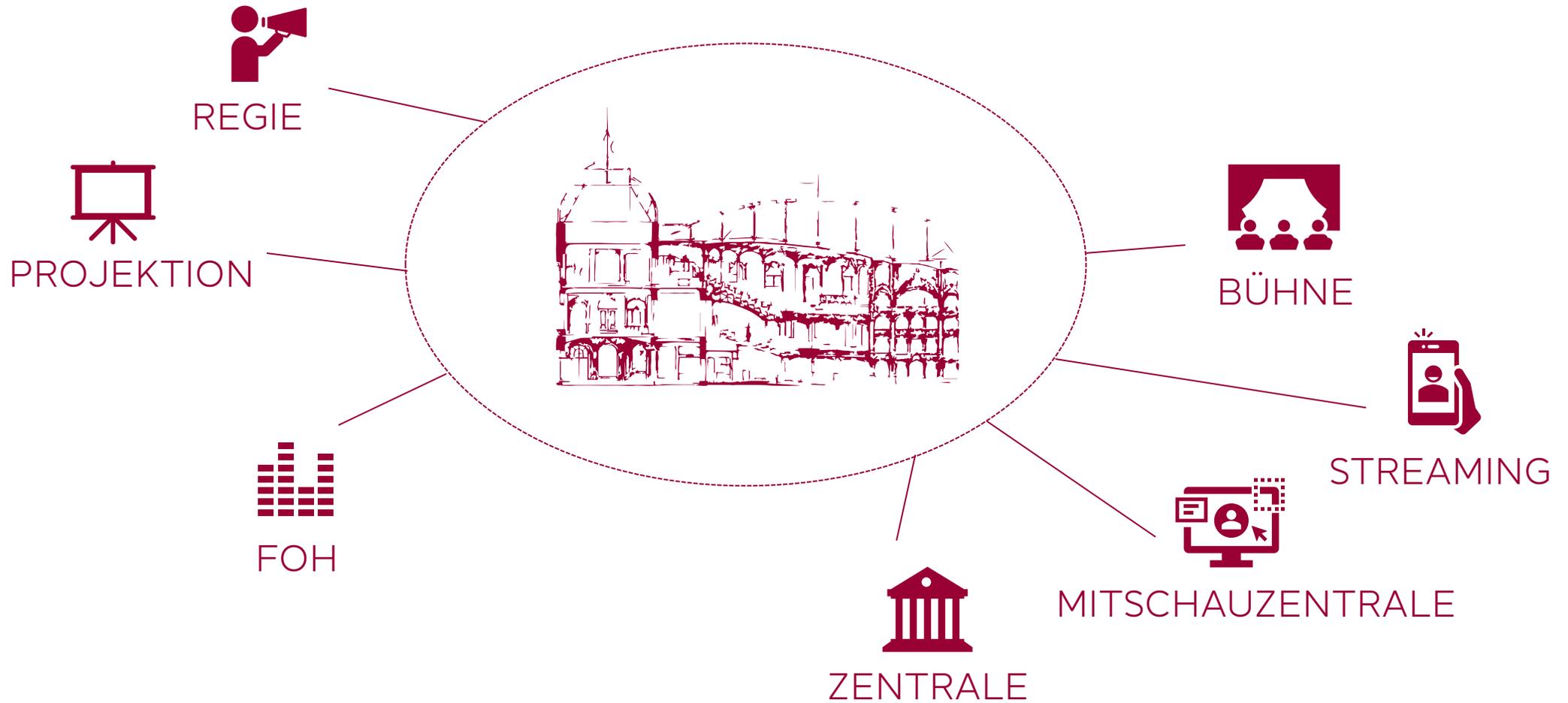
RAUCH 



# AUDIOTECHNIK

# RAUCH





INSPIZIENZ



UMKLEIDE



BÜROS

RAUCH



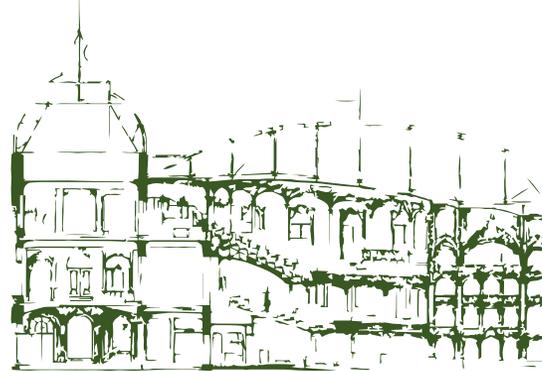
WARTERAUM



REGIE



FOYER



BÜHNE



INSPIZIENTENPULT



FOH



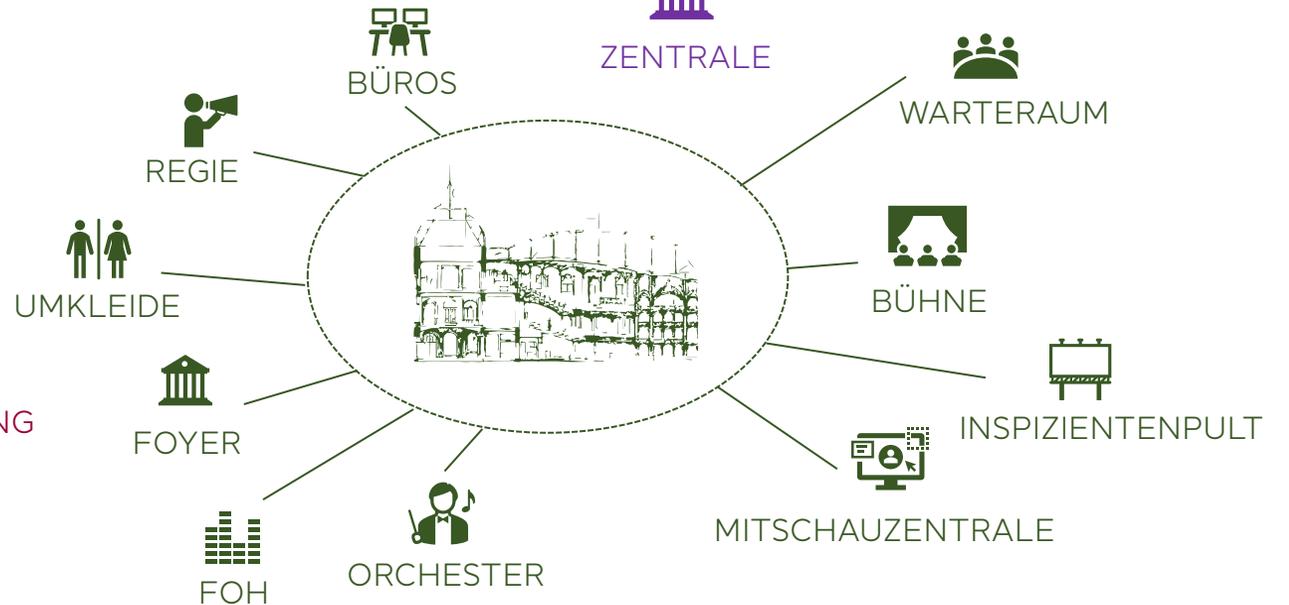
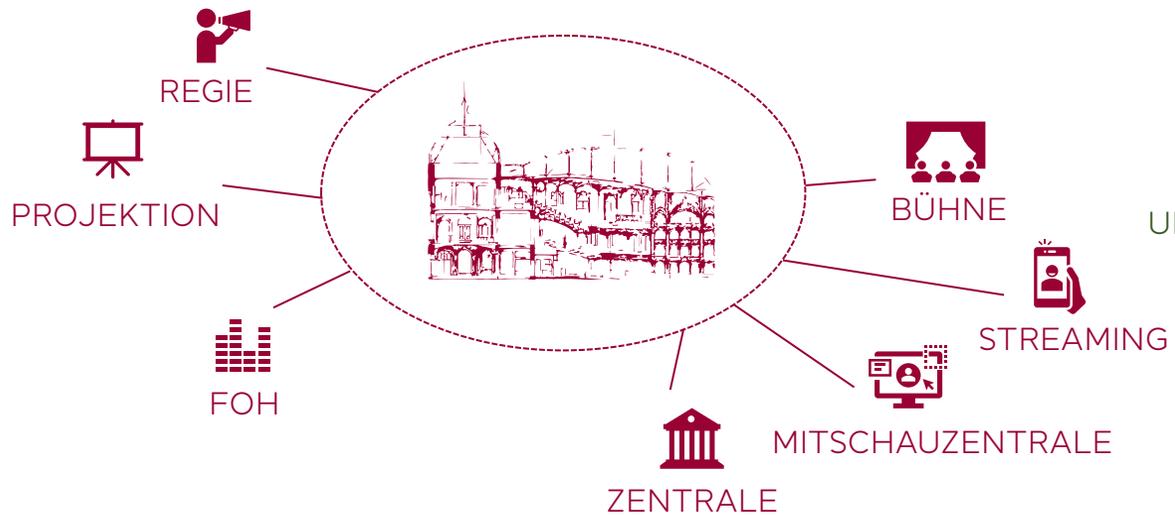
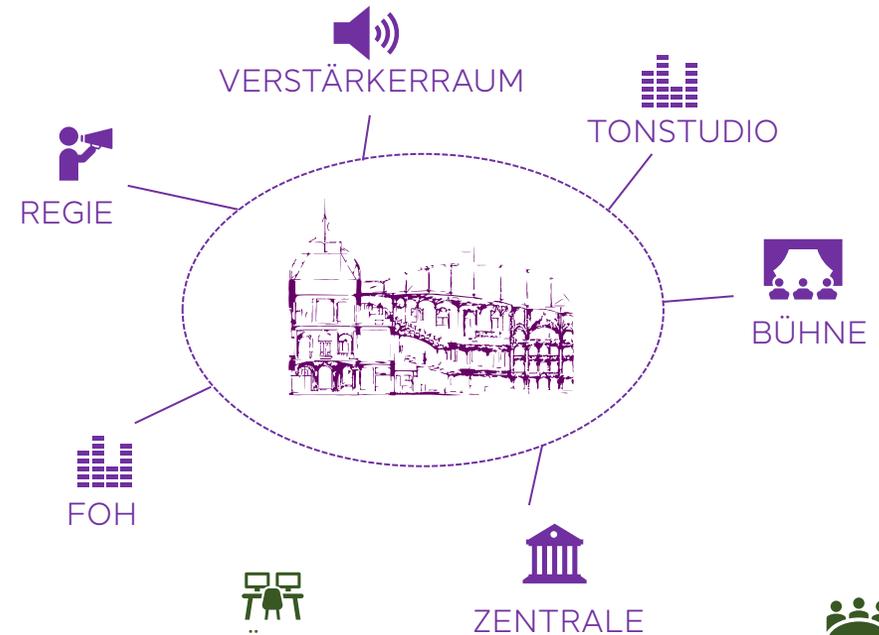
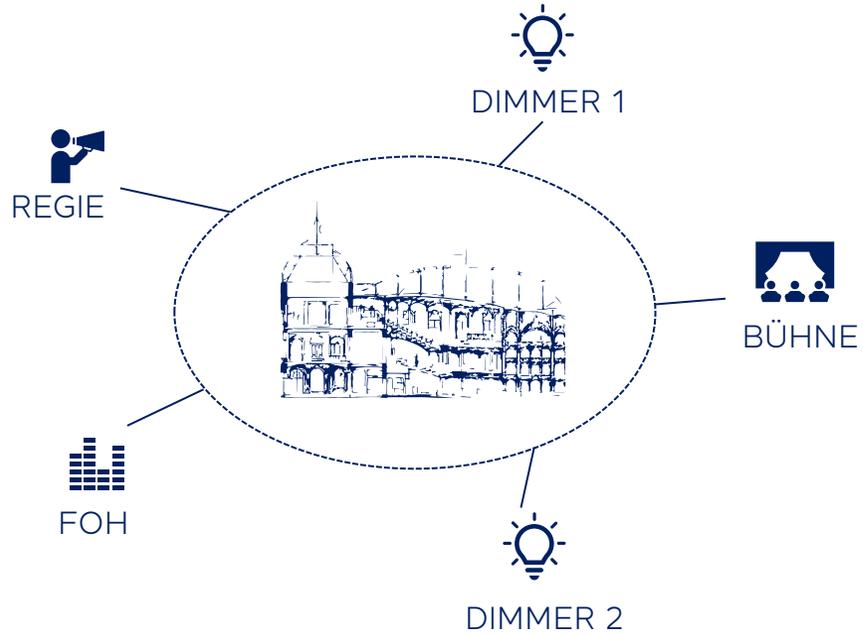
ORCHESTER



MITSCHAUZENTRALE

# DIE INSELN IM OZEAN

RAUCH 

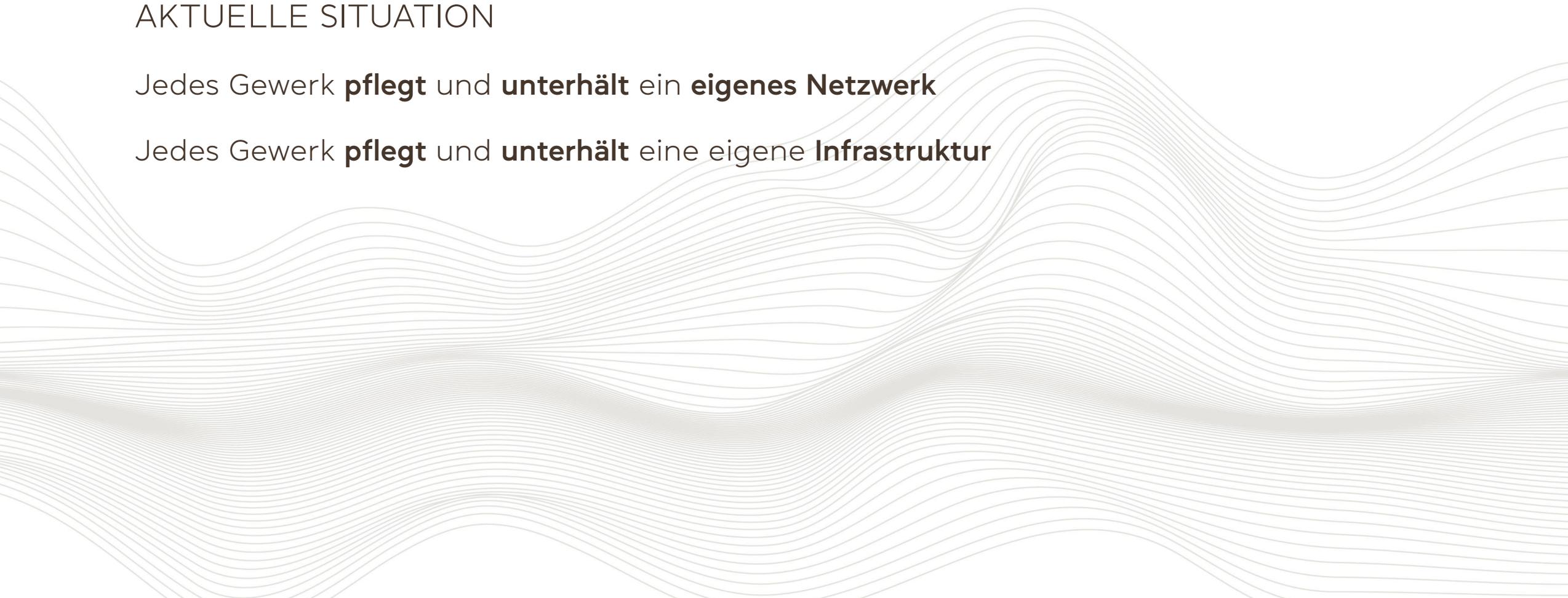


# NETZWERKE IN DER THEATERWELT

## AKTUELLE SITUATION

Jedes Gewerk **pflegt** und **unterhält** ein **eigenes Netzwerk**

Jedes Gewerk **pflegt** und **unterhält** eine eigene **Infrastruktur**



# NETZWERKE IN DER THEATERWELT

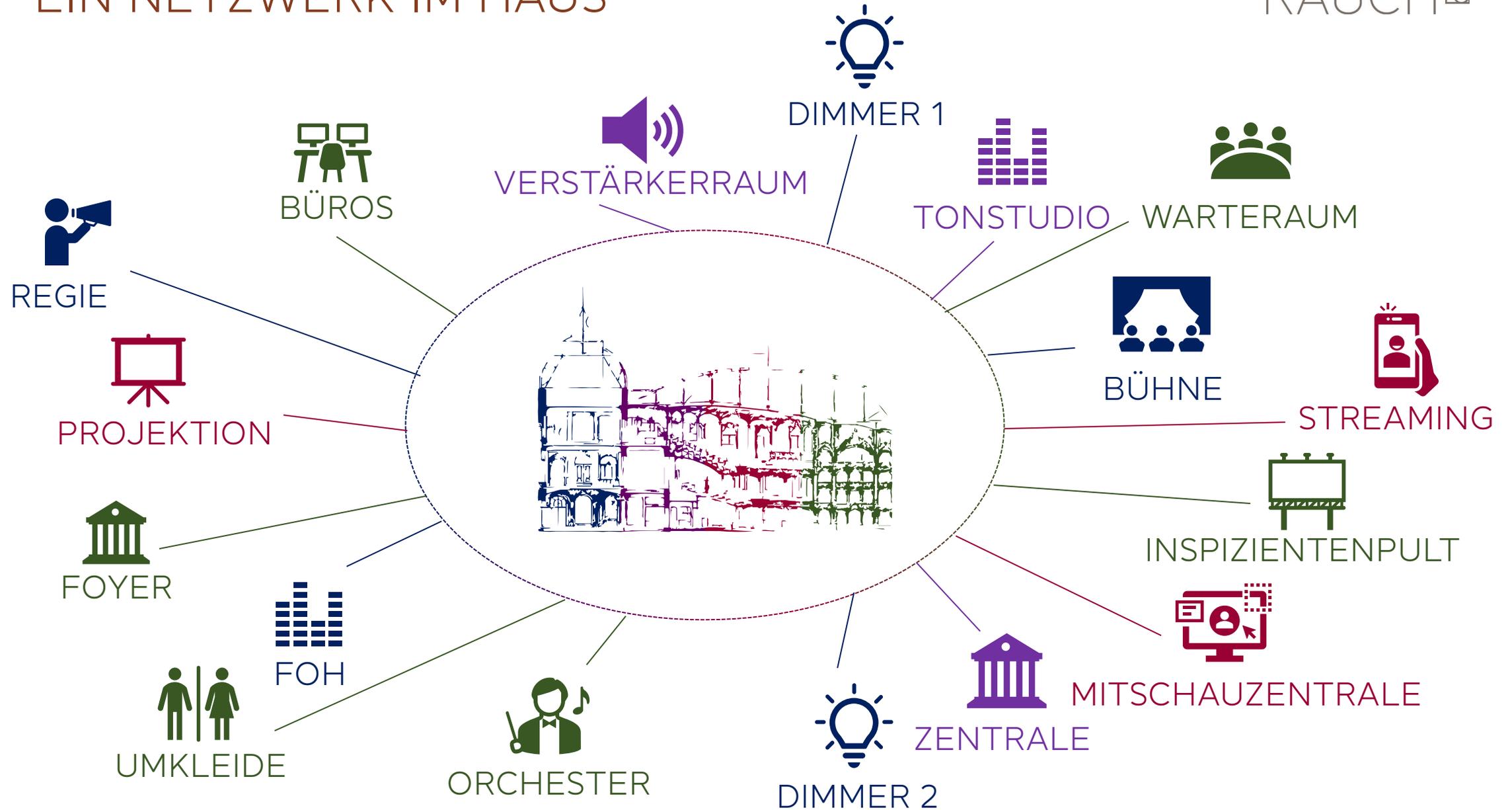
GUTE GRÜNDE, ES GENAU SO ZU REALISIEREN:

- **Kontrolle** über das Netzwerk
- **Klarheit** bezüglich Verantwortung
- **Gewerke-Trennung** (egal was andere Gewerke machen, unser Netz funktioniert)
- **Gewachsene Struktur** (zu unterschiedlichen Zeitpunkten saniert, erneuert)
- **Unterschiedliche** Kompetenzen und Anforderungen im Gewerk vorhanden
- **Spezifische Ansprüche** (Bandbreite, Latenz, Topografie ...) an das Netzwerk

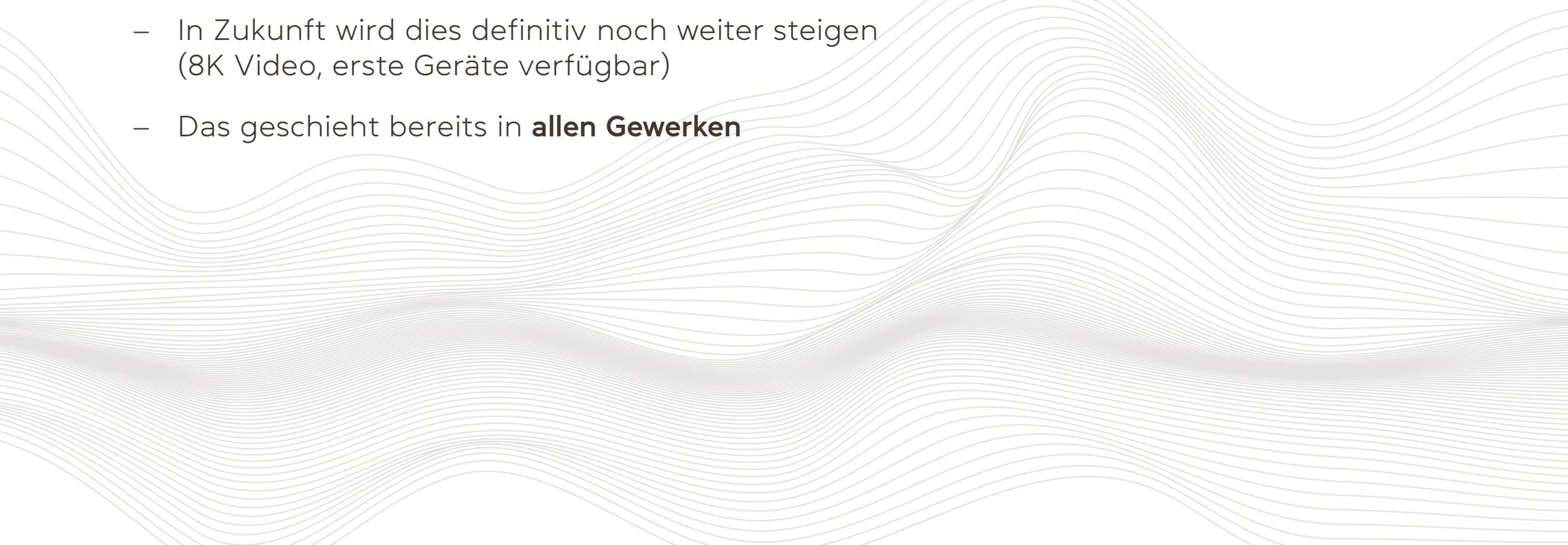
UNSER VORSCHLAG FÜR DIE ZUKUNFT:  
EIN GEMEINSAMES NETZWERK

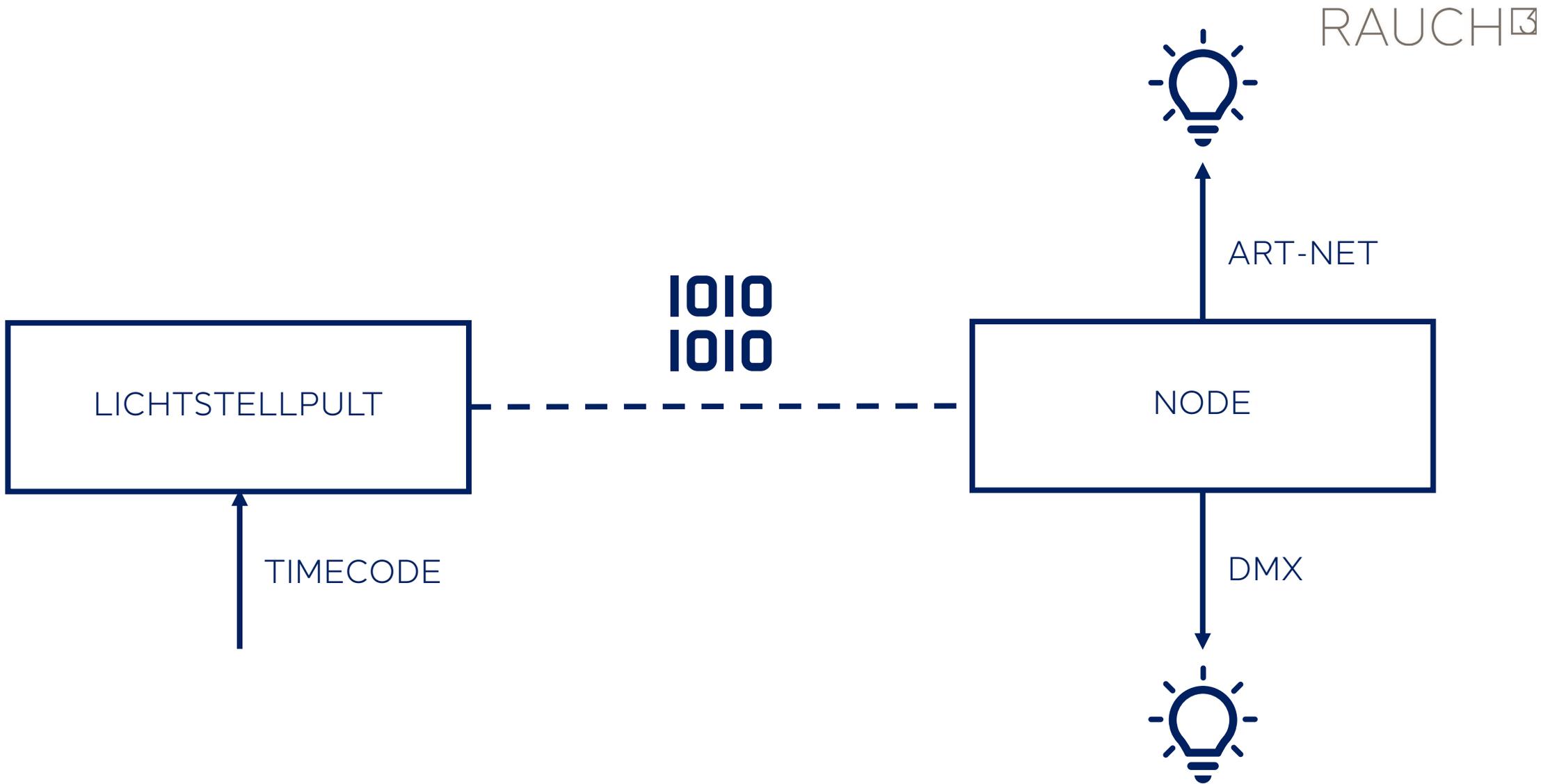
# EIN NETZWERK IM HAUS

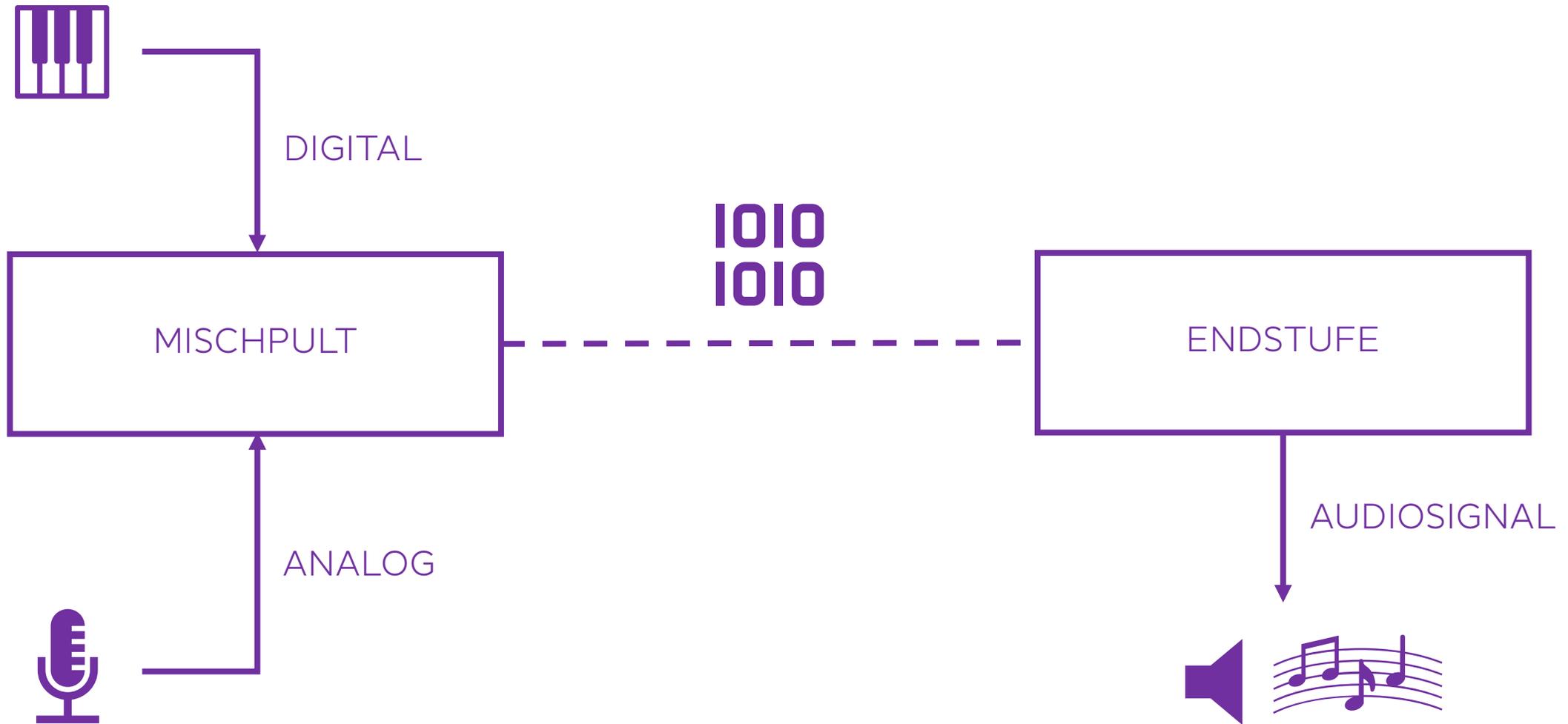
RAUCH 

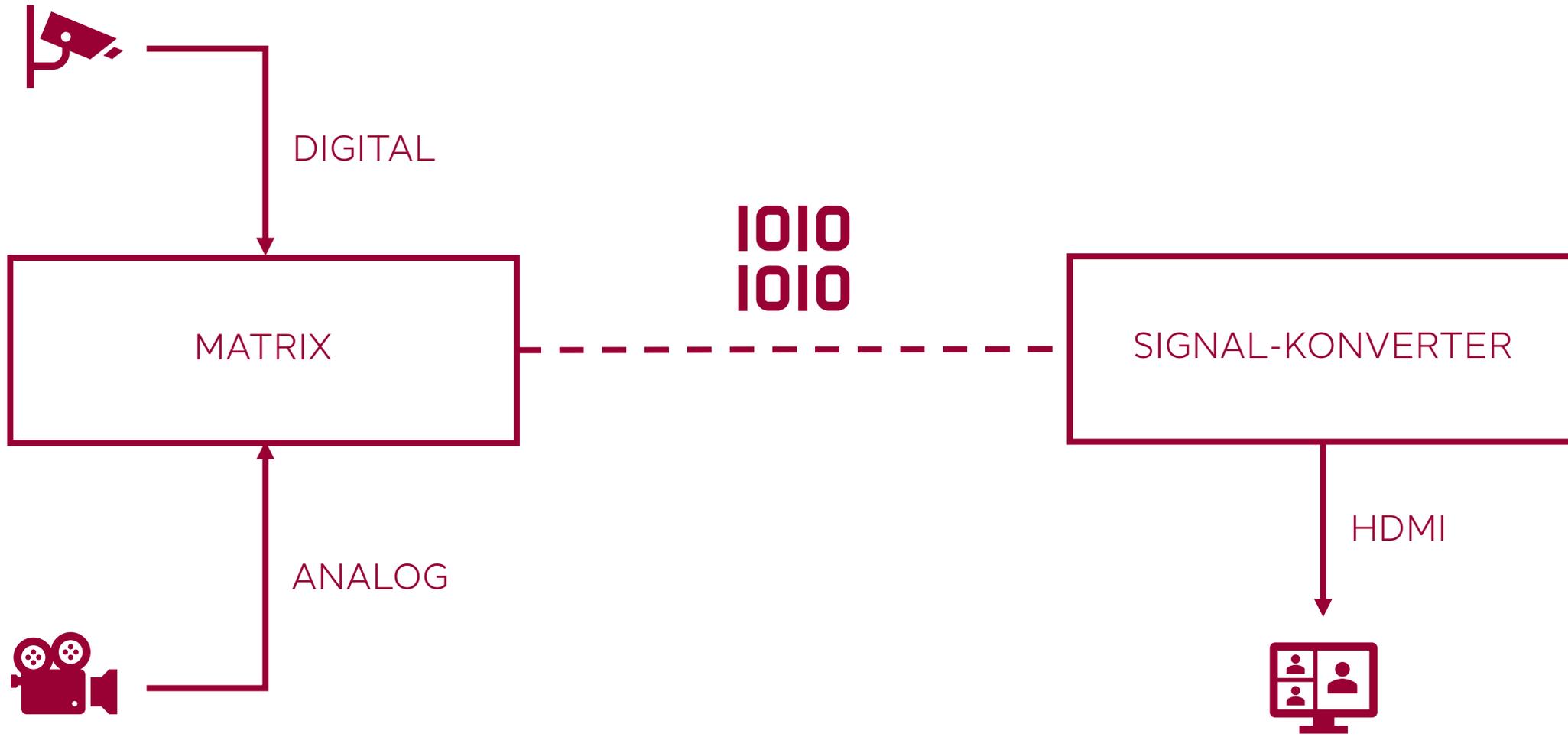


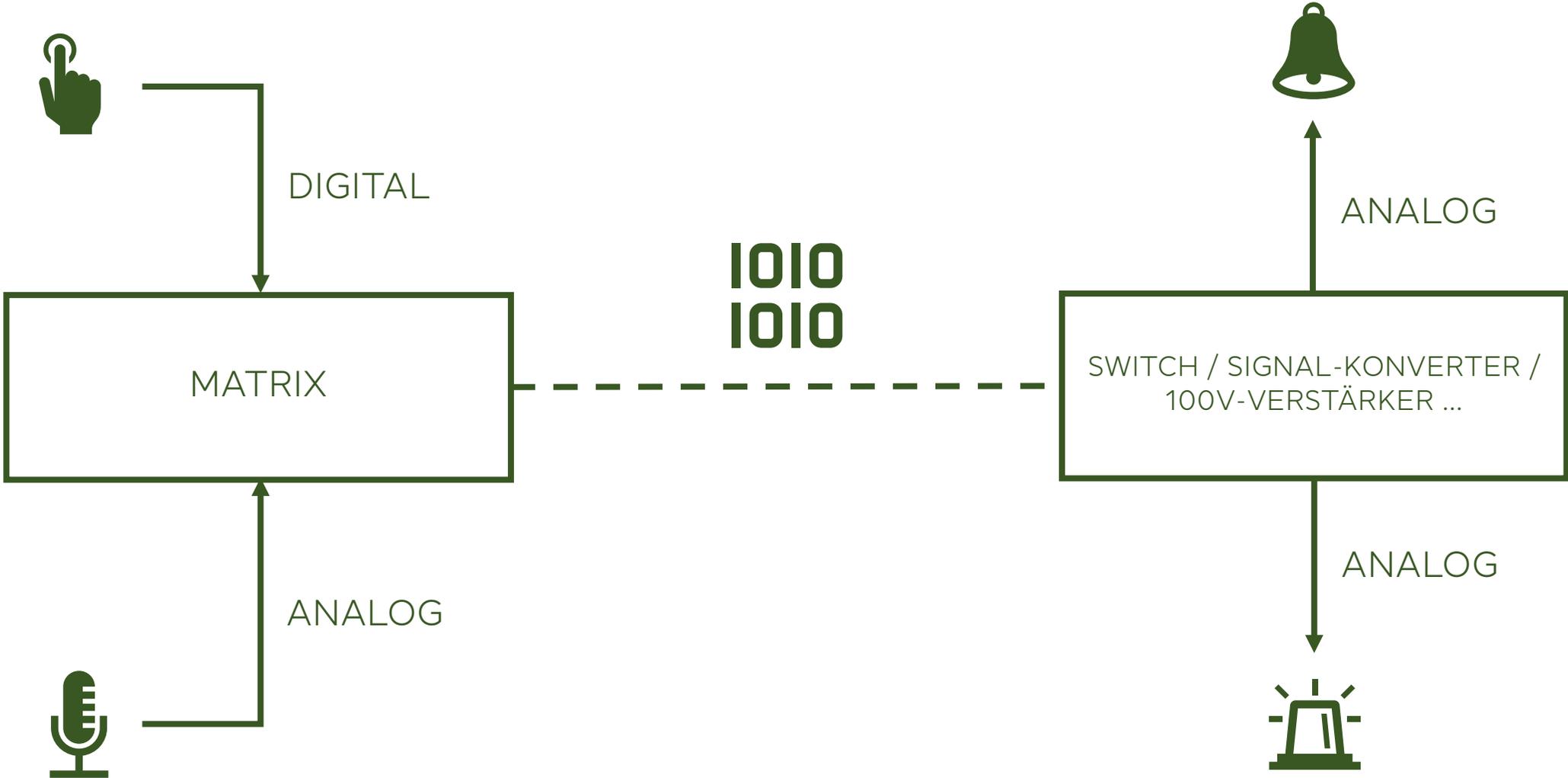
## DENN

- Schon heute werden (fast) alle Signale an der Quelle in **ein IP-Signal** und an der Senke ggf. wieder in ein anderes Signal gewandelt
  - In Zukunft wird dies definitiv noch weiter steigen (8K Video, erste Geräte verfügbar)
  - Das geschieht bereits in **allen Gewerken**
- 





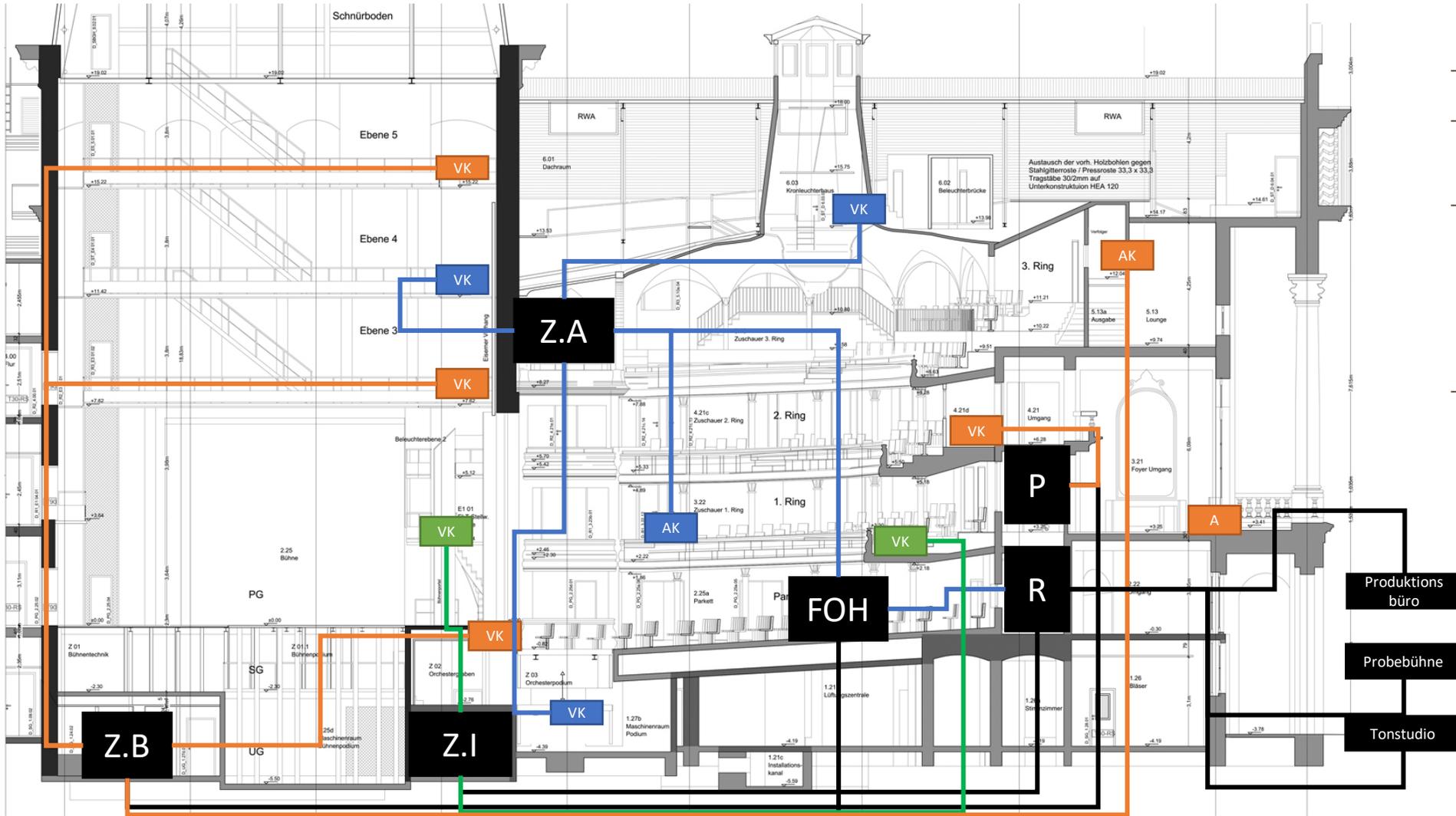




STRUKTURIERTE VERKABELUNG IST DER SCHLÜSSEL

# VERKABELUNG BISHER

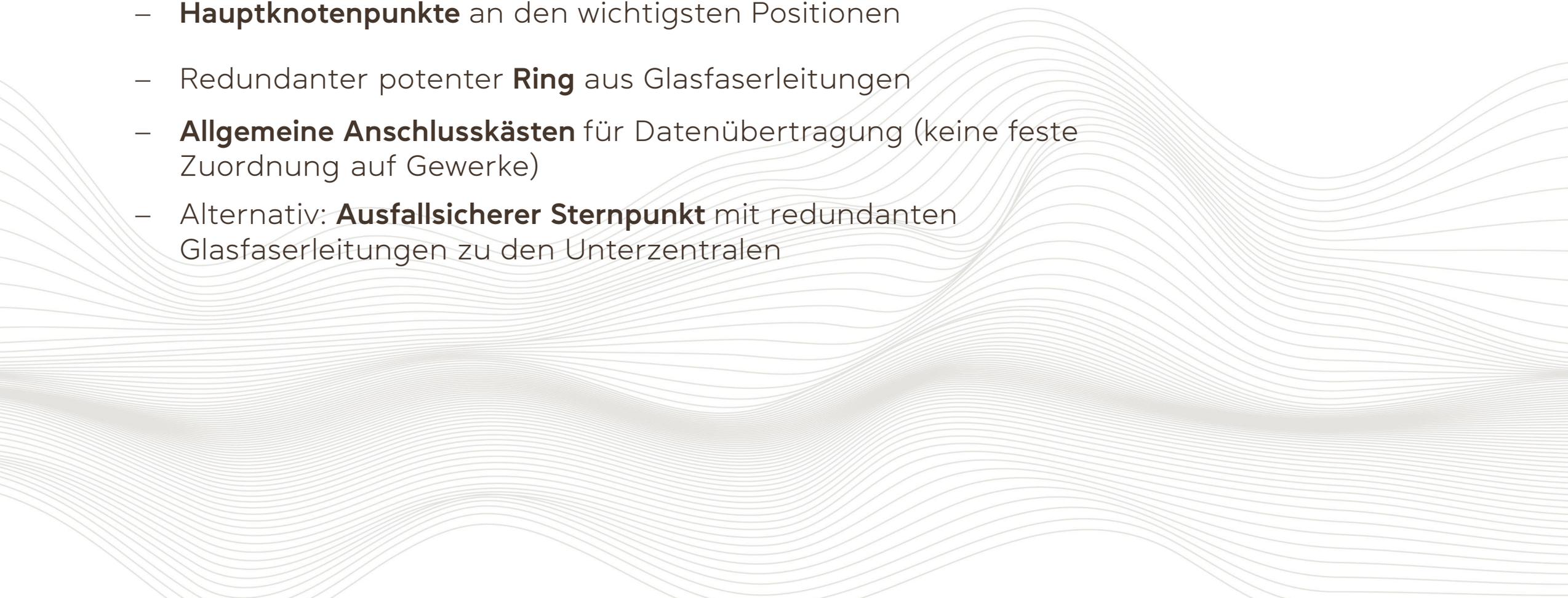
RAUCH 



- Durcheinander
- Jeder macht sein Ding
- Nach ein paar Jahren kennt keiner mehr die Wege und Verbindungen
- Keine klare und vollständige Dokumentation der Infrastruktur

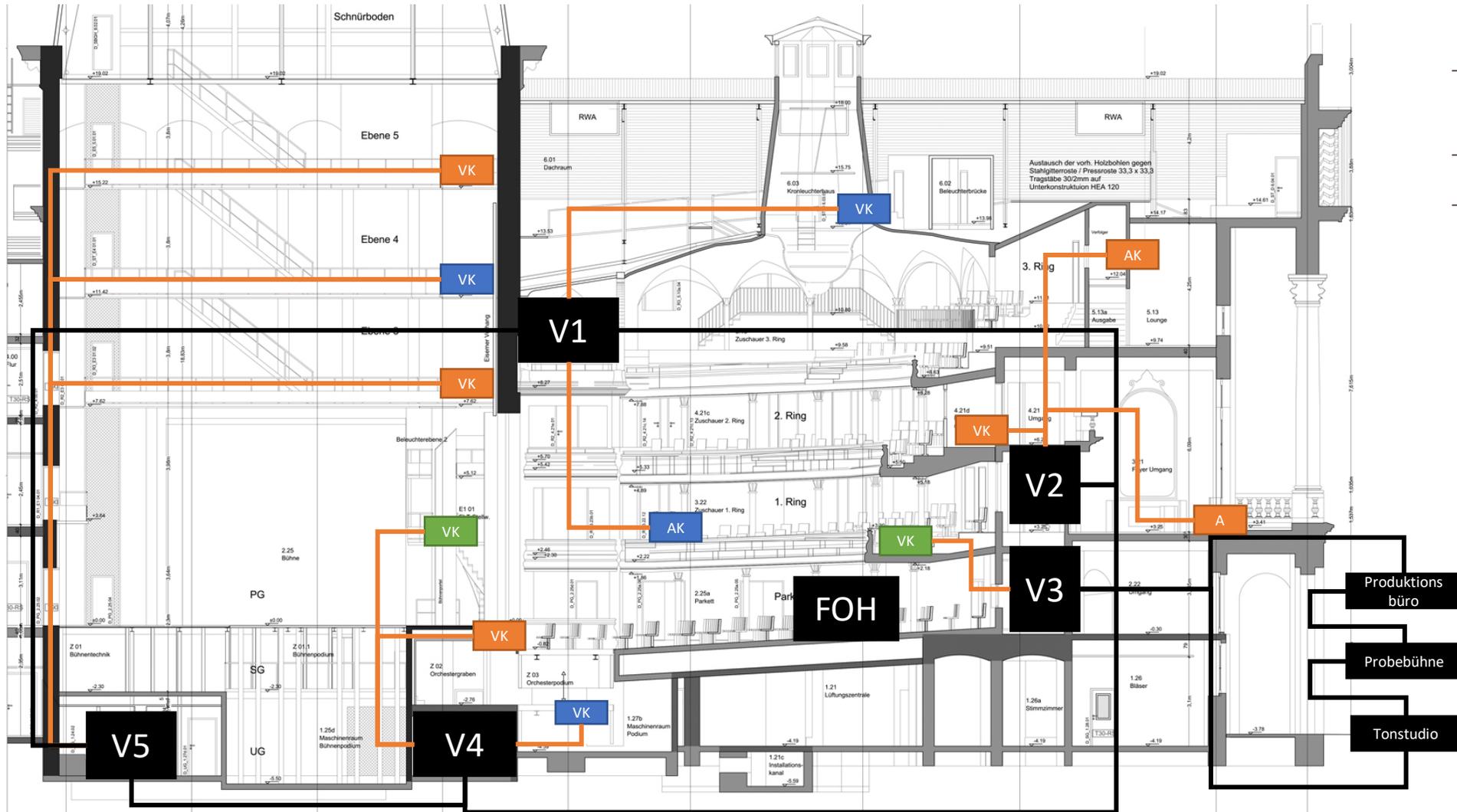
Produktionsbüro  
Probebühne  
Tonstudio

# STRUKTURIERTE VERKABELUNG

- **Hauptknotenpunkte** an den wichtigsten Positionen
  - Redundanter potenter **Ring** aus Glasfaserleitungen
  - **Allgemeine Anschlusskästen** für Datenübertragung (keine feste Zuordnung auf Gewerke)
  - Alternativ: **Ausfallsicherer Sternpunkt** mit redundanten Glasfaserleitungen zu den Unterzentralen
- 

# STRUKTURIERTE VERKABELUNG

RAUCH 



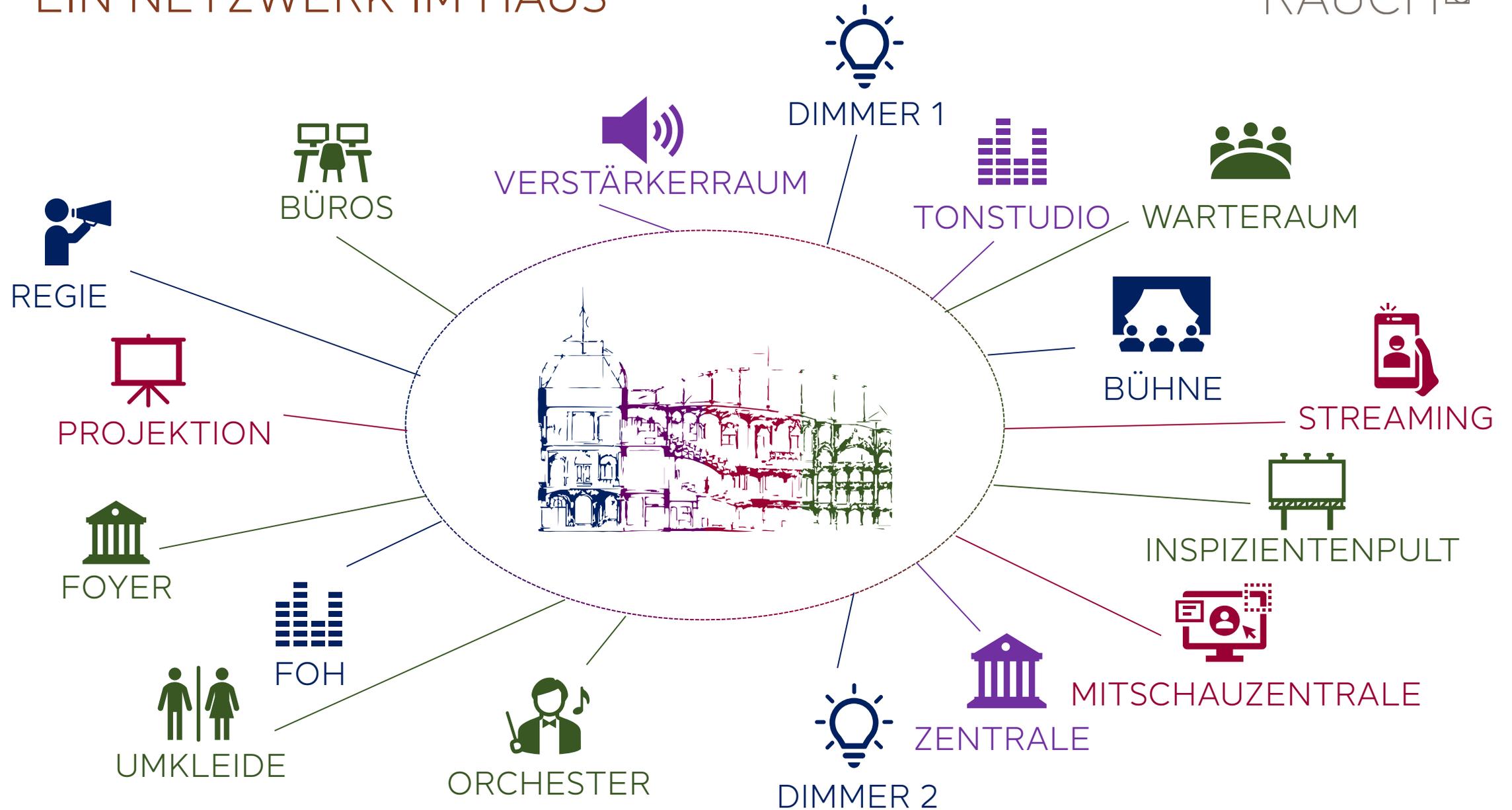
- Ordentliches Leitungsnetz
- Klare Struktur
- Kann für alle Gewerke genutzt werden

ABER JETZT HABEN WIR JA EIN NETZWERK, ODER?

FAST – WIR HABEN EINE SINNVOLLE INFRASTRUKTUR UM EIN  
NETZWERK AUFZUSETZEN

# EIN NETZWERK IM HAUS

RAUCH 



NETZWERK IST WIE STROM.

ES IST DA UND FUNKTIONIERT.

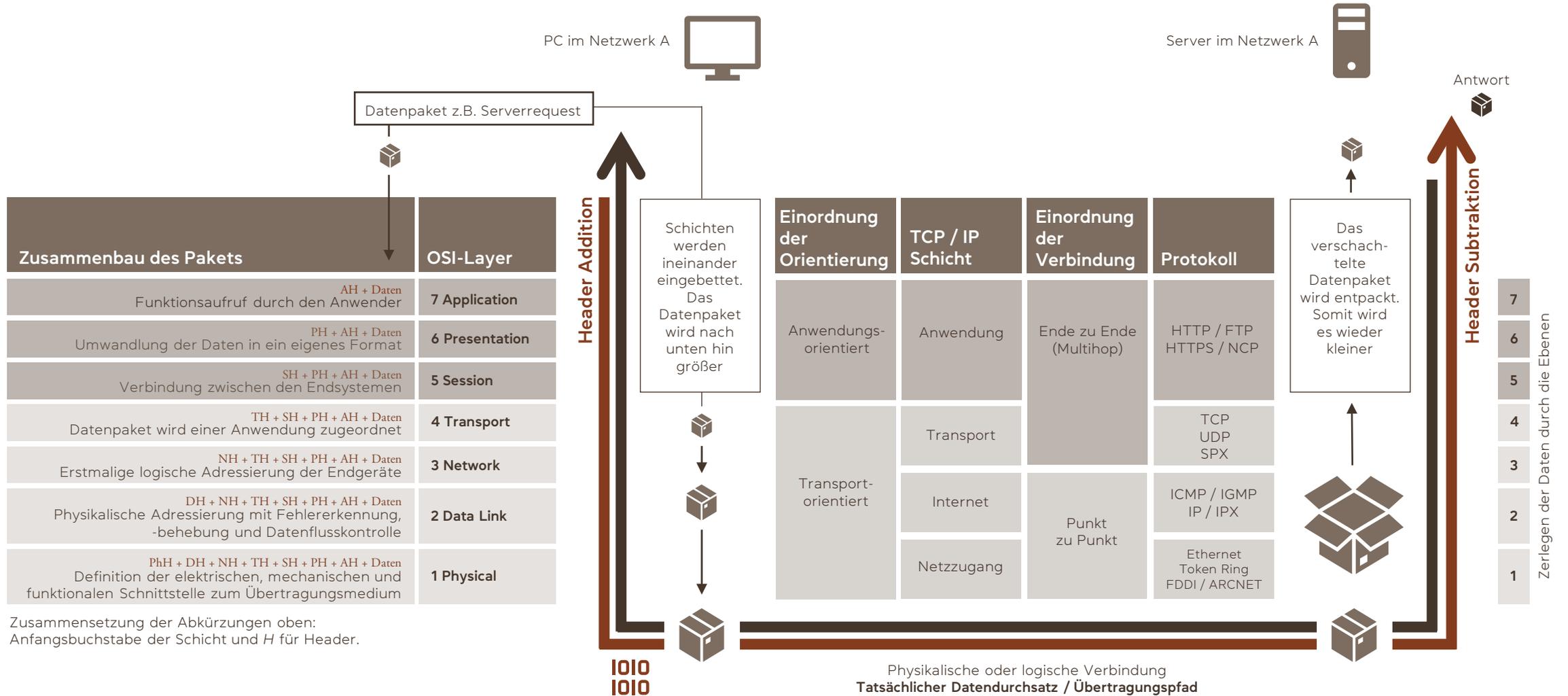
HALT IRGENDWIE ...

ABER WIE GENAU FUNKTIONIERT DENN NUN SO EIN NETZWERK?



# OSI - SCHICHTENMODELL

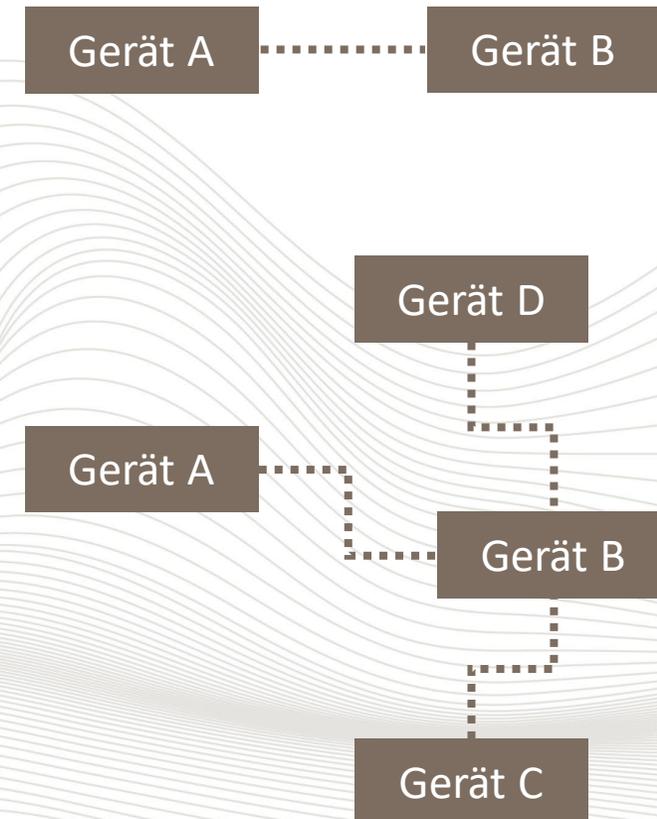
Open System Interconnection Reference Model



Zusammensetzung der Abkürzungen oben:  
Anfangsbuchstabe der Schicht und H für Header.

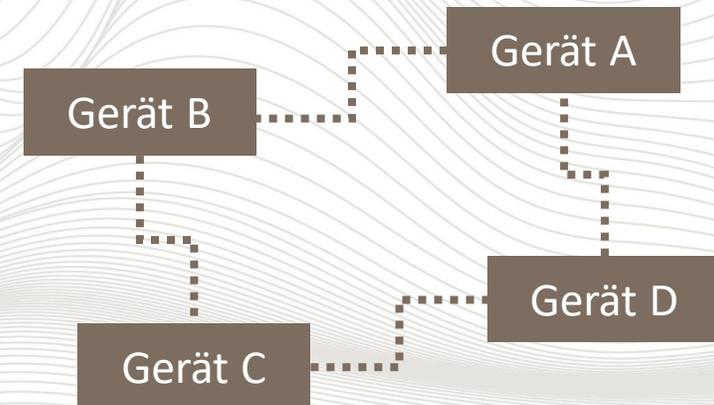
# NETZWERKTOPOLOGIEN

- Punkt zu Punkt (Vorteile, Nachteile)
  - Direkte Verbindung
  - Kein Zwischenhandling der Daten
  - Verbindung unterbrochen, kein Datenstrom, kein Ton-Licht-Video
- Sternverbindung (Vorteile, Nachteile)
  - Alle Leitungen führen zu einem zentralen Gerät (z.B. Switch)
  - Über das Gebäude verteilte Geräte werden an einem zentralen Punkt zusammengeführt
  - Fällt die zentrale Komponente aus, kein Datenstrom zwischen allen angebotenen Geräten



## NETZWERKTOPOLOGIEN

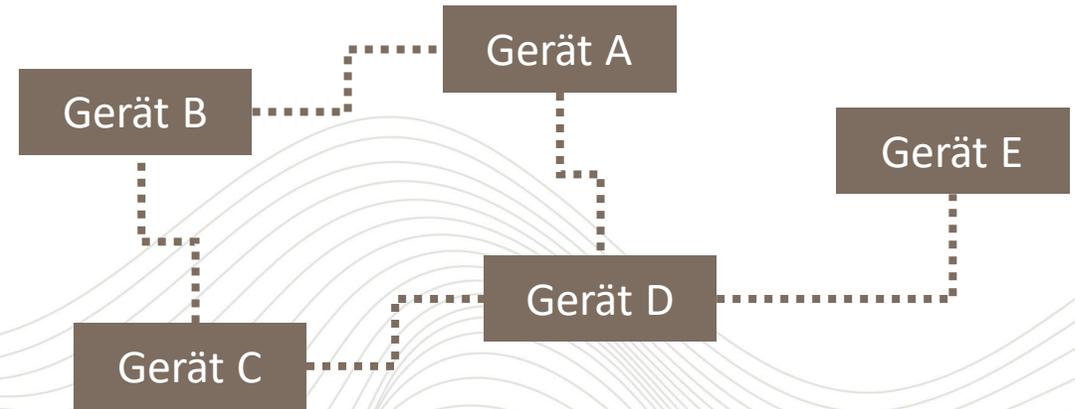
- Ringverbindung (Vorteile, Nachteile)
  - Bei Ausfall eines Teilstückes / Komponenten ist trotzdem ein vollständiger Datenstrom möglich
  - Nur der betroffene Bereich fällt aus, das restliche Netzwerk spielt weiter
  - Dezentrales Netzwerk
- Gemischte Topologie
  - Kombination aus Stern und Ring



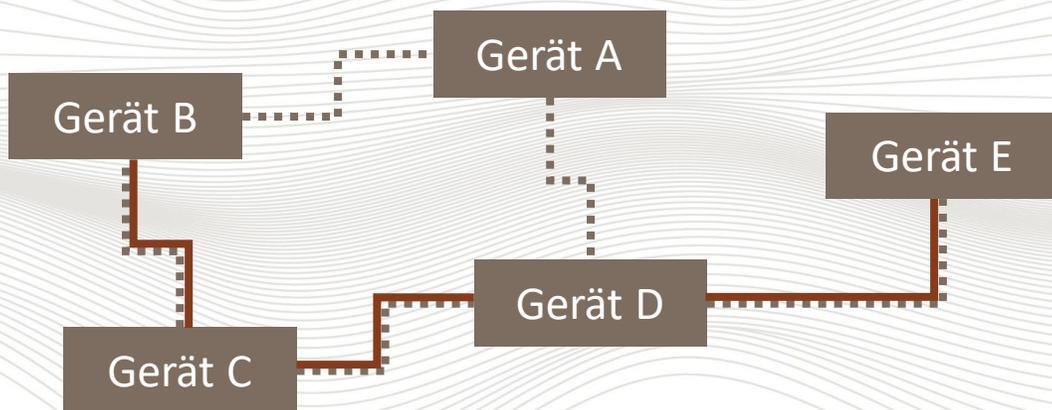
# NETZWERKTOPOLOGIEN

- RSTP  
Rapid Spanning Tree Protocol

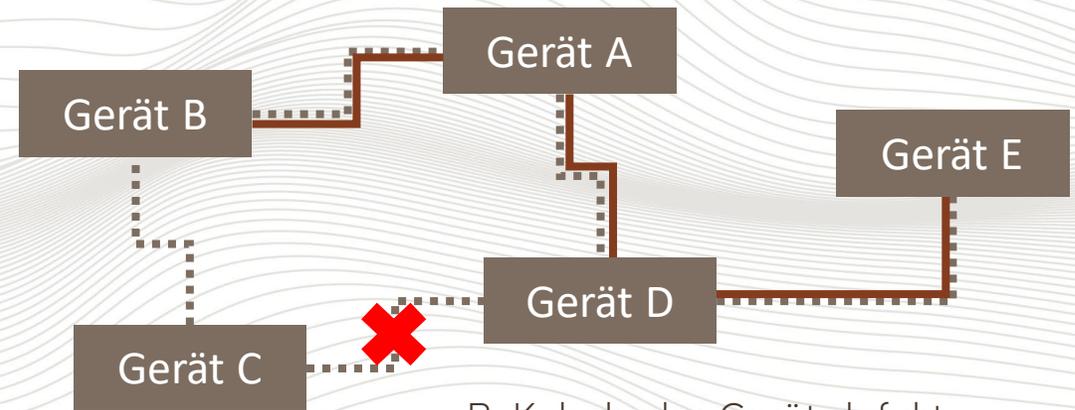
Beispiel für RSTP - Infrastruktur



Beispiel für RSTP - Standardweg



Beispiel für RSTP - Alternativweg bei Kabeldefekt oder Geräteausfall



z.B. Kabel oder Gerät defekt

# NETZWERKE VERSTEHEN

Die Analogie zum Verkehrsnetz

## VERGLEICH OSI-MODELL / VERKEHR

- **Layer1** – Straßennetz  
(Infrastruktur)
- **Layer2** – Fahrzeuge  
(Daten)
- **Layer3** – Verkehrsregeln  
(Kontrolle des Datenstroms)



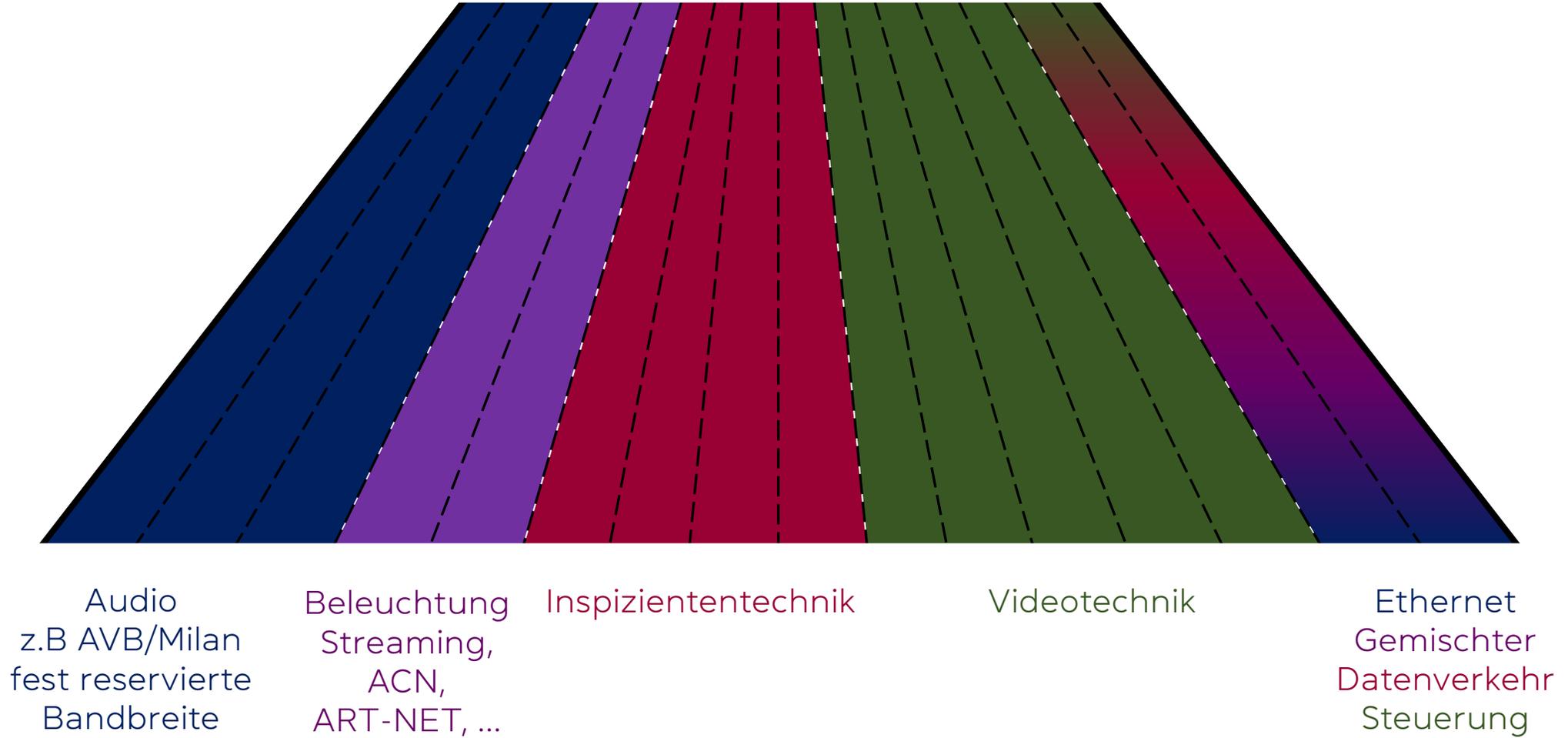
# NETZWERKE VERSTEHEN

Die Analogie zum Verkehrsnetz

- **Layer1** – Straßennetz  
(Infrastruktur)
- **Layer2** – Fahrzeuge  
(Daten)
- **Layer3** – Verkehrsregeln  
(Kontrolle des Datenstroms)

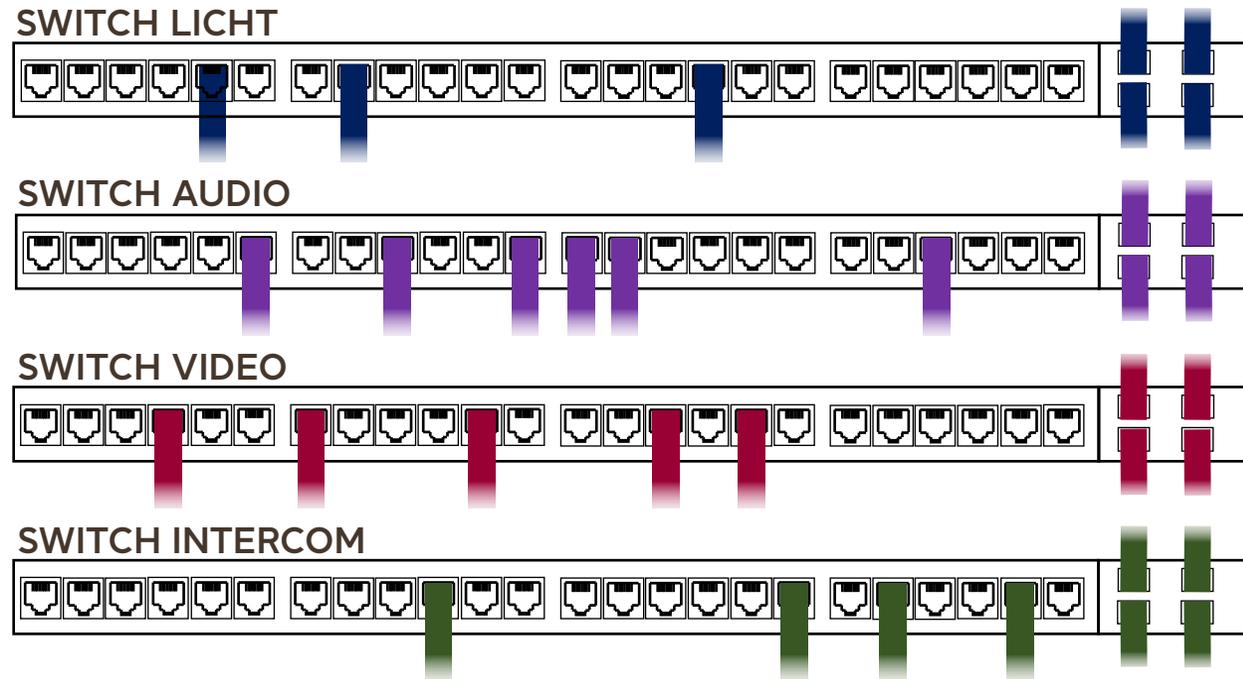


Gesamte maximale Bandbreite des Datenstroms  
bei aktuellem Standard Ethernet 1GBit / 10 GBit



# ANDOCKSTELLEN – KLEINE KNOTENPUNKTE

Jeder Switch ist einem Gerät zugeordnet



## VORTEILE

- Klare Organisation
- Leichte Orientierung (z.B. durch Farben, etc.)
- Trotzdem werden alle Geräte in einem Gesamtbund verwaltet
- Datenübertragung zwischen den Gewerken kann einfach geregelt werden

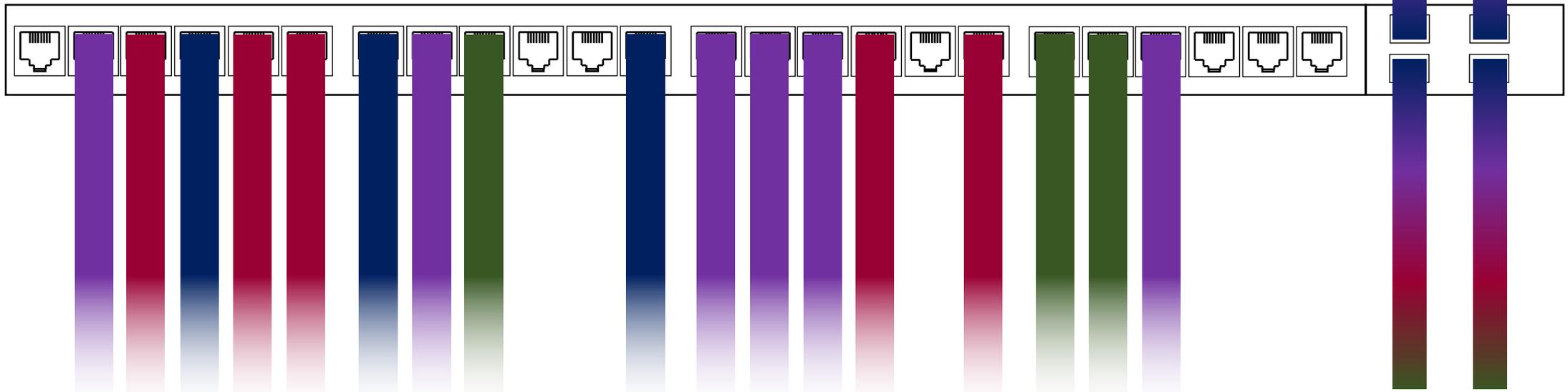
## NACHTEILE

- Jedes Gewerk betreibt ein Gerät
- Dies erhöht die Anschaffungs- / Wartungskosten
- Aber auch Energie, Abwärme und Platzbedarf
- Bei Engpässen anderer Gewerke muss auf Geräte der Nachbargewerke gewechselt werden
- Diese Mischung ist nicht ohne weiteres zu händeln

# EIN GERÄT STATT VIER – SELBES ERGEBNIS

RAUCH 

- **Weniger** Lärm, Platzbedarf, Energieverbrauch, Wartungsaufwand
- **Mehr** Budget für bessere und performante Geräte und Redundanz
- Ggf. sollten hier Geräte mit **redundanten** Netzteilen, etc. eingesetzt werden



THEATER OVER IP IST BEREITS HIER!  
SIND SIE BEREIT DAFÜR?

VORRAUSSETZUNGEN

# VORAUSSETZUNGEN FÜR EIN GEMEINSAMES NETZWERK

- Als **eigenes Gewerk** betrachten
- **Zuständigkeiten** regeln
- **Geschultes** Personal
  - Mindestens zwei Personen, die das Veranstaltungsnetzwerk betreuen
  - Alle erhalten eine kompakte Schulung um das Netzwerk kennenzulernen
- **Dokumentation und Regeln** für die **gemeinsame Nutzung**
  - Änderungen am Netzwerk müssen unbedingt dokumentiert werden
  - Urlaubsvertretung / Rechte und Zuständigkeiten
- Je nach Wichtigkeit sollten **zentrale Komponenten redundant ausgeführt werden**
  - Redundanz auf Geräte-, Port- und Netzteilenebene

## EIN GEMEINSAMES NETZWERK

- **Kostensparnis** in Betrieb und Installation
- **Geringere Energiekosten**
- **Weniger** Platzbedarf und Wartungsaufwand
- **Weniger** Geräte die angeschafft werden müssen
- **Leistungsführung** wird **vereinfacht**
  - Insgesamt geringere Querschnitte
  - Insgesamt geringere Trassengrößen
  - Vorteile bei Themen wie Brand- und Denkmalschutz

# EIN GEMEINSAMES NETZWERK

- Durch **Vereinheitlichung**
  - Vorhaltung von Ersatz- und Austauschteilen einfacher
  - Wesentlich höhere Flexibilität
- **Skalierung** der notwendigen Bandbreiten
  - bessere Auslastung
  - gleichmäßigere Auslastung
- Zuordnung der Anschlüsse in den Anschlusskästen **nach Tagesbedarf**
- Anpassung des Netzwerks an die **jeweiligen Bedürfnisse**
- **Sicherheit** durch zentral verwaltete Firewall
- Geplante und geführte **Backupstrategien**

## EIN GEMEINSAMES NETZWERK

- **Kommunikation** zwischen den IP-Komponenten erfolgt auf IP-Basis
  - **Nachhaltigkeit** durch
    - Materialeinsparung
    - Zukunftssicherheit (Generationswechsel „unkompliziert“ möglich)
    - Bandbreitenreserve
- 

## WARUM SOLLTE DAS GEMACHT WERDEN

- Die IP-Technologie wird in den **nächsten Jahren** immer weiter zunehmen
- Oft sind **gebäudeübergreifende** Lösungen gesucht, dies wird dadurch ermöglicht und vereinfacht
- **Bestandsgebäude** geben oft keinen Platz für üppige Installationswege
- Installationen **schlank und effizient** planen und durchführen ist hier die Lösung
- **Streaming** ( mit Beginn der Pandemie eine neue Herausforderung für Alle)

WIE SIEHT DAS IN DER REALITÄT AKTUELL AUS?

## BEISPIELE AUS DER PRAXIS

- In der Veranstaltungstechnik auch bei **großen Produktionen** bereits üblich und erprobt, z.B.
  - Rock am Ring
  - ESC
  - Live-Übertragungen im TV
  - Olympiade
  - Fußballweltmeisterschaft
  - National Forum of Music
- Mehrere **etablierte Lösungen** in unterschiedlichen Größen vorhanden

## MÖGLICHE HERSTELLER



## RIEDEL:

- **Weltweit** agierendes Unternehmen mit Hauptsitz in Wuppertal
- Geräte können **zentral** gesteuert werden
- **Einbindung** von Intercomsystemen
- **Steuerung und Verwaltung** der
  - Signalverteilung, IT, Wifi, Internet Access, Netzwerk Monitoring & Remote Control
- Vertreten in Sport, TV, Live, Theater, Radio, uvm.
- **Fokus** liegt auf Infrastruktur und gut verwalteten Zentralen
- Hersteller bietet **Schulungen** und Auffrischkurse
- **Sehr hohes** Support-Level



## RIEDEL: KEY FEATURES



- **Kommunikationstechnik:** MediorNET & RockNET
  - Kompatibel mit SMPTE- und AES-Standard
  - „Echtzeit“
  - Unkomprimiert
- **Intercom:** ARTIST, BOLERO, TANGO, PERFORMER
- **Vollständige** Redundanz möglich (Unit, CPU, Power)
- Kombination mit Switchen **anderer Hersteller** wie z.B. Arista oder Cisco möglich
- Den Anforderungen entsprechend dimensionierbare / konfigurierbare Systeme

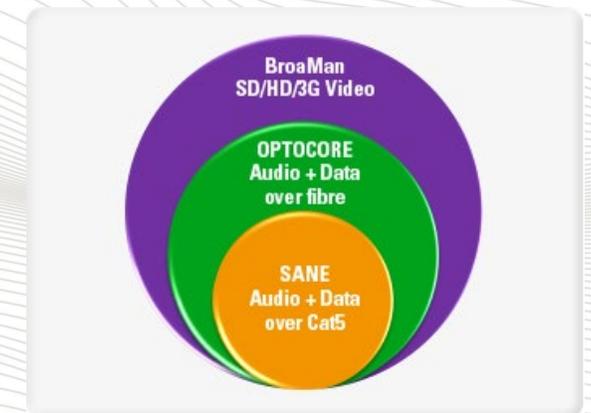
## OPTOCORE:



- **Weltweit** agierendes Unternehmen mit Sitz in München
- **Bietet und nutzt** offene Standards
- Setzt **auf Integration und Austauschbarkeit** von Systemen (z.B. Herstellerwechsel des FOH Pulsts)
- „Optocore Certification Training“:
  - Netzwerk-Design und -Bedienung
  - Digitales Audio
  - Einführung für die Benutzung von optischen Leitern als Zwischenverbindung

## BROAMAN:

- **Weltweit** agierendes Unternehmen mit Sitz in München
- Was Optocore mit Audio macht, macht Broaman mit Video
- **Enge Zusammenarbeit** mit Optocore, ähnliche Produkte, selbe Philosophie
- Konvertieren, multiplexen und routen: Audio-, Video-, Controlling-Daten
- **Fokus:** Wandlung von elektrischen auf optische Signale
- **Kompatibel** mit SMPTE und AES-Standard

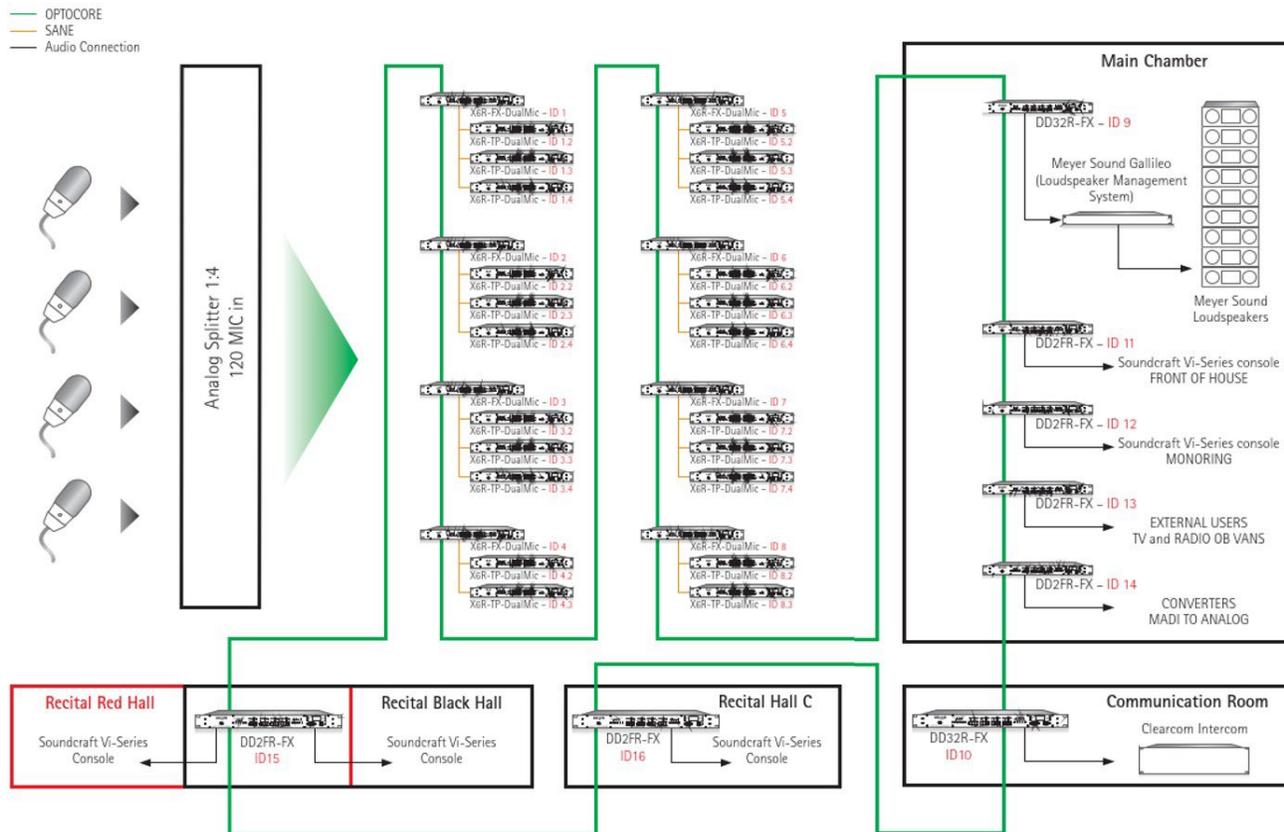


# OPTOCORE / BROAMAN: KEY FEATURES



- **Energieeffizienz** (ca. < 35-Watt)
- **Lüfterlos**
- **Volle Redundanz:**
  - Spannungsversorgung
  - Word Clock
  - Netzwerk Port
- **Latenzen:** 0,042 ms von einem Punkt zu jedem beliebigen anderen Punkt im Netzwerk, unabhängig von Kanalanzahl, Anzahl der Nodes oder der Kabelstrecke

# OPTOCORE / BROAMAN: ANWENDUNGSBEISPIEL



## ANFORDERUNGEN:

- 120 analoge Audio Inputs
- Unabhängige Steuerung
- Synchrone Anbindung
- Alle Mikrofoneingänge gleichzeitig verfügbar und abrufbar
- Anbindung Intercom System
- Einbindung Lautsprecher Management System

## UND VIELE WEITERE

- INFRASTRUKTUR:  
Motionfiber, luminex, cisco, netgear, Extreme networks, biamp, MotU
- AUDIO:  
Stagetec, digico, Lcoustics, d&b, meyersound, Yamaha, Adamson, Audinate
- VIDEO:  
Barco, Taiden, IDKav, analog way, barnfind, blackmagic design, Kramer
- LICHT:  
ELC-Lightning, MA-Lightning, ETC
- INTERCOM:  
Riedel, ClearCom, RTS

NETZWERK IST WIE STROM.  
ES IST DA UND FUNKTIONIERT.

SO WIE MAN ES BRAUCHT,  
WENN MAN SICH DEM THEMA ANGENOMMEN HAT.

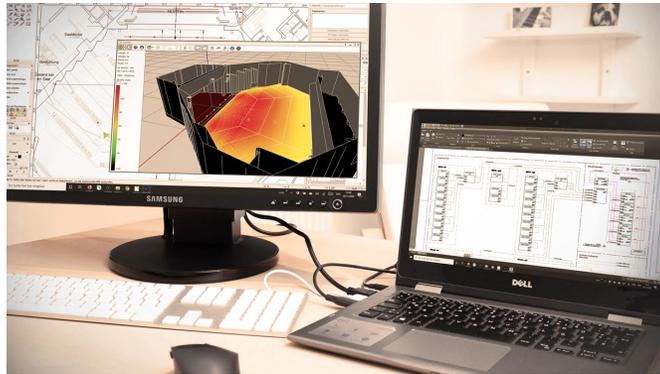
RAUCH 



FUTURE OF SOUND EXPERIENCE.  
FÜR SIE MACHEN WIR ORTE  
MIT ALLEN SINNEN  
HÖR- UND ERLEBBAR.



PROFESSIONELLE AUDIOTECHNIK



RAUMAKUSTIK



MEDIEN-TECHNIK



FÜR ALLE BEREICHE / ÜBERGREIFEND



RAUCH 

THOMAS RAUCH  
PROJEKTLEITUNG



DOMINIK FREIMUTH  
FACHPLANUNG & CAD



RAUCH 

ISABELLE SCHURER  
PROJEKTASSISTENZ



FABIAN KLEBER  
STELLV. PROJEKTLEITUNG  
& FACHPLANUNG



SARAH VANNEYRE  
STELLV. PROJEKTASSISTENZ  
& CONTROLLING



THOMAS ZAHN  
FREIER MITARBEITER  
ENTWURF & BAULEITUNG



# RAUCH

FUTURE OF SOUND EXPERIENCE

WIR HABEN IMMER EIN OFFENES OHR,  
HÖREN GERNE HIN UND FREUEN UNS AUF IHRE ANFRAGE.

RAUCH3 GmbH

Theodor-Fontane-Str. 9 / 85609 Aschheim

M. +49 (0)160 94 63 93 80 / T. +49 (0)89 25 55 20 08 – 10

E. [kontakt@rauch3.de](mailto:kontakt@rauch3.de) / [www.rauch3.de](http://www.rauch3.de)

# RAUCH

FUTURE OF SOUND EXPERIENCE

WIR ERSCHAFFEN KLANGVOLLE ZUKUNFTS-ORTE,  
IN DENEN MENSCHEN MIT ALLEN SINNEN ERLEBEN.

IM EINKLANG VON MENSCH. NATUR. TECHNIK UND ARCHITEKTUR.

# QUELLENVERZEICHNIS

Seite 5: <https://www.mailjet.com/de/blog/email/die-erfindung-der-email>

Seite 6: <https://lawo.com/company/meilensteine/?lang=de> & <https://pbase.com/paulpelletier/image/64028703> & <https://pbase.com/paulpelletier/image/63071620> & <https://pbase.com/paulpelletier/image/64548231>

Seite 7: <https://pbase.com/paulpelletier/lightingconsol>

Seite 37: [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:M%C3%BCnchner\\_Mittlerer\\_Ring.png](https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:M%C3%BCnchner_Mittlerer_Ring.png)

Seite 38: [https://www.88ca2120048d835e67b0c243e8e3d4a2-autobahn-wide\\_l.webp](https://www.88ca2120048d835e67b0c243e8e3d4a2-autobahn-wide_l.webp)