

# Modulares Bauen

Ein Kostenvergleich



digitales bauen®



Ersteller  
**digitales bauen GmbH**  
Augartenstraße 1  
76137 Karlsruhe

[info@digitales-bauen.de](mailto:info@digitales-bauen.de)  
[www.digitales-bauen.de](http://www.digitales-bauen.de)

1	<b>Einleitung</b>	3	3	<b>Ergebnisse der Vergleichsplanung</b>	18
1.1	<b>Aufgabenstellung</b>	3	3.1	<b>Maß- und Ortskennzeichnungssystem</b>	19
1.2	<b>Motivation</b>	5	3.2	<b>Innenwände</b>	22
1.2.1	Konventionelle Baustellen	5	3.3	<b>Schränke / Möbel</b>	25
1.2.2	Zielwerte für das Modulare Bauen	6	3.4	<b>Unterdecke</b>	28
1.2.3	Vorbilder aus anderen Produktionsbereichen	7	3.5	<b>Lüftung</b>	31
1.3	<b>Die Planungsmethode Digitales Bauen</b>	9	3.5.1	Lüftung Hauptkanal	31
			3.5.2	Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung	34
2	<b>Beschreibung des Vorgehens</b>	11	3.6	<b>Sprinkler</b>	44
2.1	<b>Verfahren</b>	12	3.7	<b>3-Leiter Kühlen / Heizen</b>	47
2.2	<b>Vergleichskriterien</b>	14	3.8	<b>Integrationsplan / Kollisionsplan</b>	50
2.2.1	Anzahl Standardkonstruktionen	14			
2.2.2	Anzahl Sonderkonstruktionen	14	4	<b>Ergebnis</b>	53
2.2.3	Anzahl Konstruktionsvarianten	14	4.1	<b>Kostenbewertung</b>	54
2.2.4	Anzahl Dimensionssprünge	14	4.1.1	Zusammenhang zw. Komplexität und Erfahrungskurven	54
2.2.5	Anzahl Höhenversprünge	14	4.1.2	Zusammenhang zw. Komplexität und Rüstkosten	55
2.2.6	Anzahl Abgänge im Raster	14	4.1.3	Resümee	56
2.2.7	Zugänglichkeit	14	4.1.4	Kosten der modularen Planung	57
2.2.8	Anzahl Ablesbare Baugruppen	14			
2.2.9	Anzahl Erkennbare Konfliktpunkte	15	5	<b>Anhang</b>	59
2.3	<b>Grundlagen für die Bewertung</b>	16			
2.3.1	Materialeinsatz	16			
2.3.2	Lohneinsatz	16			

## 1.1 Aufgabenstellung

digitales bauen hat eine Planungsmethodik entwickelt, die von der Konzeptentwicklung bis in die Ausführung hinein individuelle Gebäudeentwürfe systematisch modularisiert und über alle Gewerke hinweg integriert. Durch die Herausarbeitung von "Projektstandards" und ihre detaillierte Durcharbeitung kann die Komplexität einer Planungs- und Bauaufgabe deutlich reduziert werden. Die Prozesse können auf dieser Grundlage fehlerfreier und produktiver gestaltet werden. Die modularisierte Planung ermöglicht zudem eine umfassende Vorfertigung aller, insbesondere auch der technischen Systeme.

Um die Potentiale der Planungsmethodik zu verdeutlichen, wird sie in der vorliegenden Vergleichsstudie auf der Grundlage eines abgeschlossenen und gut dokumentierten Bauprojektes einer konventionellen Planung gegenübergestellt.

Bei dem gewählten Vergleichsobjekt handelt es sich um das Neubauprojekt eines Verwaltungsgebäudes mit ca. 30.000 qm BGF (Fertigstellung 2005), welches in einer Arbeitsgemeinschaft aus Rohbau-GU, Technik-GU und Ausbau-GU durchgeführt wurde. Die Leistung der ARGE umfasste neben der Ausführung auch die Ausführungsplanung. Dadurch, dass weite Teile der Prozesskette durch das ARGE-Team beeinflusst werden konnten, ist die Voraussetzung gegeben, die im Projekt gemachten Erfahrungen und erzielten Ergebnisse mit einem anderen methodischen Ansatz zu vergleichen und daraus entsprechende Schlüsse für die konventionellen Prozessketten zu ziehen.

Der Vergleich der Planungsergebnisse erfolgt auf der Grundlage von messbaren und damit objektivierbaren Kriterien. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für Prognosen bezüglich des eigentlichen Interesses dieser Studie, inwieweit nämlich eine modulare und integrierte Planung positive Effekte auf die Baukosten, Bauzeiten und Qualitäten von Gebäuden hat.

# 1.2 Motivation

## 1.2.1 Konventionelle Baustellen

Ein Hauptmotiv für die Suche nach alternativen Planungs- und Bauprozessen ist die immer wieder bescheinigte extrem niedrige Mitarbeiterproduktivität auf konventionellen Baustellen. Diese liegt im Montagebau durchschnittlich nur bei knapp 50% (Arbeiten am Gewerk 29% + Transport/Wege 21%) und damit weit unter der Produktivität von anderen Industrien. Hier liegt die Mitarbeiterproduktivität in der Regel bei weit über 90%.

Die Kostenstrukturen hinter dieser Produktivität stellen sich durchschnittlich wie folgt dar: 45% der Kosten gehen in Material, 45% der Kosten in Montagelohn sowie 10% in die restlichen Tätigkeiten für Planung, Bauleitung, Dokumentation und Logistik.

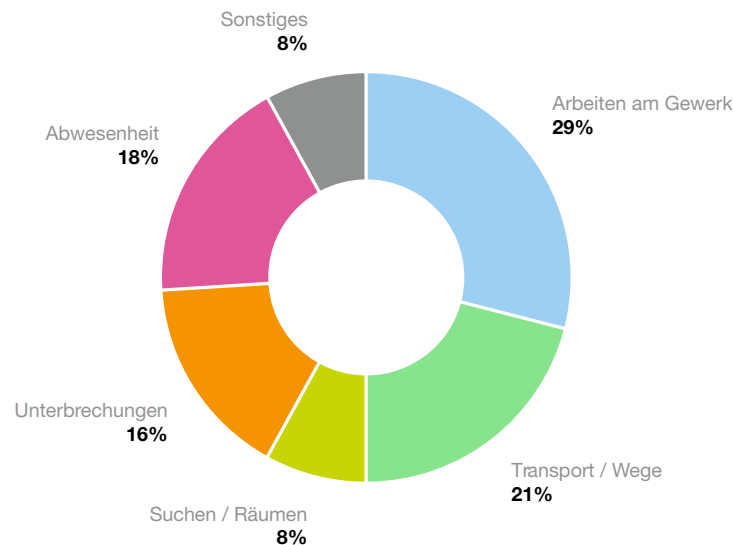


Abb. Durchschnittliche **Produktivität** auf Baustellen (Schlüsselfertig Bau)  
Quelle: Streif Baulogistik Ähnliche Quelle: Beate Guntermann : Schlüsselfertiges Bauen, Logistik im Ausbau bei schlüsselfertiger Bauausführung. Diplomarbeit Uni Dortmund, 1997.

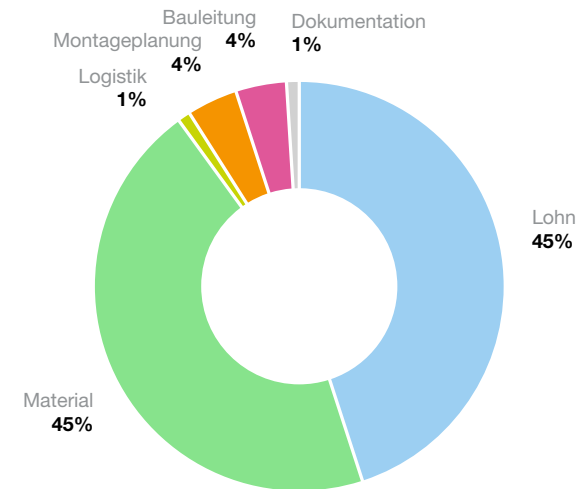


Abb. Durchschnittliche **Kostenstrukturen** auf Baustellen (TGA)  
Quelle: GTE Gebäudetechnik

## 1.2.2 Zielwerte für das Modulare Bauen

Der Zielwert des Modularen Bauens ist eine Verdoppelung der Produktivität auf der Baustelle verbunden mit einer Effektivierung der Aufwendungen für Transport und Wege. Der Anteil „Arbeiten am Gewerk“ soll von 29% auf 58% steigen. Hauptangriffspunkt für die Produktivitätssteigerung ist dabei die entsprechende Reduktion der unproduktiven Zeiten auf der Baustelle insbesondere für Suchen/Räumen, Unterbrechungen und Abwesenheit. Darüber ist die Montage von immer wiederkehrenden Konstruktionen (Modulen) einfacher und damit schneller als von Unikaten.

Die Aufwendungen für Transport/Wege werden effektiviert durch die Umsetzung einer „modularen“ Bau- und Etagenlogistik.

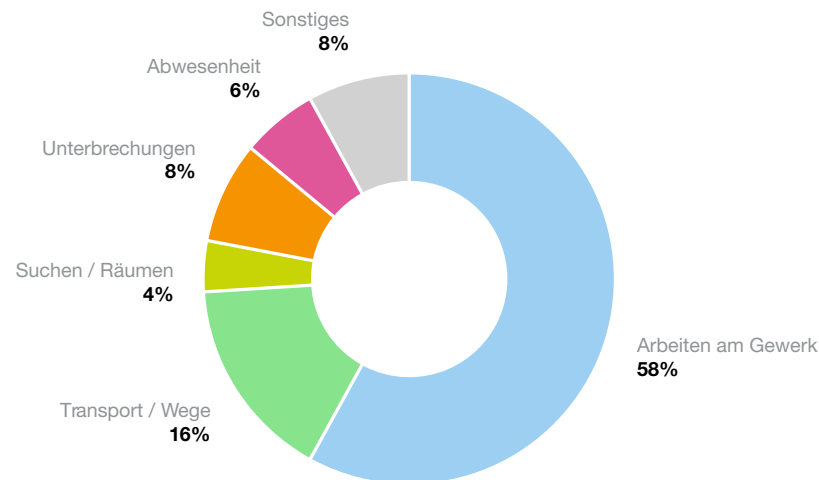


Abb. Zielwerte für die **Produktivität** auf Baustellen durch eine modulare Planung und Ausführung.

Eine Verdoppelung der Baustellenproduktivität bedeutet Lohneinsparungen in Höhe von 50%, d.h. von 45% auf 22,5%. Bei Zugrundelegung der gleichen Kostenstrukturen sinken damit die Gesamtkosten gerundet um 20%.

Für die Gesamtkosten unbedeutend, kommt es beim Modularen Bauen zu einer leichten Verschiebung der Aufwendungen von der Bauleitung hin zur Montageplanung. Durch eine bessere und koordiniertere Planung kann der Bauleitungsaufwand ebenfalls reduziert werden.

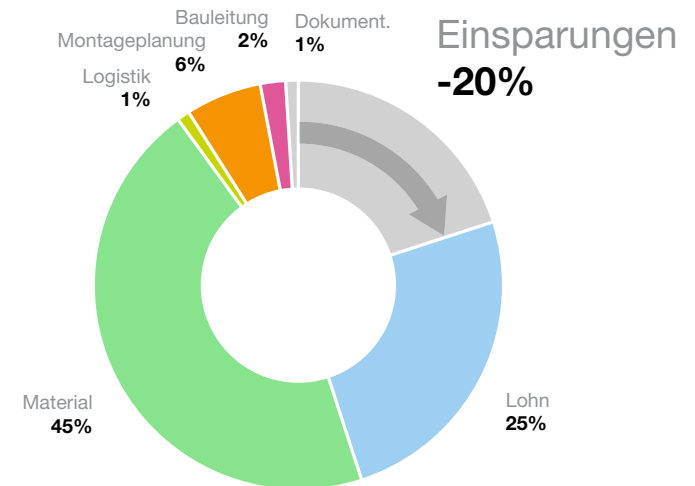


Abb. Zielwert **Einsparungen um 20%** durch Produktivitätssteigerungen. Höherer Aufwand für Montageplanung, Geringerer Aufwand für Bauleitung.

## 1.2.3 Vorbilder aus anderen Produktionsbereichen

Wie angesprochen liegt die Mitarbeiterproduktivität in anderen produzierenden Industrien mit über 90% weit über der auf Baustellen. Den Ursachen nachzugehen ist nicht Aufgabe dieser Vergleichsstudie. Hierzu verweisen wir auf weitergehende Informationen zum Thema Prozessoptimierung

(z.B. Womack, Jones: Lean Thinking, Campus Verlag 2004; Shingo: Das Erfolgsgeheimnis der Toyota Produktion, Verlag moderne industrie 1993; Ohno: Das Toyota- Produktionssystem, Campus 1993)

Vielmehr sollen an dieser Stelle stellvertretend und in aller Kürze zwei Vorbilder hervorgehoben werden, die zum einen in die Planungsmethode Digitales Bauen und zum anderen in die Art der vergleichenden Ausarbeitung dieser Vergleichsstudie Eingang gefunden haben.

In den letzten Jahren ist der Automobilkonzern Toyota zum Vorreiter für die systematische und kontinuierliche Verbesserung seiner Fertigungsprozesse geworden und damit u.a. zum weltgrößten Produzenten von mängelfreien Automobilen aufgestiegen.

Die Kernelemente dieses Toyota-Prinzips sind:

- **Paketieren**

Die Gesamtleistung wird in kleine, überschaubare und sich wiederholende Einheiten zerlegt. Hierdurch wird die Komplexität reduziert. Die Mitarbeiter können sich auf die Details konzentrieren und diese ständig verbessern. Die sich einstellende Routine wird als Chance gesehen, um einen gleich bleibenden hohen Standard zu garantieren.

- **Vollständig Integrieren**

Alle Einzeldisziplinen werden kompromisslos bis in das letzte Glied integriert. Nicht nur die Zulieferer, sondern auch die Lieferanten der Zulieferer werden auf die Qualitäten und Prozesse hin überprüft und in das Gesamtsystem einbezogen.

- **Null Fehler Prinzip**

Fehler werden schon im Ansatz erkannt und sofort behoben

- **Kontinuierliche Verbesserung**

Die bestehenden Planungs- und Produktionsabläufe werden auf allen Ebenen kontinuierlich hinterfragt und laufend verbessert.

Die besondere Modellierung des Toyota Prinzips findet sich in der Planungsmethode Digitales Bauen wieder. Insbesondere durch die Zerlegung der Bauaufgabe in überschaubare sich wiederholende Arbeitspakete wird die Grundlage geschaffen für einen hohen Grad der Gewerkeintegration. Durch die Reduktion der Komplexität ergeben sich deutliche Produktivitätssteigerungen. (hierzu die Beschreibung der Methode Digitales Bauen im Abschnitt 1.3). Eine Verdoppelung der Baustellenproduktivität bedeutet Lohneinsparungen in Höhe von 50%, d.h. von 45% auf 22,5%. Bei Zugrundelegung der gleichen Kostensstrukturen sinken damit die Gesamtkosten gerundet um 20%.

Für die Gesamtkosten unbedeutend, kommt es beim Modularen Bauen zu einer leichten Verschiebung der Aufwendungen von der Bauleitung hin zur Montageplanung. Durch eine bessere und koordiniertere Planung kann der Bauleitungsaufwand ebenfalls reduziert werden.

## 1.2.3 Vorbilder aus anderen Produktionsbereichen

Ein zweites Beispiel für die großen Potentiale, die durch die Umstrukturierung von Planungs- und Betriebsprozessen frei werden können, sind die Straßenbahnwerke in Krefeld. Nach Übernahme des Werkes durch den Siemens Konzern wurden bei gleicher Anforderung an die Qualität des Produktes sowohl das Produkt selbst als auch die Prozesse optimiert. Auch wenn in der Grafik keine absoluten Zahlen genannt sind, so zeigt sie doch sehr deutlich die Potentiale auf, die durch eine Umstrukturierung freigesetzt werden können.



Abb. Straßenbahnwerk Krefeld vor und nach der Umstellung der Produktion  
1999 - 2002

# 1.2 Motivation



digitales bauen®

## 1.2.3 Vorbilder aus anderen Produktionsbereichen

### Produktivitätsentwicklung 1999 bis 2002 SIEMENS

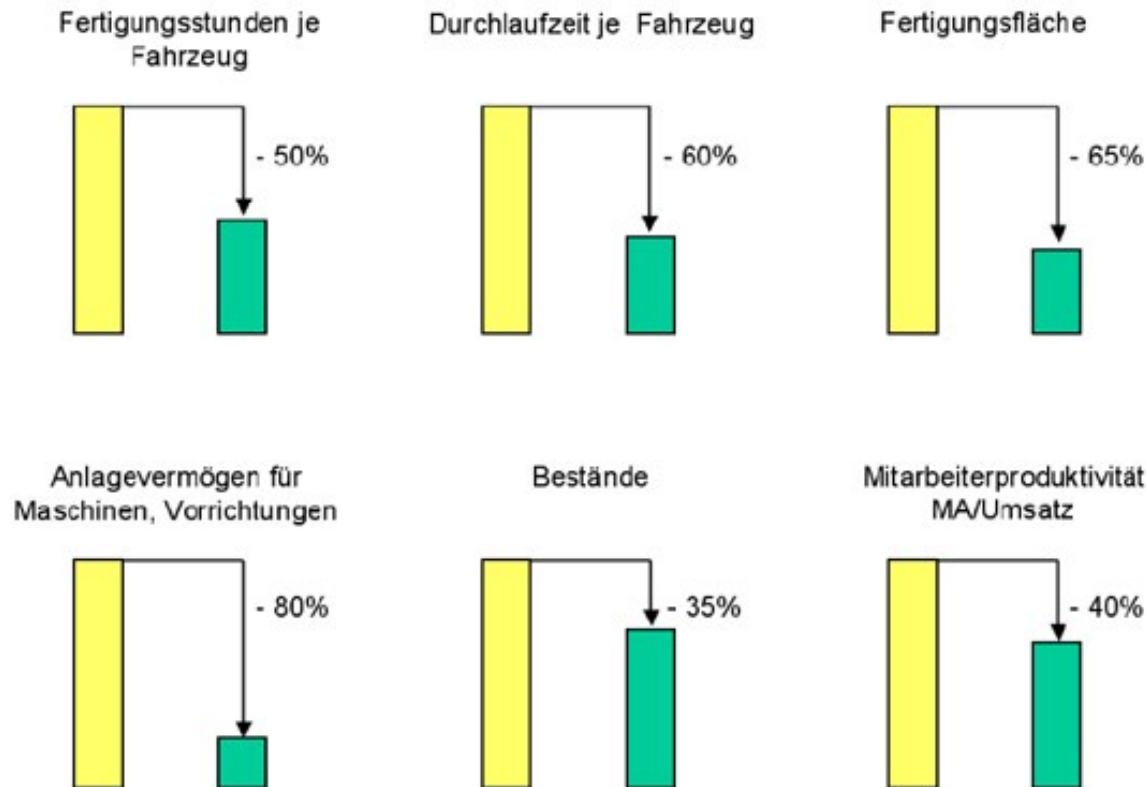


Abb. Produktivitätsentwicklung Straßenbahnwerk Krefeld vor und nach der Umstellung der Produktion



Kernelement der Planungsmethode Digitales Bauen ist die konsequente gewerkeübergreifende Modularisierung von Gebäudeentwürfen. Hierdurch wird die Komplexität der Planung, der Ausführung und des Betriebes von Gebäuden auf das mögliche Minimum zu reduziert. Die dargestellten Module können erheblich tiefer ausgearbeitet werden als dies in einer konventionellen Planung möglich ist.

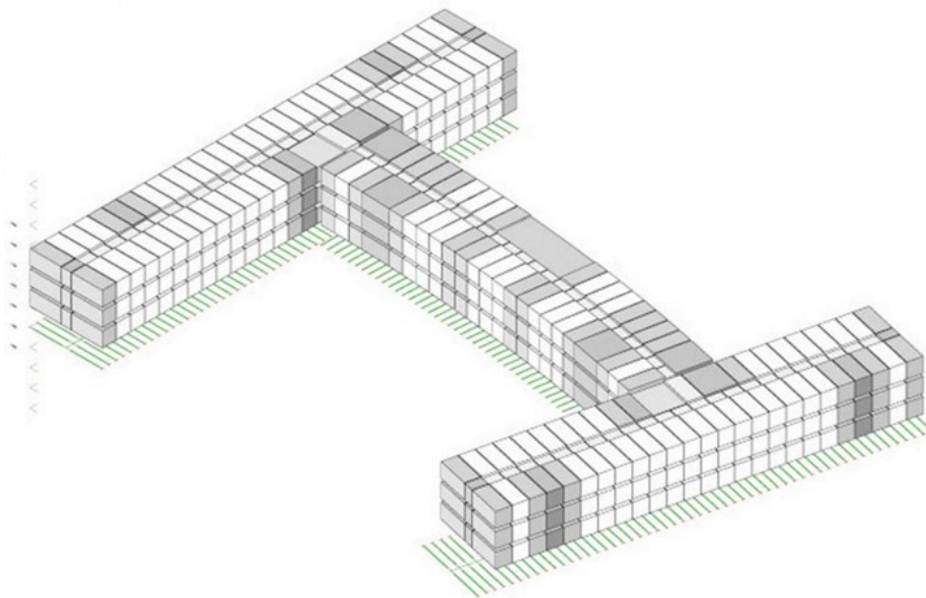
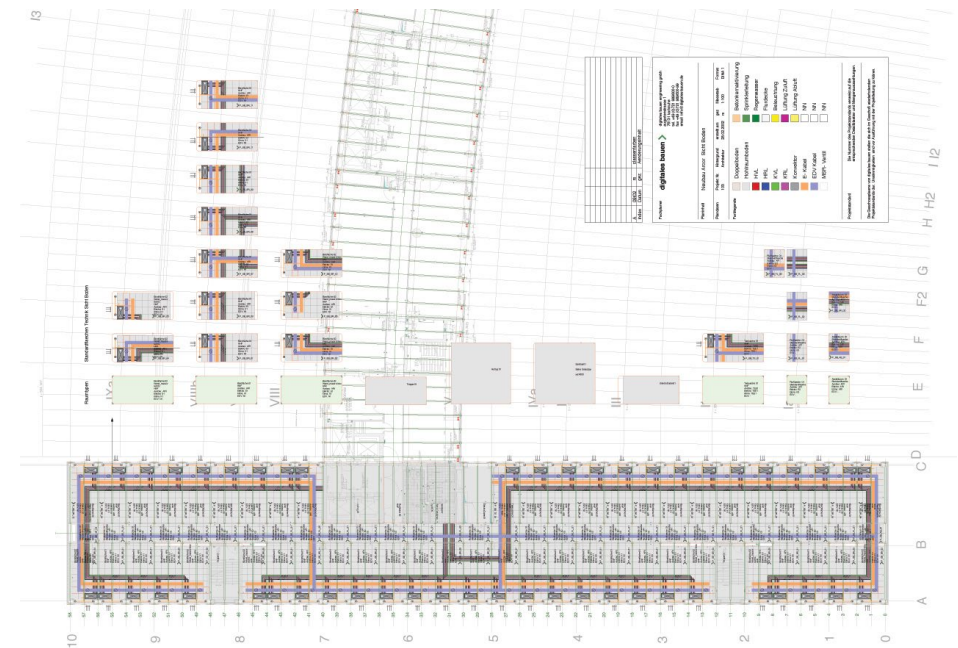


Abb. Jedes Gebäude ist ein Baukasten.

## Hintergrund

Jedes Gebäude besteht in hohem Maße aus Wiederholungen. Wiederholungen gibt es in Nutzungen, Räumen, Ausstattungen, Raumkonditionierungen, Konstruktionen etc. Diese werden durch Digitales Bauen in einem speziellen methodischen Verfahren aus dem individuellen Entwurf herausgearbeitet und systematisch dargestellt.



Die Modularisierung des Gebäudeentwurfes ist Grundlage für die

- umfassende Integration aller Gewerke und die Berücksichtigung der Belange der Ausführung und des Betriebes bereits in der Planung. Durch die Reduktion der Planungskomplexität kann die Detaillierung umfangreicher und fehlerfreier erfolgen. Der Nachweis der Funktionalität, der Integration und Baubarkeit ist auf der Grundlage der Module einfacher zu führen als auf der Basis eines konventionellen Entwurfes. Das Ausführungsrisiko sinkt. (Analog zu den Produktentwicklungen in anderen Industrien, Baugruppenfertigung). Hier gilt, je früher mit der Modularisierung gestartet wird, desto besser ist ihre Durcharbeitung.
- die Reduktion der Anzahl planerisch zu bearbeitender Details
- die Organisation und Steuerung der Logistik
- die Umsetzung einer reibungslosen Montage unter Ausnutzung von „Lernkurven“ (standardisierte Arbeitsanweisungen und Arbeitsabläufe etc.)
- die rationelle Abwicklung der Bauleitung (Qualitätskontrollen, Teilabnahmen, Mängeldokumentation, Mängelbeseitigung etc.)
- die Minimierung des Aufwandes für den Unterhalt (Bauen wie geplant, standardisierte Wartungspunkte etc.)

Weitere Vorteile, die diese Methode verspricht sind

- die Ableitung eines im Vergleich zur konventionellen Planung einfacheren Gebäudedatenmodells; damit im Vergleich einfache Softwareunterstützung (CAD, Datenbank), einfache Ankopplung an Kostendatenbanken (Investkosten, Betriebskosten, Lebenszykluskosten, Energiekosten)
- Ableitung von präzisen Mengen und Massen
- die Vorbereitung der Vorfertigung
- methodische Unterstützung der Logistik und Montage
- einfachere Variantenbildung
- flexiblere Anpassung an Änderungswünsche des Bauherrn

Die Methode Digitales Bauen wird ausführlich in den Firmenunterlagen von Digitales Bauen beschrieben und ist durch eine Vielzahl von Referenzen belegt.

## 2.1 Verfahren

Im Rahmen dieser Vergleichsstudie wird ein fertig gestelltes und abgerechnetes Projekt eines Technischen GUs noch einmal in der beschriebenen Methode Digitales Bauen modular überplant. Das Planungsergebnis wird anschließend der konventionellen Planungen gegenübergestellt und anhand von messbaren Kriterien verglichen.

Bei dem Neubauprojekt handelt es sich um ein Verwaltungsgebäude mit ca. 30.000 qm BGF. Es umfasst 4 Obergeschosse mit überwiegender Büronutzung, ein Erdgeschoss mit Kassenhalle sowie ein Untergeschoss mit Tiefgarage.

Für die Vergleichsplanung wurde im Gebäude ein Planausschnitt festgelegt. Es handelt sich um den Versorgungsbereich 2 (ELT) im 4.OG. Dieser Planausschnitt umfasst eine BGF Fläche von ca. 1.000 qm und ist repräsentativ für die Ausstattung und Komplexität des gesamten Gebäudes. Der Planausschnitt kommt in vergleichbarer Ausprägung noch 10x im Gebäude vor.

## 2.1 Verfahren

Bei der Überplanung in der Methode Digitales Bauen war die **zwingende Vorgabe, dass keinerlei grundsätzlichen gestalterische oder funktionale Änderungen an der Planungsvorlage vorgenommen wurden**. Nur so ist gewährleistet, dass die Ergebnisse der Auswertung wirklich vergleichbar sind.

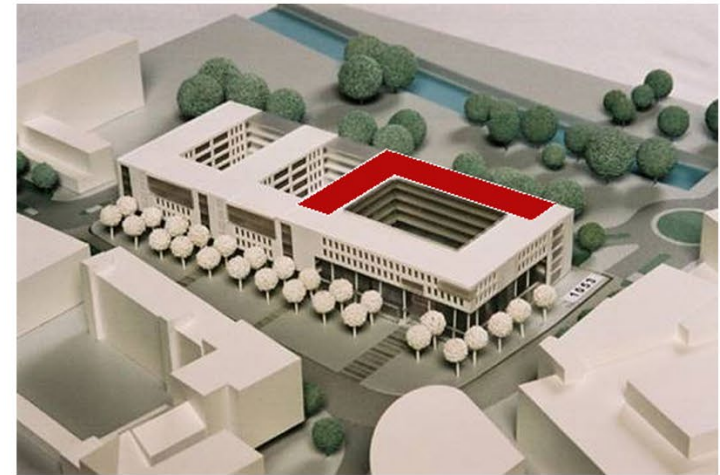
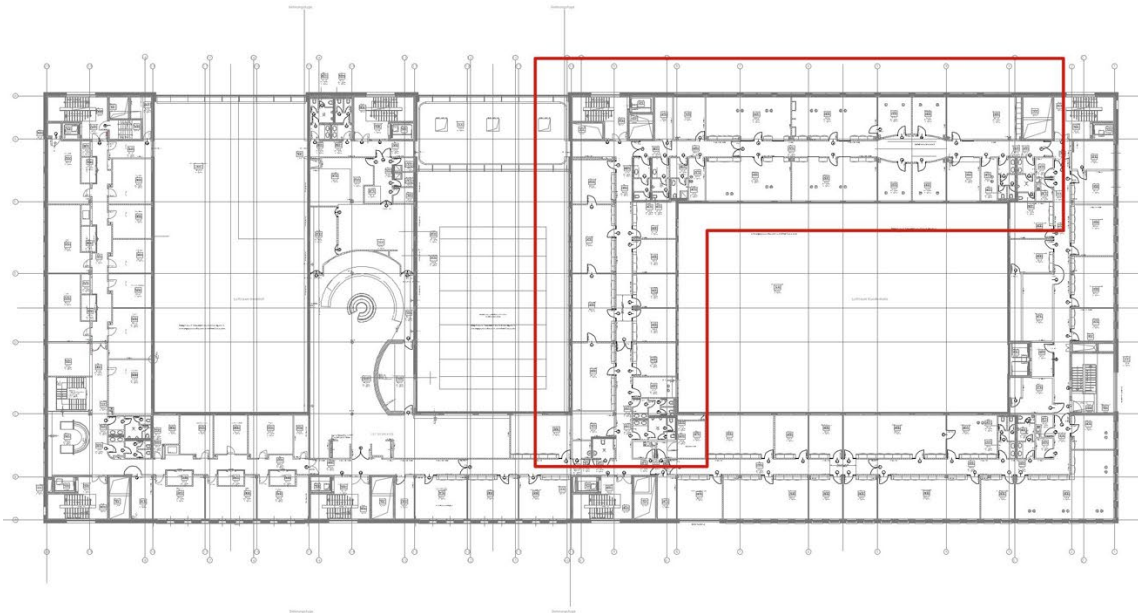


Abb. Planungsausschnitt (Versorgungsbereiche 2 (ELT) im 4.OG)  
Dieser Planausschnitt kommt in vergleichbarer Ausprägung noch ca. 10x im Gebäude vor.

## 2.1 Verfahren

Der Planausschnitt wurde in folgenden Aspekten überplant:

- Maß- und Ortskennzeichnungssystem
- Fassade
- Innenwände
- Möbel
- Unterdecke Flur
- Lüftung in den Aspekten Zuluft, Abluft und Entrauchung
- 3-Leiter Kühlen/Heizen
- Sprinkler
- 2-Leiter Kühlen
- Beleuchtung
- Dachentwässerung

Der Vergleich der Planungsergebnisse erfolgt auf der Grundlage von folgenden messbaren / zählbaren Kriterien:

## 2.2.1 Anzahl Standardkonstruktionen

Standardkonstruktionen sind Baukonstruktionen, die schon in der Planung als regelmäßige Baugruppe detaillierte wurden und im Gebäude mehrmals vorkommen.

## 2.2.2 Anzahl Sonderkonstruktionen

Sonderkonstruktionen sind Baukonstruktionen, die im Gebäude nur einmalig vorkommen. In dieser Vergleichsstudie werden Baukonstruktionen als Sonderkonstruktionen identifiziert, wenn ihre planerische Durcharbeitung keinerlei Anzeichen einer Systematisierung und Vereinheitlichung aufweist, insbesondere bezüglich der Aufnahme von Toleranzen, der Einbindung der Randgewerke etc.

## 2.2.3 Anzahl Konstruktionsvarianten

„Anzahl Konstruktionsvarianten“ bezeichnet die Summe aller gezählten Standardkonstruktionen und Sonderkonstruktionen als Maß für die Vielfalt der Konstruktionen. Die dargestellte Varianz ist auf den Index 100 bezogen.

## 2.2.4 Anzahl Dimensionssprünge

„Dimensionssprünge“ bezeichnet die Dimensionsänderung in einer Leitungstrasse. Insbesondere bei großen Lüftungskanälen ist eine Dimensionsänderung nicht nur funktional bestimmt, sondern auch notwendig um anderen Systemen „auszuweichen“. Die Anzahl der Dimensionsänderungen ist daher auch ein Maß für die Komplexität der Konstruktion.

## 2.2.5 Anzahl Höhenversprünge

„Höhenversprünge“ bezeichnet die Höhenänderungen in einer Leitungstrasse. Die Anzahl der Höhenversprünge ist ein Maß für die Komplexität der Konstruktion. Ein Höhenversprung ist mit einem besonderen Montageaufwand und in der Regel auch einem zusätzlichen Materialaufwand verbunden.

## 2.2.6 Anzahl Abgänge im Raster

„Abgänge im Raster“ bezeichnen die Regelmäßigkeit einer Konstruktion und den Grad der Abstimmung auf andere Gewerke auf der Grundlage eines übergreifenden Maßsystems.

## 2.2.7 Zugänglichkeit

Die Zugänglichkeit von Konstruktionen ist ein messbares Kriterium. Es ist ein Indiz für die Montagefreundlichkeit einer Konstruktion. Zugänglichkeit ist insbesondere auch im Betrieb ein entscheidendes Qualitätskriterium für Wartung, Austausch und Nachrüstung.

## 2.2.8 Anzahl Ablesbare Baugruppen

„Dimensionssprünge“ bezeichnet die Dimensionsänderung in einer Leitungstrasse. Insbesondere bei großen Lüftungskanälen ist eine Dimensionsänderung nicht nur funktional bestimmt, sondern auch notwendig um anderen Systemen „auszuweichen“. Die Anzahl der Dimensionsänderungen ist daher auch ein Maß für die Komplexität der Konstruktion.

## 2.2 Vergleichskriterien

### 2.2.9 Anzahl Erkennbare Konfliktpunkte

„Erkennbare Konfliktpunkte“ bezeichnen Punkte in der Planung, die offensichtlich planerisch nicht gelöst wurde. Hier liegen mehrere Konstruktionen auf engem Raum übereinander. Die Entflechtung der Konstruktionen erfolgt mit erhöhtem Aufwand auf der Baustelle.

Mit Hilfe der genannten Kriterien wird insbesondere die Komplexität einer Konstruktion gemessen. Funktion, Qualität und Ausstattung in beiden Planungen sind gemäß der Vorgabe identisch. Es ist offensichtlich, dass die Komplexität einer Konstruktion in einem unmittelbaren Zusammenhang steht zu ihren Kosten und Bauzeiten. Durch eine Reduktion der Komplexität werden alle Prozesse rund um die Ausführung einfacher und damit effektiver und kostengünstiger. Es ist jedoch schwierig, ohne eine reale Umsetzung und Abrechnung der Leistung diese Einsparungen genau zu quantifizieren. Da die reale Umsetzung nicht möglich ist, bleibt nur der Weg die Zusammenhänge zwischen Komplexität und Kosten bzw. Montagezeiten genau aufzuzeigen und hieraus die Effekte nachvollziehbar abzuleiten. Das Ergebnis dieser Vergleichsstudie ist daher nicht exakt sondern tendenziell.

## 2.3.1 Materialeinsatz

Durch die Vorgabe einer identischen Qualität und Ausstattung ist der Materialeinsatz bei den Vergleichsplanungen als identisch anzunehmen. Eine Veränderung würde sich ergeben, wenn man in der modularen Planung den Aspekt der Vorfertigung herausarbeitet und nutzt. Die Möglichkeit zur Vorfertigung ergibt sich offensichtlich aus dem modularen Planungsansatz. Da die Bewertung der Vorfertigung jedoch sehr vielschichtig ist, wird sie zunächst in der Vergleichsstudie ausgeklammert.

## 2.3.2 Lohneinsatz

### Zusammenhang Komplexität - Erfahrungskurven

Es gibt viele Untersuchungen aus dem Produktionsbereich, die den Zusammenhang zwischen der Produktionsmenge und den Stückkosten darstellen. Auf die modularisierte Planung übertragen bezeichnet die Produktionsmenge, die Menge einer baugleichen Konstruktion. Durch die sich einstellende Erfahrung bei der Montage wird die Montagezeit

reduziert (Stichwort: Lernkurve). Neben den Kosten sinken die Fehlerquoten und es steigt die Qualität.

In den betriebswirtschaftlichen Modellen sinken die Stückkosten typischerweise um 20 – 30% bei einer Verdoppelung der kumulierten Ausbringungsmenge. Diese Effekte werden sich auf die Montageprozesse auf Baustellen übertragen lassen. Je öfter eine Konstruktion auf der Baustelle gebaut werden muss, desto schneller und effektiver werden diese erstellt.

In der Vergleichsstudie wird die „Produktionsmenge“ einer Konstruktion mit dem Kriterium „Anzahl Standardkonstruktionen“ bzw. negativ mit dem Kriterium „Anzahl Sonderkonstruktionen“ gemessen.

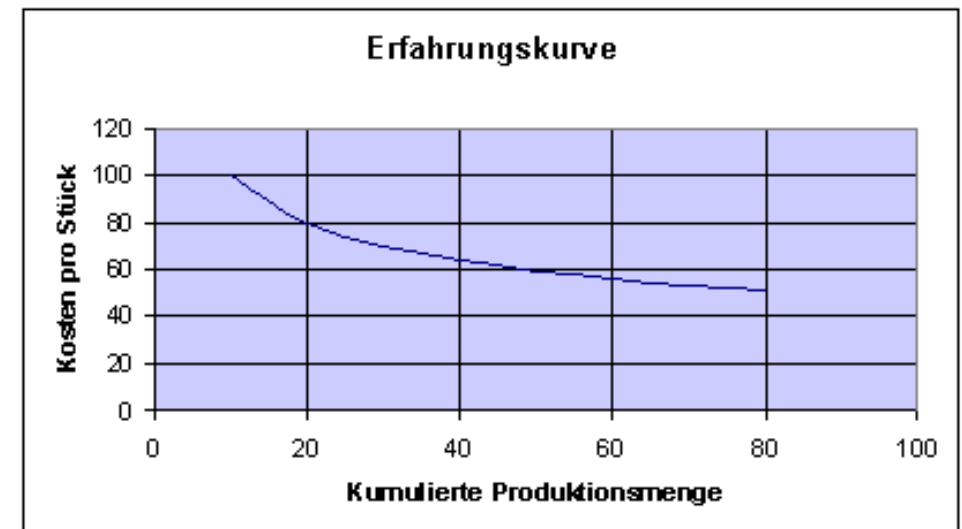


Abb. Zusammenhang zwischen gleichen Produktionseinheiten und Kosten pro Einheit.



## Zusammenhang Komplexität - Rüstkosten

Ein zweiter wichtiger Zusammenhang ist der Zusammenhang zwischen Komplexität und Rüstkosten.

Rüstkosten bezeichnen in der Produktion einmalige Aufwendungen, die entstehen, um das Arbeitsteam oder eine Fertigungsmaschine auf eine neue Fertigungseinheit einzustellen. Rüstkosten sind keine Produktivkosten. Sie werden in der Regel einmalig auf eine Produktionsserie aufgeschlagen.

Auf die Baustellenmontage übertragen bezeichnen die Rüstkosten den Aufwand, den ein Montageteam treiben muss, um sich auf einen neue Konstruktion auf der Baustelle einzustellen. (Lesen des neues Plandetail, Berücksichtigung der neuen konstruktiven Randbedingungen, Bereitstellung des Materials, Richten der Maschinen etc.). Je häufiger sich auf der Baustelle eine Konstruktion ändert, desto höher ist die Summe der Rüstkosten. Die Anzahl wird mit dem Kriterium „Anzahl Konstruktionsvarianten“ gemessen.

In den Diagrammen über die Baustellenproduktivität sind die Rüstkosten in den Anteil „Suchen und Räumen“ eingeflossen. Durch eine Erhöhung gleicher Bausituationen reduziert sich der Rüstkostenanteil. Er verlagert sich in den Anteil „Arbeiten am Gewerk“.

Im Folgenden werden die konventionelle und die modulare Planung in den dargestellten Aspekten gegenübergestellt und nach den genannten Kriterien ausgewertet und miteinander verglichen.

Alle Aspekte werden in einem kleinen Planausschnitt illustriert. Dieser Ausschnitt ist ein Teil des definierten Planausschnittes im 4.OG. Die Auswertung bezieht sich selbstverständlich auf den gesamten Planausschnitt. Die zugehörigen Planunterlagen befindet sich auf der beiliegenden CD-ROM.

Um die Vergleichbarkeit der Planungen zu erhöhen wurde die konventionelle Planung teilweise grafisch überarbeitet. Sie hat damit die gleiche grafische Qualität wie die modulare Planung und kann einfacher verglichen werden. Selbstverständlich wurden die Planinhalte durch diese Überarbeitung nicht beeinflusst.

Das Maß- und Ortskennzeichnungssystem bezeichnet das maßliche Grundsystem des Entwurfes. Es umfasst u.a.

- Konstruktionsraster
- Ausbauraster
- Installationsraster
- Befestigungspunkte
- Toleranzbereiche

Das Ortskennzeichnungssystem basiert auf dem Maßsystem und bezeichnet eindeutig die Orte im Entwurf/Gebäude. Das Ortskennzeichnungssystem ist Grundlage z.B. für die Raumnummerierung, die Bauleistik, die Kennzeichnung von wartungs-, bedienungs- und störungsrelevanten Bauteilen etc.

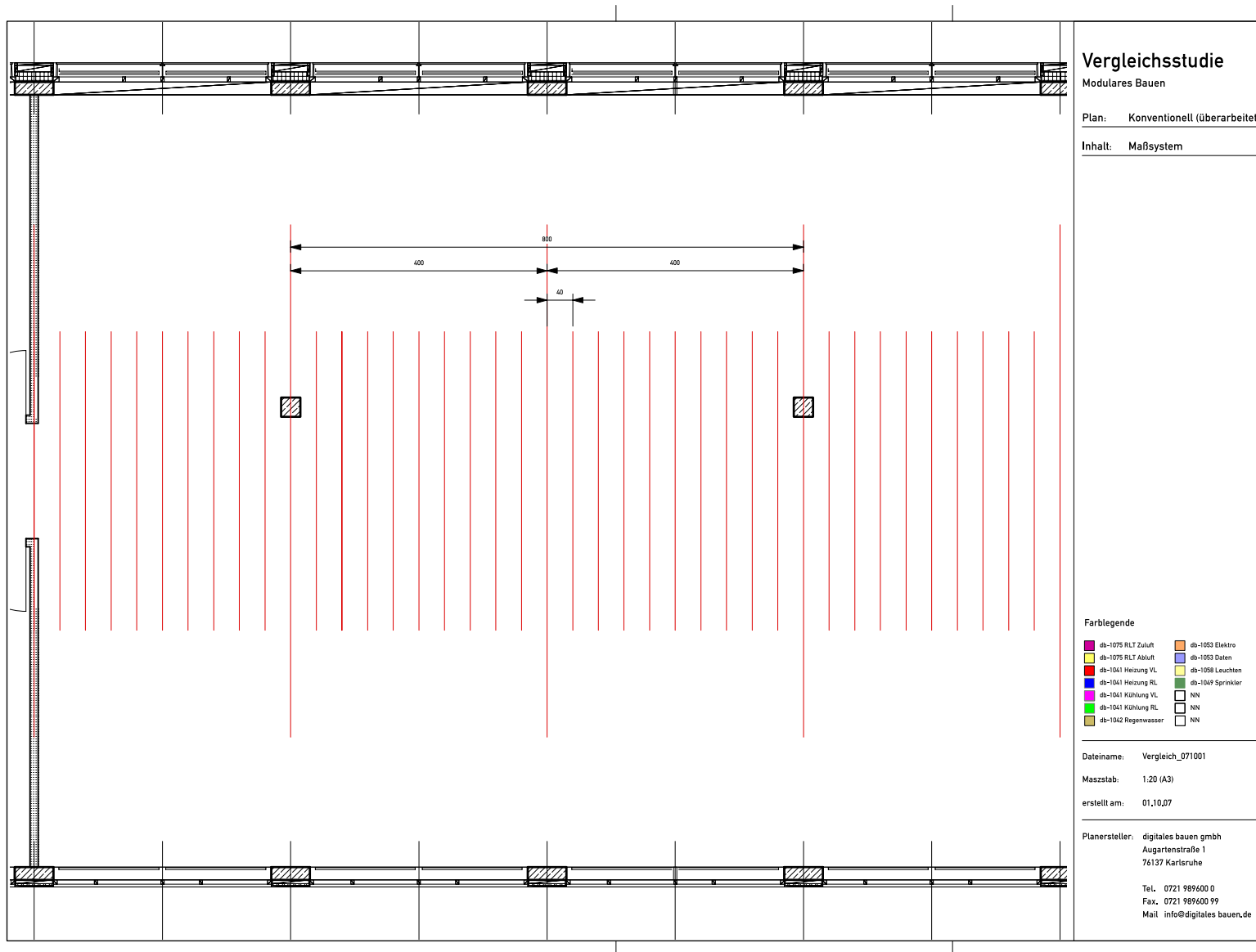
Die frühe Festlegung auf ein Ortskennzeichnungssystem vermeidet doppelten Planungsaufwand und reduziert Konflikte zwischen den Planungs- und Ausführungsphasen.

### **Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

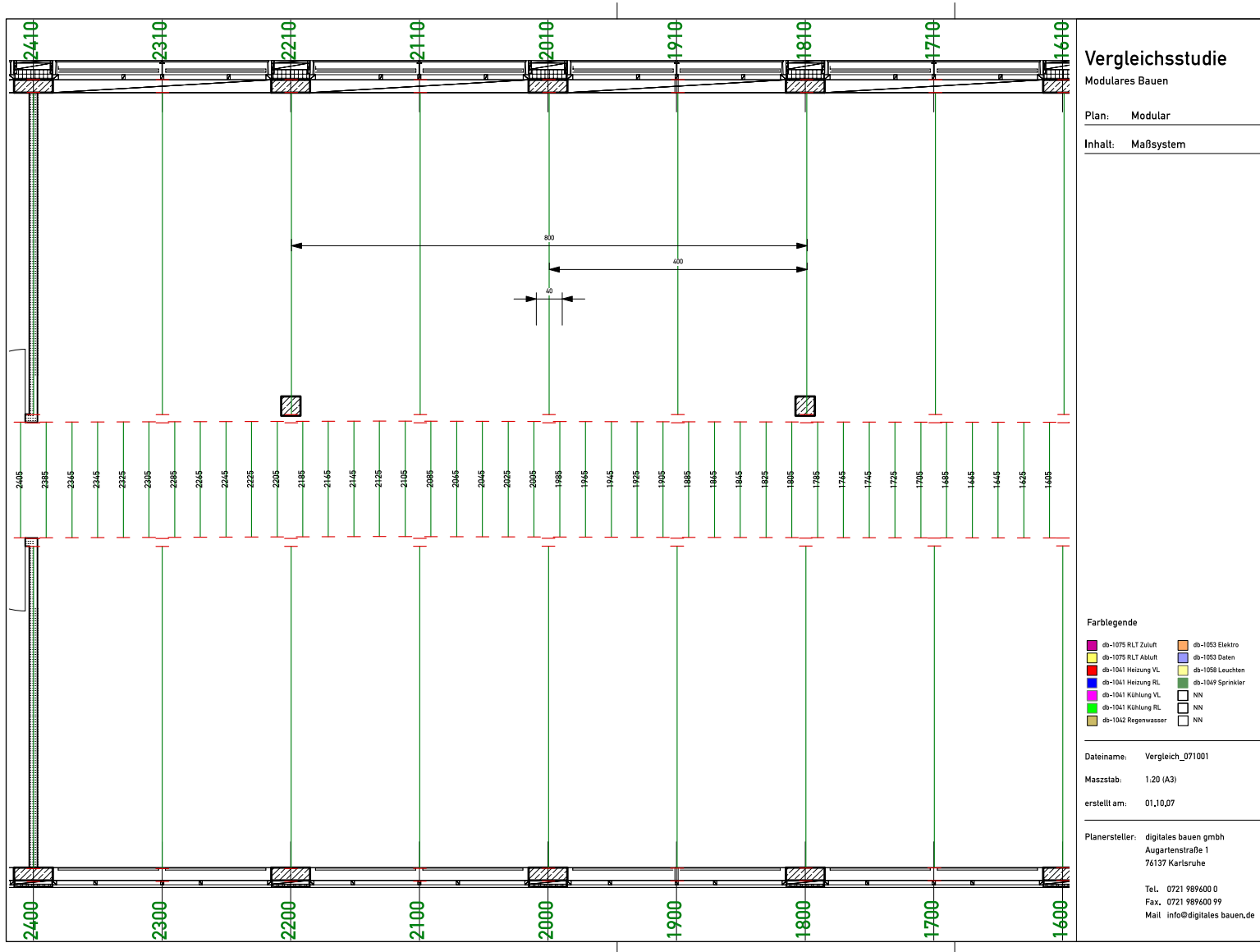
- das Maßsystem enthält keine Aussagen zu Trennwänden und Flurwänden
- es wird kein Ortskennzeichnungssystem bestimmt

### **Kennzeichen der Modularen Planung:**

- Maßsystem mit Aussagen zu Fassaden, Trennwänden, Flurwänden, Unterdecken
- Ortskennzeichnungssystem auf Basis des Deckenrasters (40cm) als kleinste Einheit, da sich in der Flurdecke die meisten Revisionspunkte befinden.
- gegenüber der konventionellen Planung wurde das Deckenraster im Flur um 20cm verschoben. Hierdurch konnten Deckenelemente, Wandelemente, Stützen und Möbel besser in Übereinstimmung gebracht werden.
- das Maßsystem definiert ein dreidimensionales Installationsraster für die kollisionsfreie Trassenführung (Installationstrassen, Installationsebenen, Vorzugslagen etc. - s. Anlage)



# Maß- und Ortskennzeichnung





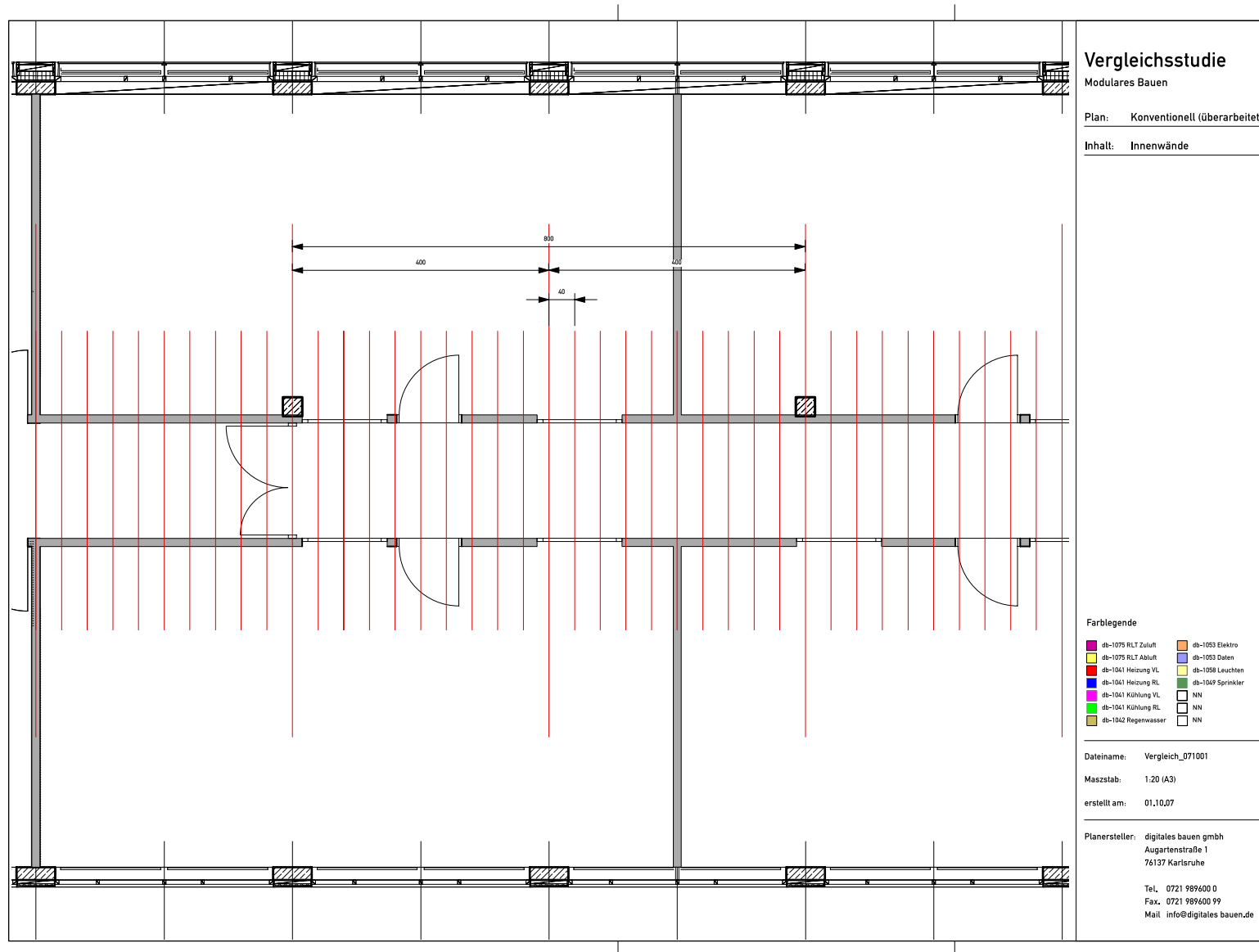
Innenwände sind Flurtrennwände und Raumtrennwände.

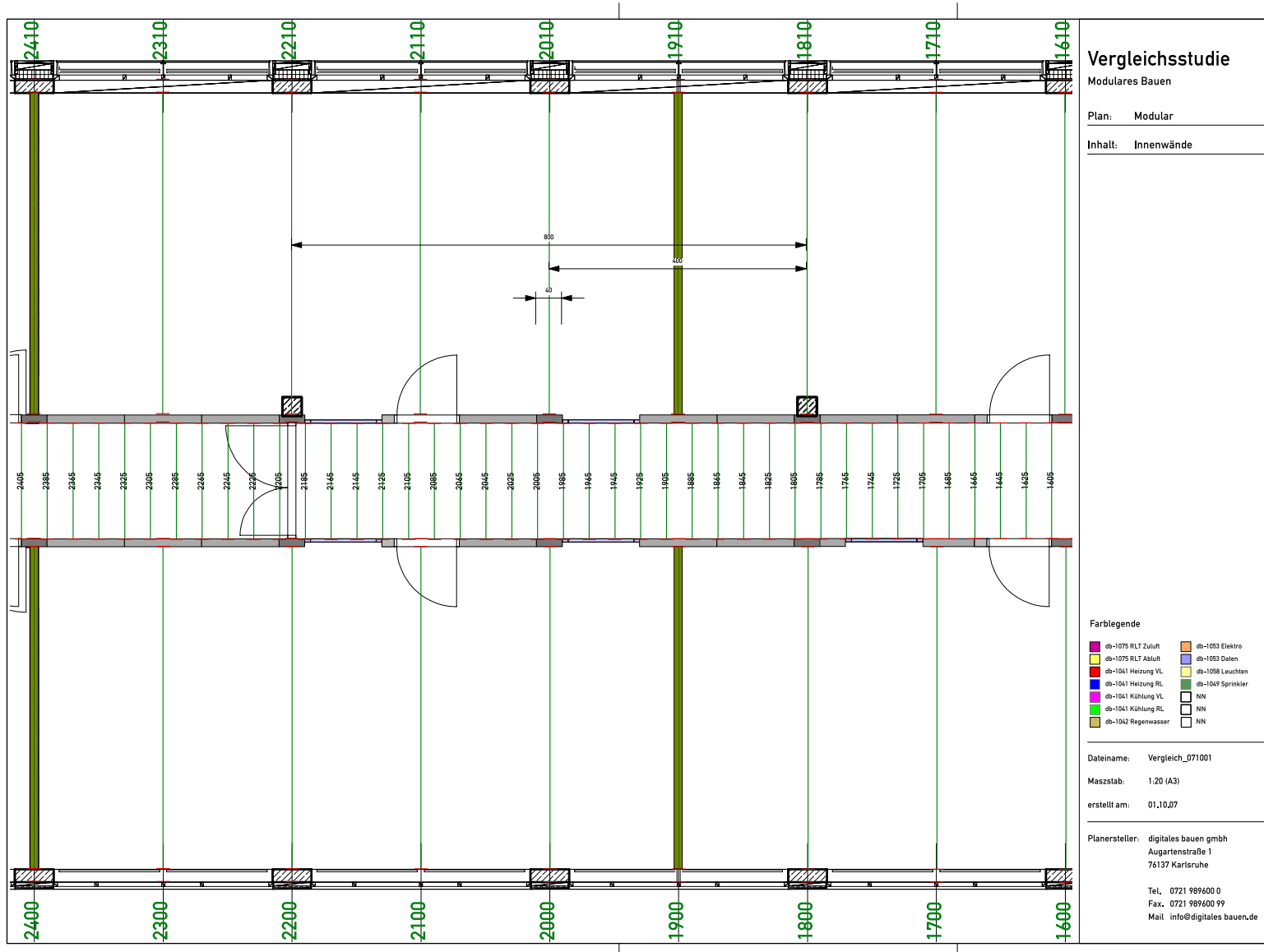
### **Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

- Trennwände und die darin eingebauten Türen und Glasausschnitte sind nicht auf das Flurraster von 40cm abgestimmt. Es gibt keine regelmäßigen Maße zwischen den Öffnungen.
- Wandelemente, Türelemente, Fensterelemente sind aus der Planung nicht ablesbar. Die Ausführung erfolgt in Trockenbau. Durch fehlende einheitliche Bezugsmaße ist das Aufmaß und Kontrollmaß schwierig.

### **Kennzeichen der Modularen Planung:**

- Trennwände, Türen und Glasausschnitte wurden auf der Grundlage des Maßsystems mit dem Grundsatz einer hohen Regelmäßigkeit ausdetailliert. Der Bezug zum Deckenraster ist wichtig, insbesondere wegen der hohen Technikdichte in der Unterdecke. Gegenüber der konventionellen Planung ergeben sich leichte Maßverschiebungen, die jedoch optisch nicht ins Gewicht fallen.
- Die Trennwände sind als „Baukasten“ ausdetailliert (s. Anlage). Neben der Ausführung als klassischer Trockenbau ist so auch die Ausführung in Modulbauweise möglich. Auch für den klassischen Trockenbau ist die Herausarbeitung von Regelanschlüssen von Vorteil.
- Ein durchgängiges Maßsystem ist die Voraussetzung für die einfache Wandelbarkeit des Gebäudes.







Entlang der Flurwände sind auf der Büroseite Einbauschränke angeordnet. In diesen sind z.T. Schalldämpfer und Quellluftauslässe sowie LON-Verteiler untergebracht.

### Kennzeichen der Konventionellen Planung:

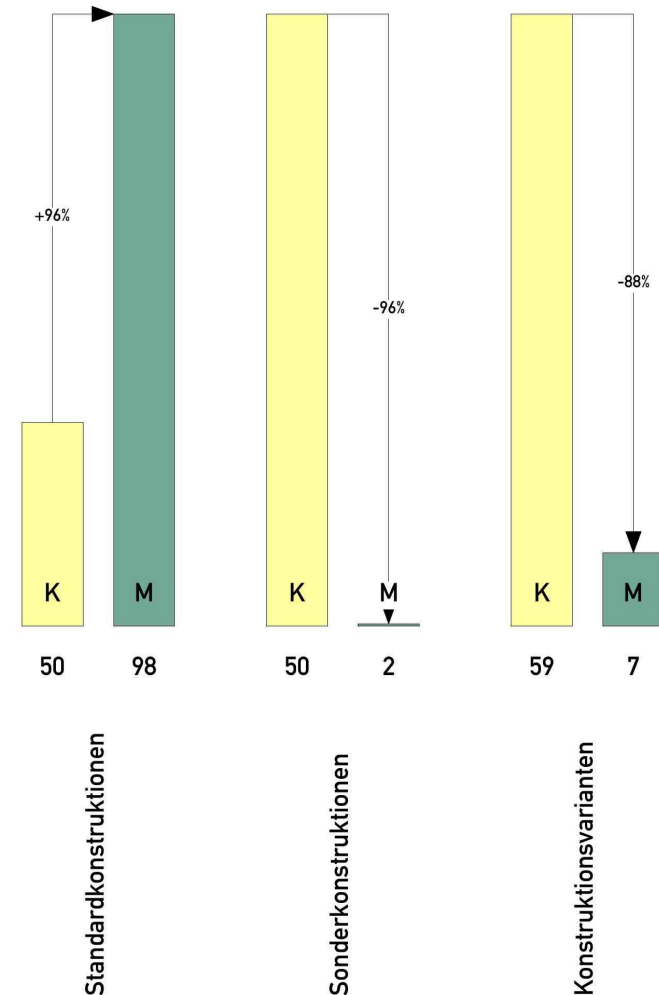
- es gibt keinen Bezug der Schränke zu Wänden/Stützen und Deckenelementen.
- für die Schränke wird ein neues Maßsystem eingeführt (50cm, 100cm).  
Das Aufstellen der Schränke folgt keiner Systematik.
- die Integration der Technik in die Schrankelemente erfolgt nach keinem ablesbaren Muster.

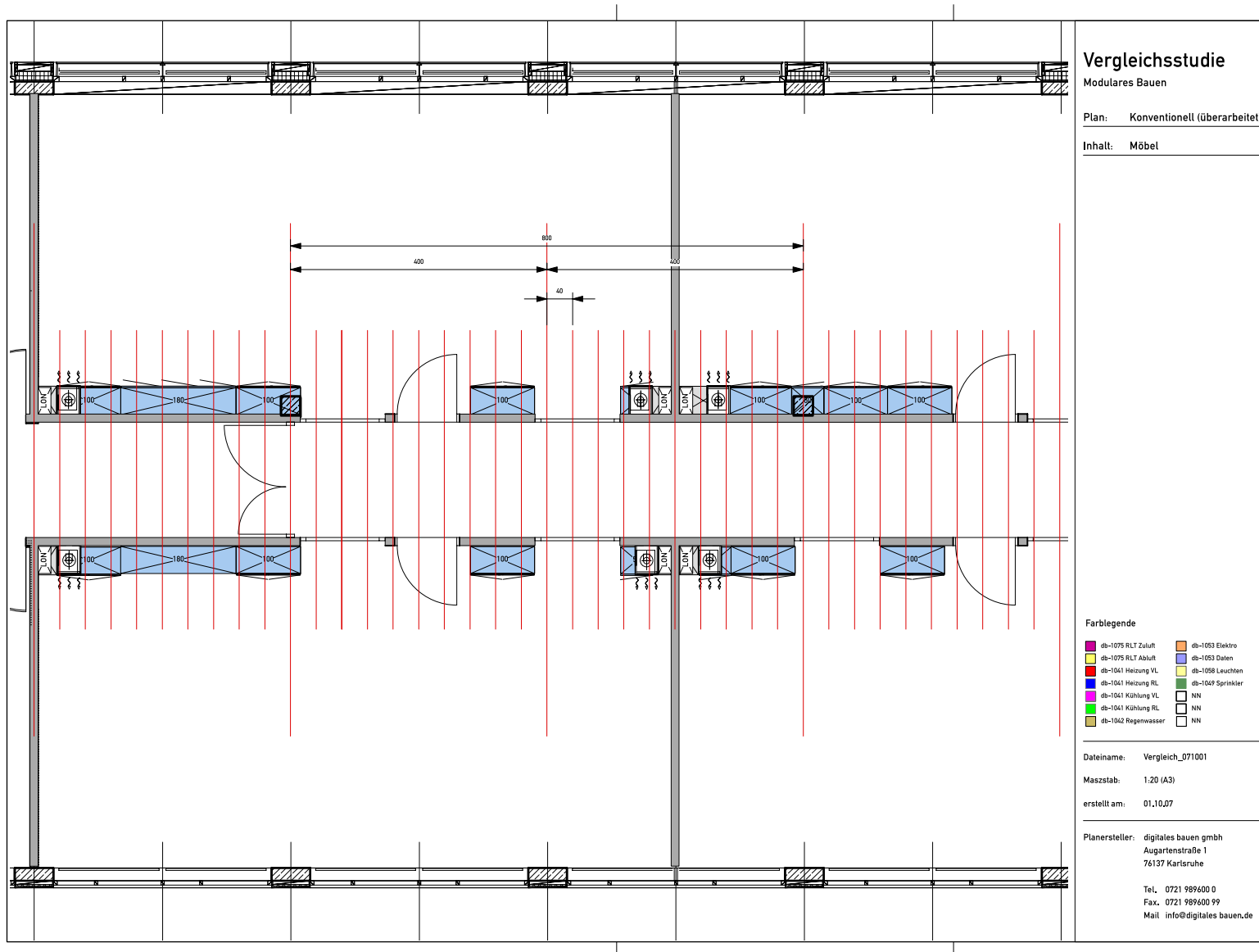
### Kennzeichen der Modularen Planung:

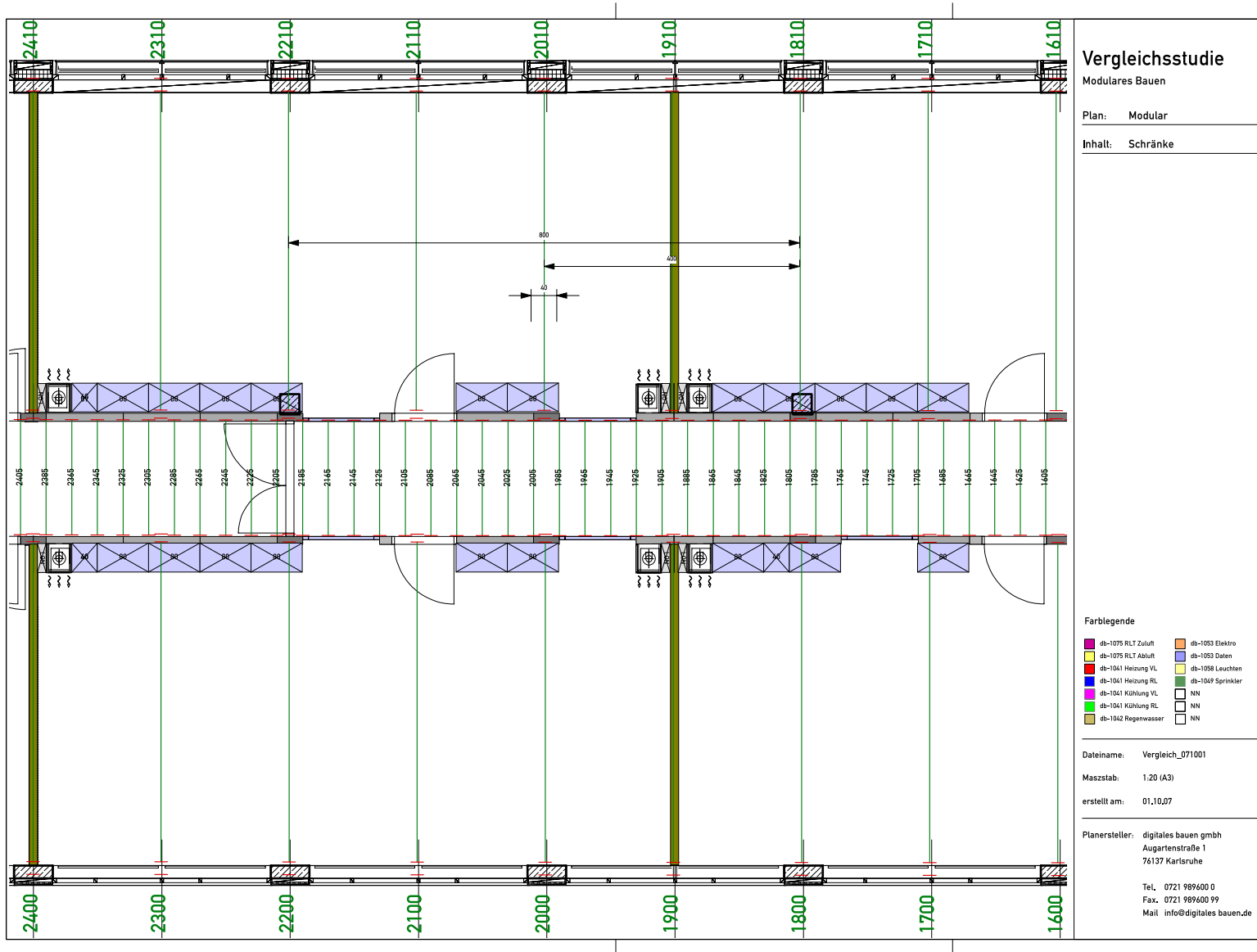
- die Schrankelemente werden auf der Grundlage des übergreifenden Maßsystems entwickelt (40cm, 80cm). Dies gewährleistet die einfache Integration in die Wand- und Deckensysteme sowie die technischen Systeme.
- die Integration der Technik in die Möbel ist standardisiert und kann damit auch vorgefertigt werden.

### Kriterien:

- Gesamtanzahl Standardkonstruktionen
- Gesamtanzahl der Sonderkonstruktionen
- Anzahl Konstruktionsvarianten









Die Hauptinstallationstrassen für Lüftung, Heizung, Kühlung, Sprinkler und Regenwasser werden in einem Deckenkoffer (180cm x 55cm) im Flur geführt. Die Verkleidung des Deckenkoffers erfolgt mit standardisierten Deckenplatten im Format 180cm x 40cm.

### **Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

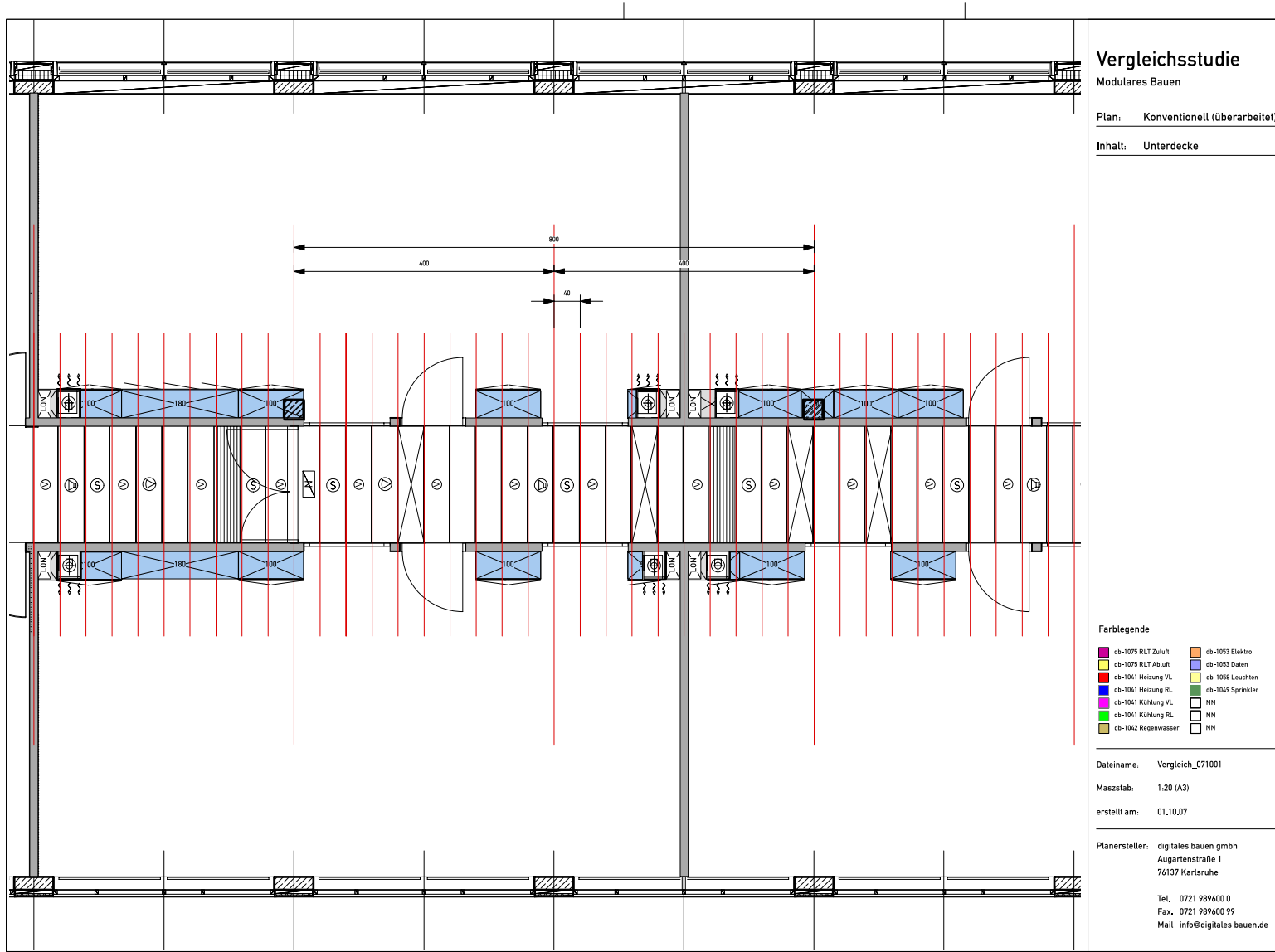
- wie beschrieben ist die Unterdecke im Flur nicht auf das Maßsystem der Flurwände und Schränke abgestimmt. Hierdurch ergeben sich viele verschiedene Einbausituationen insbesondere wegen der hohen Technikdichte in der Unterdecke und den Schrankelementen.

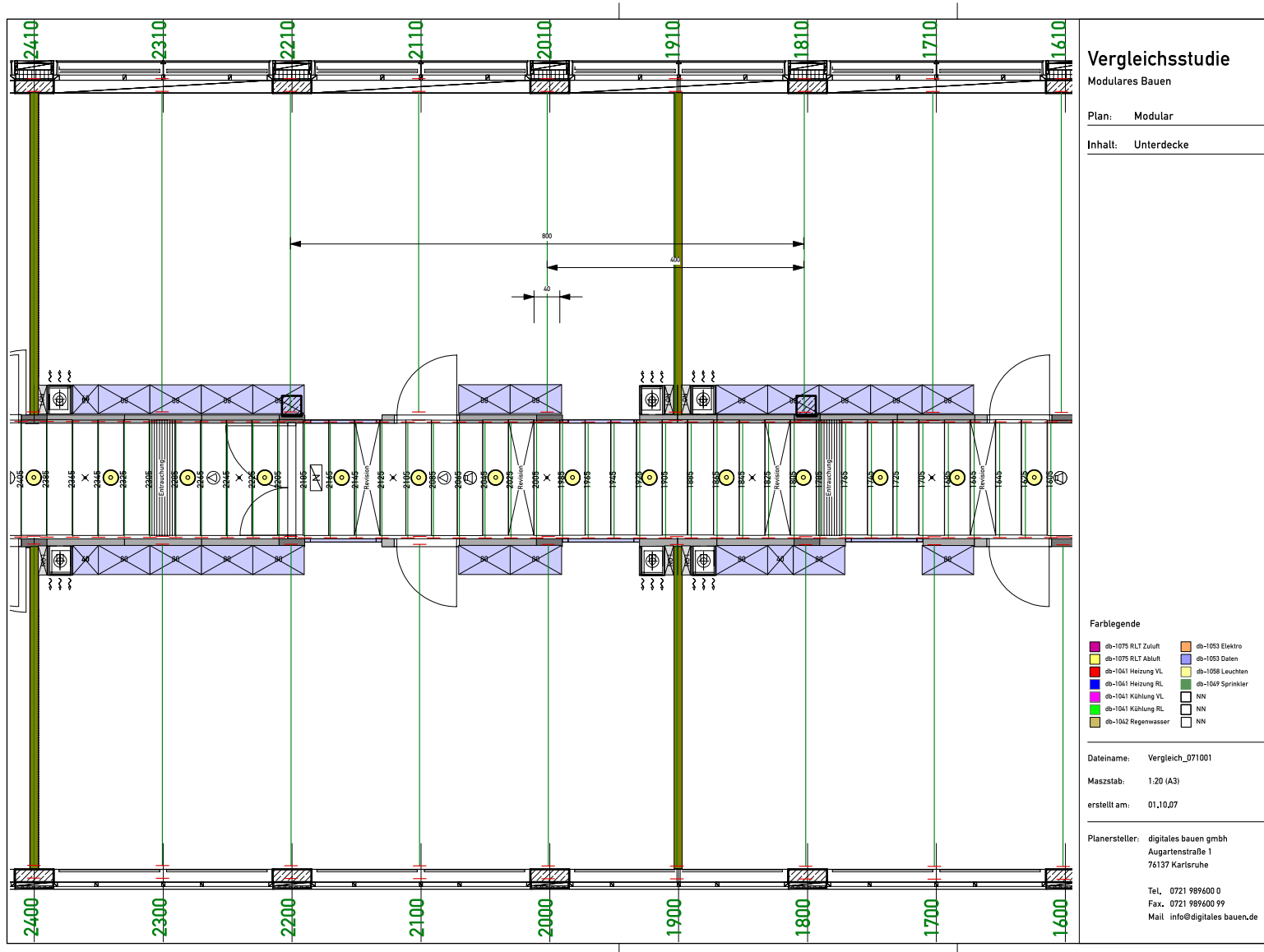
### **Kennzeichen der Modularen Planung:**

- die Unterdecke ist auf das Gesamtmaßsystem abgestimmt.
- es gibt einen „Baukasten“ der Deckenelemente (s. Anlage)
- durch die Umorganisation der Trassenführung im Deckenkoffer, wurden die Deckenelemente neu angeordnet.

### **Kriterien:**

Sowohl die konventionelle Planung als auch die modulare Planung arbeiten mit den gleichen Deckenelementen. Eine Auszählung der Deckenelemente kommt daher zu den gleichen Stückzahlen. Durch die Gegenüberstellung der Planungen wird jedoch deutlich, in welchem unterschiedlichen Maß die beiden Planungsansätze auf die Randgewerke Bezug nehmen und aufeinander abgestimmt sind.





Die Haupttrasse für Zuluft und Abluft befindet sich im Deckenkoffer Flur. Die Zuluft der Büroräume erfolgt in der Regel über Quellauslässe in den Schrankelementen. Die Abluft der Büroräume erfolgt in der Regel über eine Schattenfuge im Bereich der Oberschränke. Die Entrauchung des Flures erfolgt über Entrauchungskästen im Deckenkoffer. Diese sind sowohl an die Zuluft- als auch an die Ablufttrasse angeschlossen. Die Zuluft wird im Brandfall auf Entrauchung umgeschaltet.

## 3.5.1 Lüftung Hauptkanal

Der erste Vergleich betrachtet die Hauptkanalführung Zuluft und Abluft.

### Kennzeichen der Konventionellen Planung:

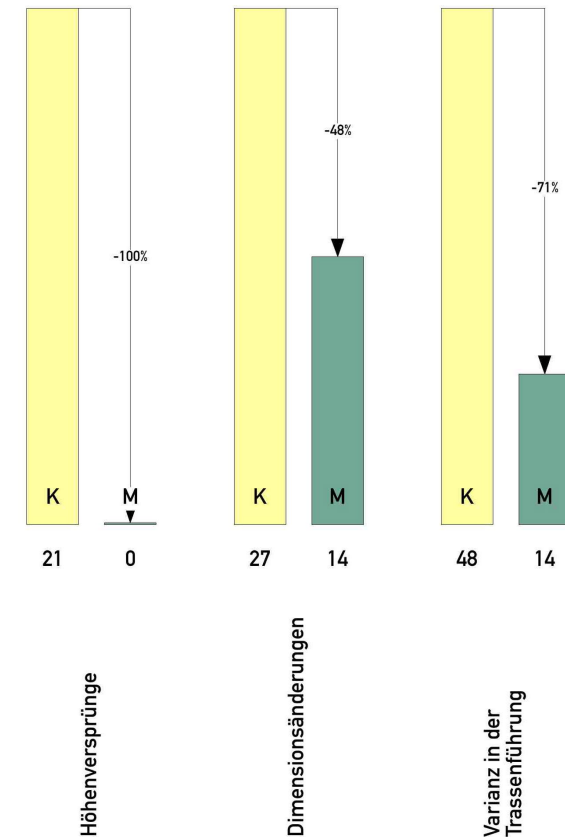
- es gibt eine Vielzahl von Höhenversprüngen und Dimensionsänderungen in der Lüftungstrasse, die notwendig sind, um anderen Medien „auszuweichen“.
- die Dimensionsänderungen befinden sich nicht im Raster. Damit sind die Längen der Kanäle nicht standardisierbar.

### Kennzeichen der Modularen Planung:

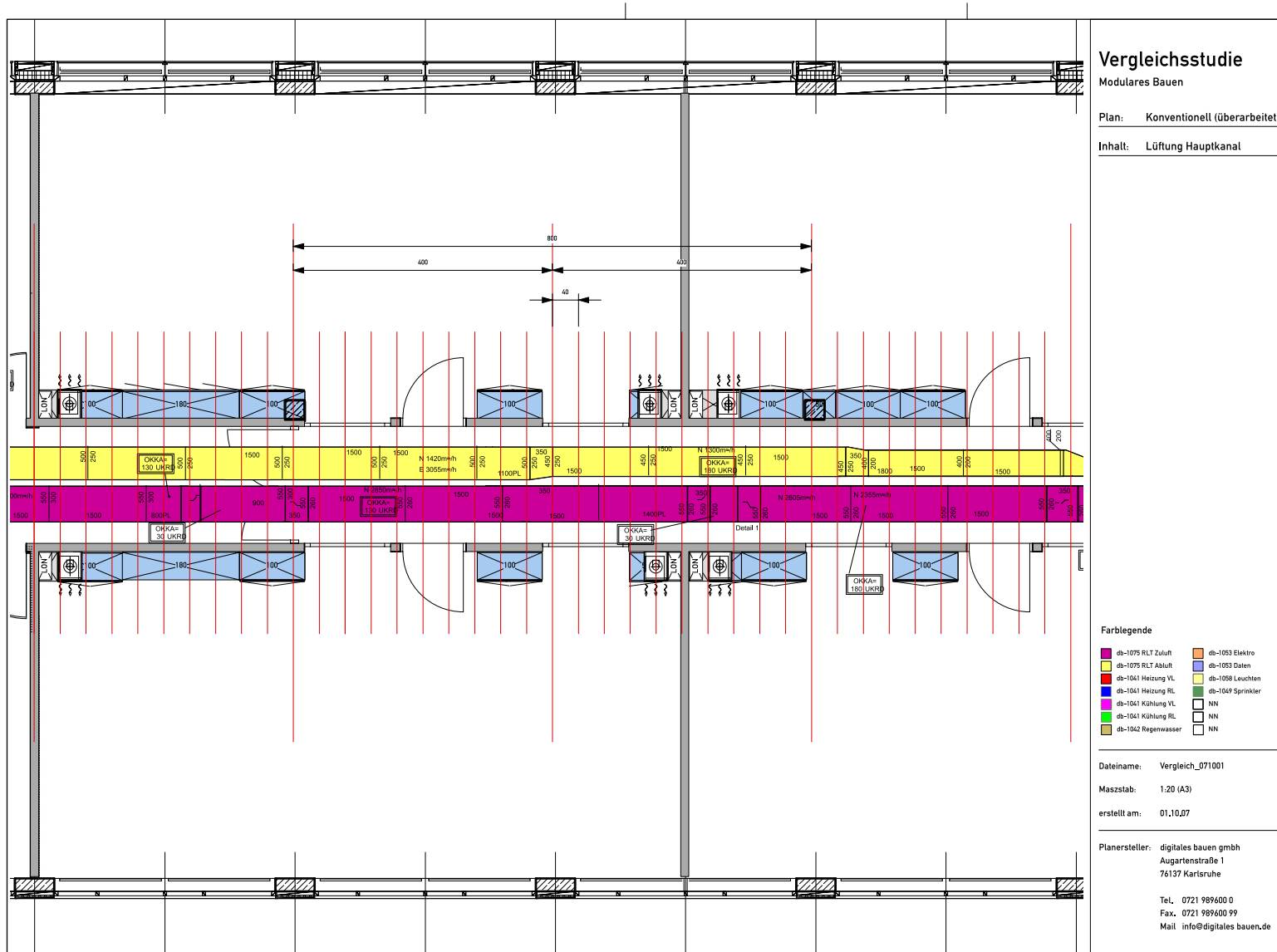
- es gibt keine Höhenversprünge in der Lüftungstrasse. Die Lüftungstrasse befindet sich immer an der Decke. (Maßsystem mit Ebenentrennung zwischen Haupttrasse und Abgängen)
- die Dimensionsänderungen befinden sich immer im Raster. Damit sind sowohl die Reduzierstücke als auch die dazwischen liegenden Kanäle als Baukasten standardisiert (s. Anlage). Alle Dimensionsänderungen sind nur funktional begründet.

### Kriterien:

„Varianz der Trassenführung“ zählt die Anzahl unterschiedlicher Bauelemente innerhalb der Trassenführung.

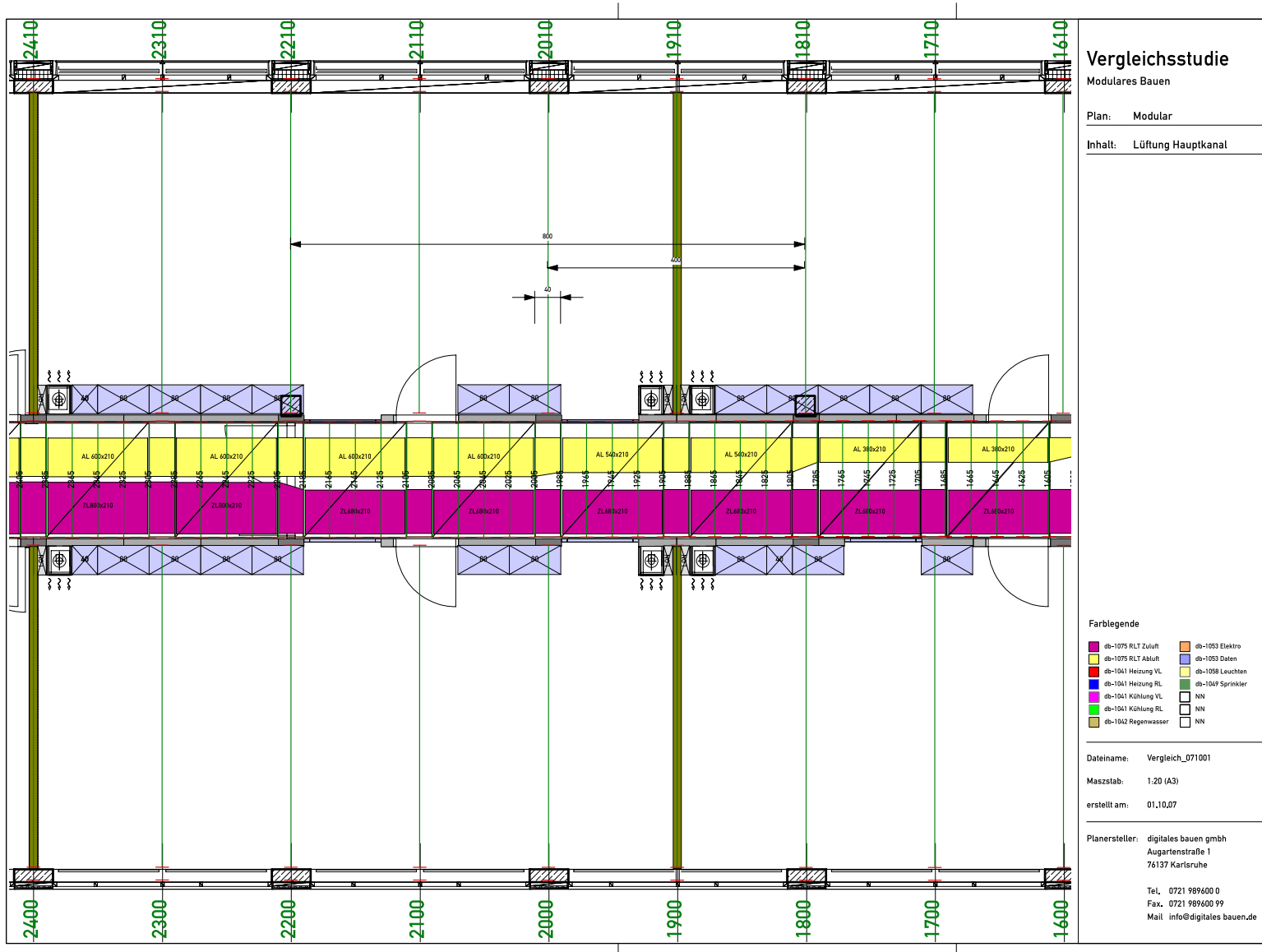


# 3.5.1 Lüftung Hauptkanal





# 3.5.1 Lüftung Hauptkanal



Im weiteren Vergleich werden die verschiedenen Anschlusssituationen für Zuluft, Abluft und Entrauchung miteinander verglichen:

- die Zuluftanschlüsse bestehen aus einem Drallauslass im Schrankelement, einem in der Regel vertikal im Schrank angeordneten Schalldämpfer, einem Volumenstromregler, einer Rohrführung bis zum Hauptkanal.
- die Abluftanschlüsse bestehen aus einem offenen Rohrende im Oberschrank (Abluft über Schattenfuge Decke), einem Schalldämpfer, einem Volumenstromregler, einer Rohrführung bis zum Hauptkanal.
- die Entrauchung erfolgt zum einen über das Abluftsystem, zum anderen über das Zuluftsystem. Die Entrauchung erfolgt über einen standardisierten Entrauchungskasten, einem Stellantrieb, einer Brandschutzklappe, einer Rohrführung bis zum Hauptkanal.

### **Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

- durch die fehlende Abstimmung von Unterdecke und Flurwand bzw. Schrankelementen gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Anschlusssituationen
- die Durchdringungen der Kanäle durch die Wände (hier u.a. bezüglich des Brandschutzes) ist nicht standardisierbar.
- die Abgänge befinden sich nicht im Raster, hierdurch wird die Hauptkanalführung zusätzlich kompliziert

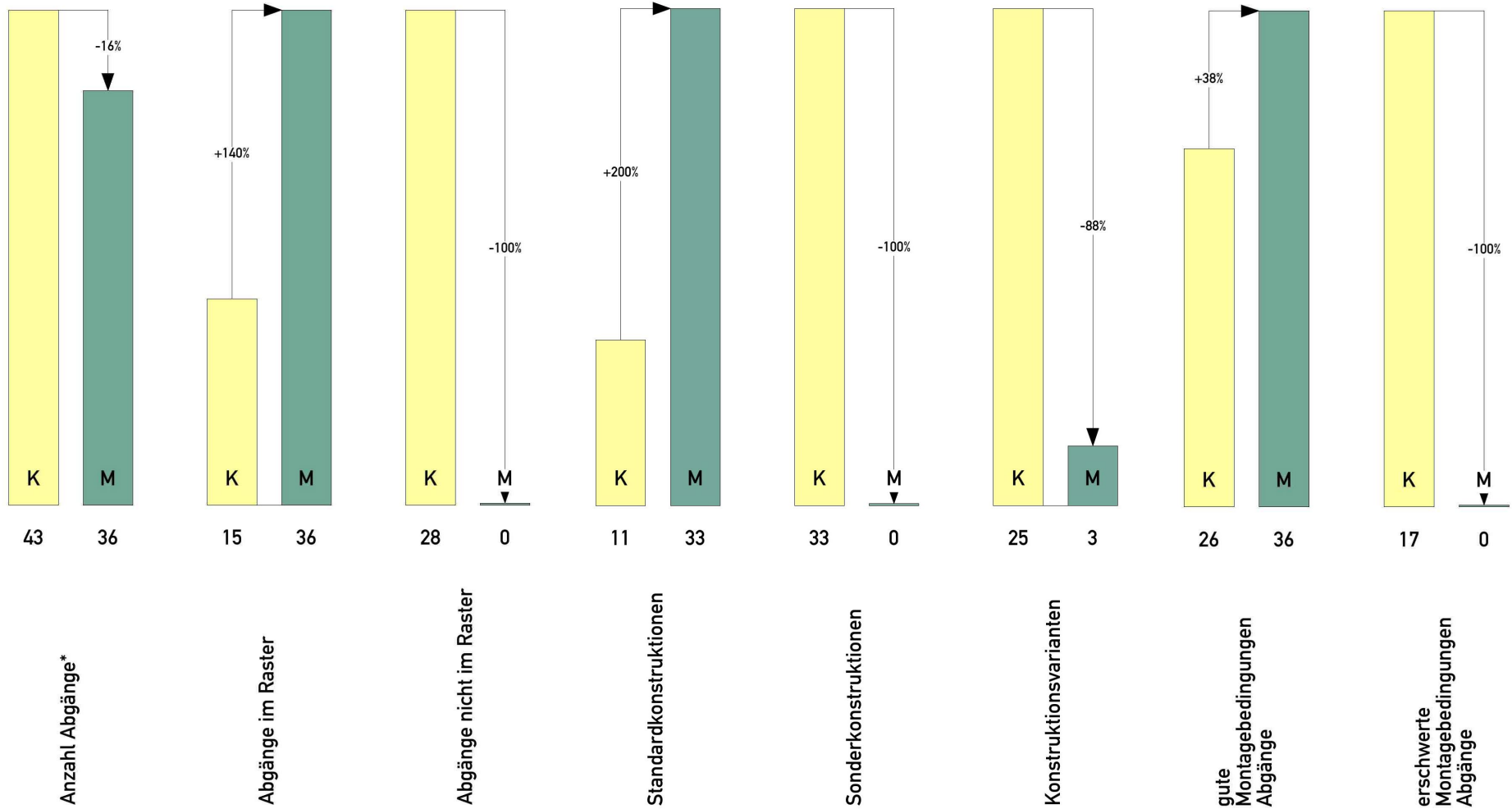
### **Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

- durch die fehlende Abstimmung von Unterdecke und Flurwand bzw. Schrankelementen gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Anschlusssituationen
- die Durchdringungen der Kanäle durch die Wände (hier u.a. bezüglich des Brandschutzes) ist nicht standardisierbar.
- die Abgänge befinden sich nicht im Raster, hierdurch wird die Hauptkanalführung zusätzlich kompliziert

### **Beschreibung der Kriterien:**

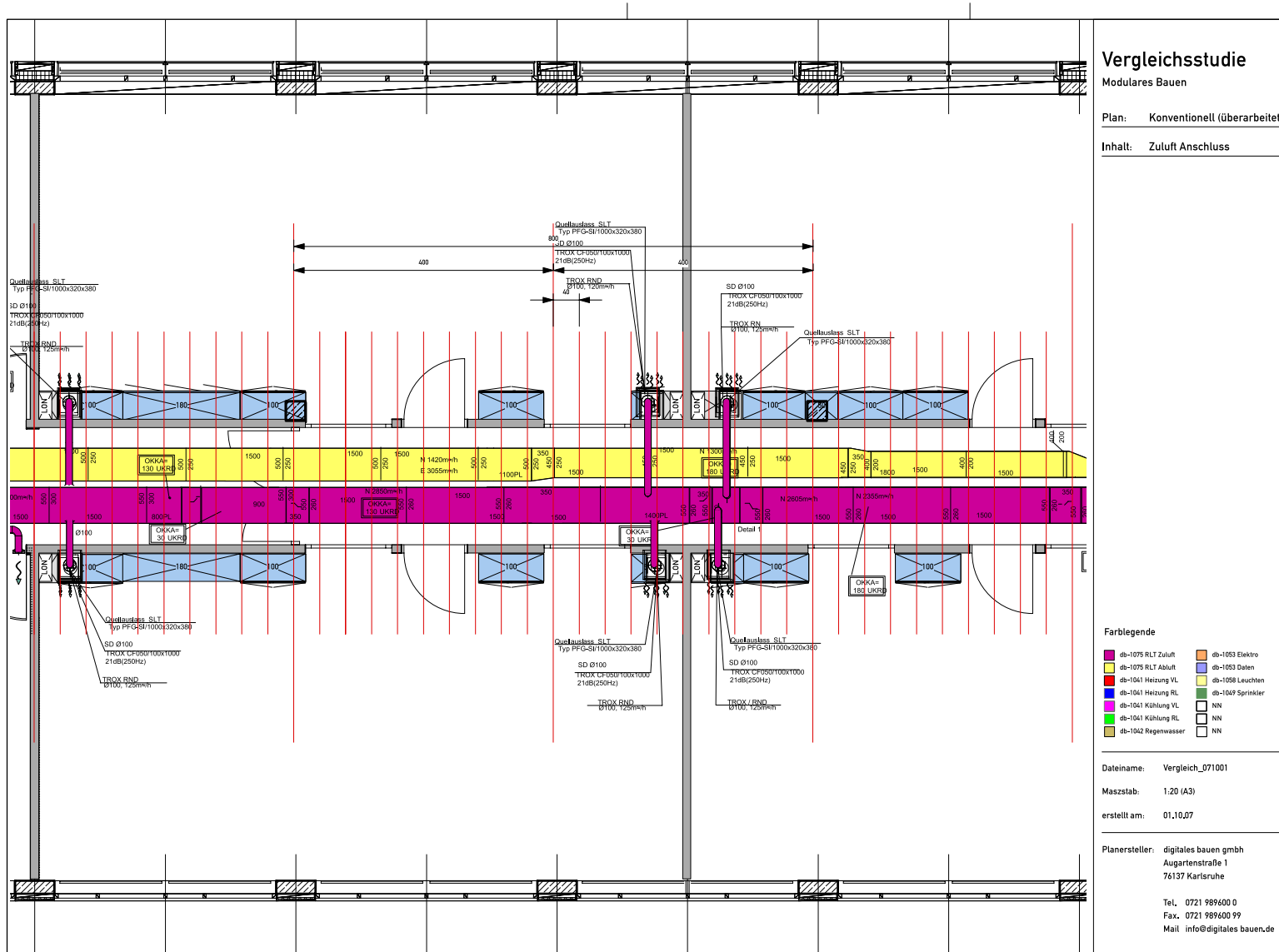
- die Zuluftanschlüsse bestehen aus einem Drallauslass im Schrankelement, einem in der Regel vertikal im Schrank angeordneten Schalldämpfer, einem Volumenstromregler, einer Rohrführung bis zum Hauptkanal.
- die Abluftanschlüsse bestehen aus einem offenen Rohrende im Oberschrank (Abluft über Schattenfuge Decke), einem Schalldämpfer, einem Volumenstromregler, einer Rohrführung bis zum Hauptkanal.
- die Entrauchung erfolgt zum einen über das Abluftsystem, zum anderen über das Zuluftsystem. Die Entrauchung erfolgt über einen standardisierten Entrauchungskasten, einem Stellantrieb, einer Brandschutzklappe, einer Rohrführung bis zum Hauptkanal.

# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung

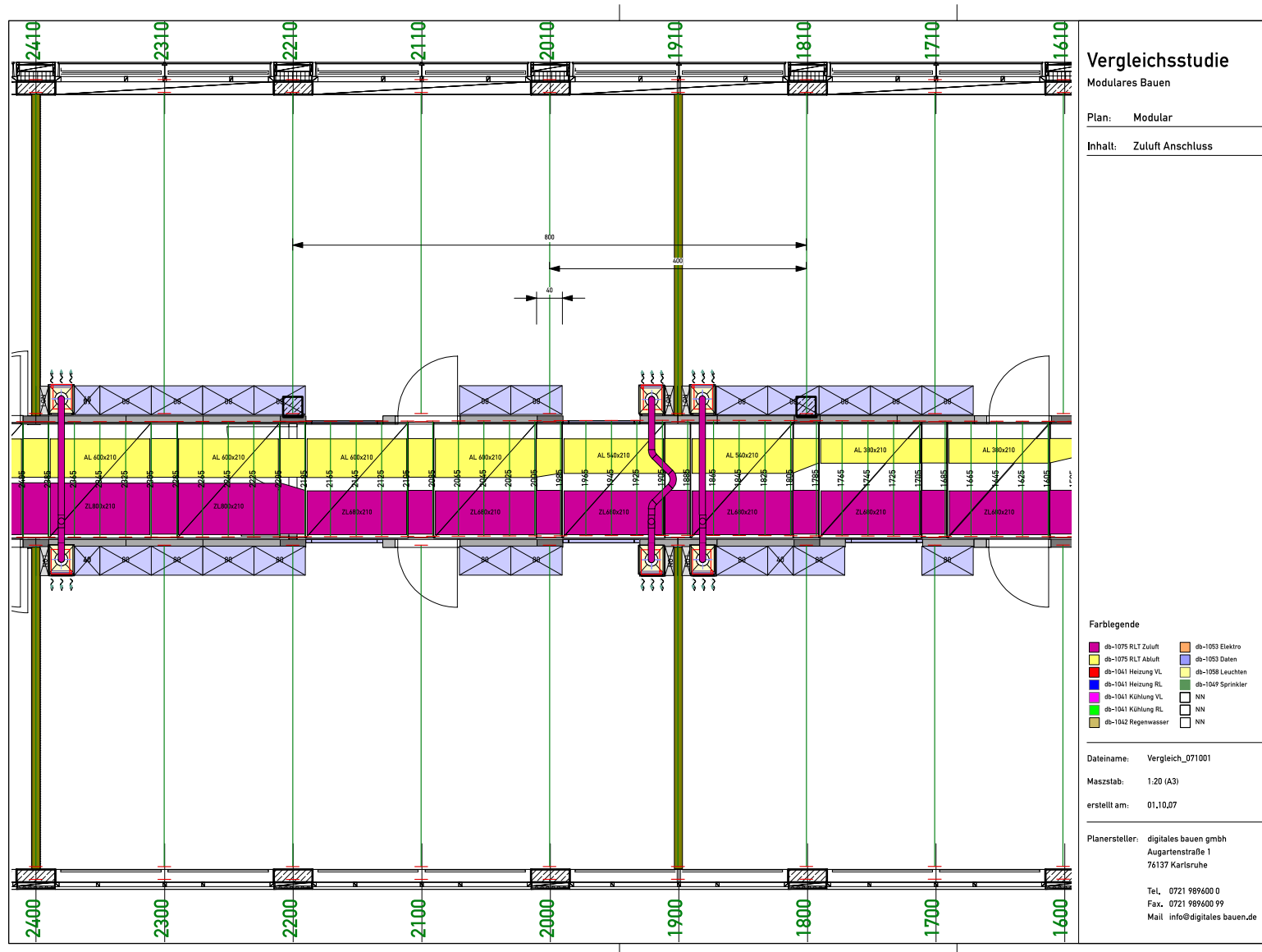


\* im modularen Konzept sind Doppelabgänge möglich

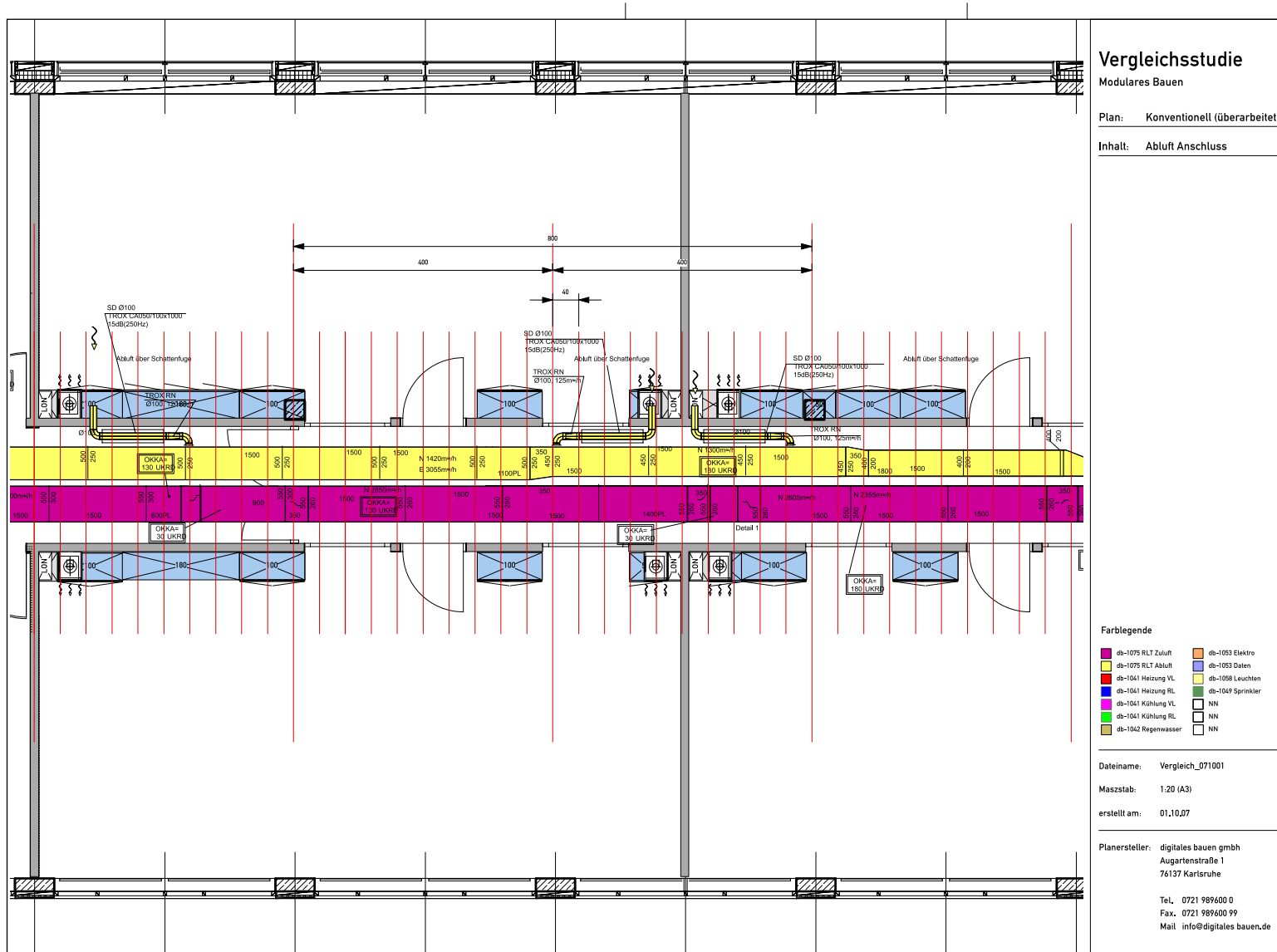
# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung



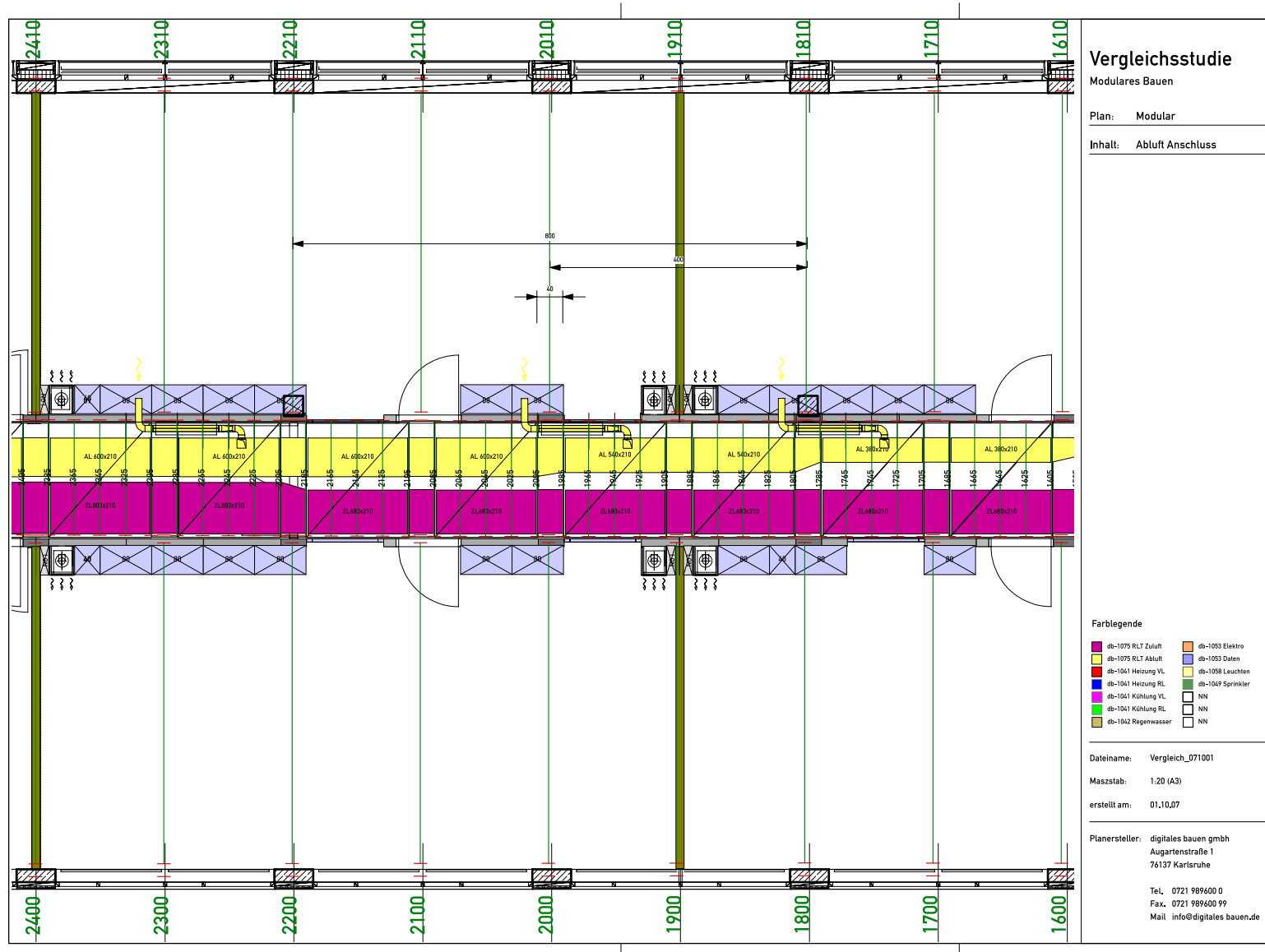
# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung



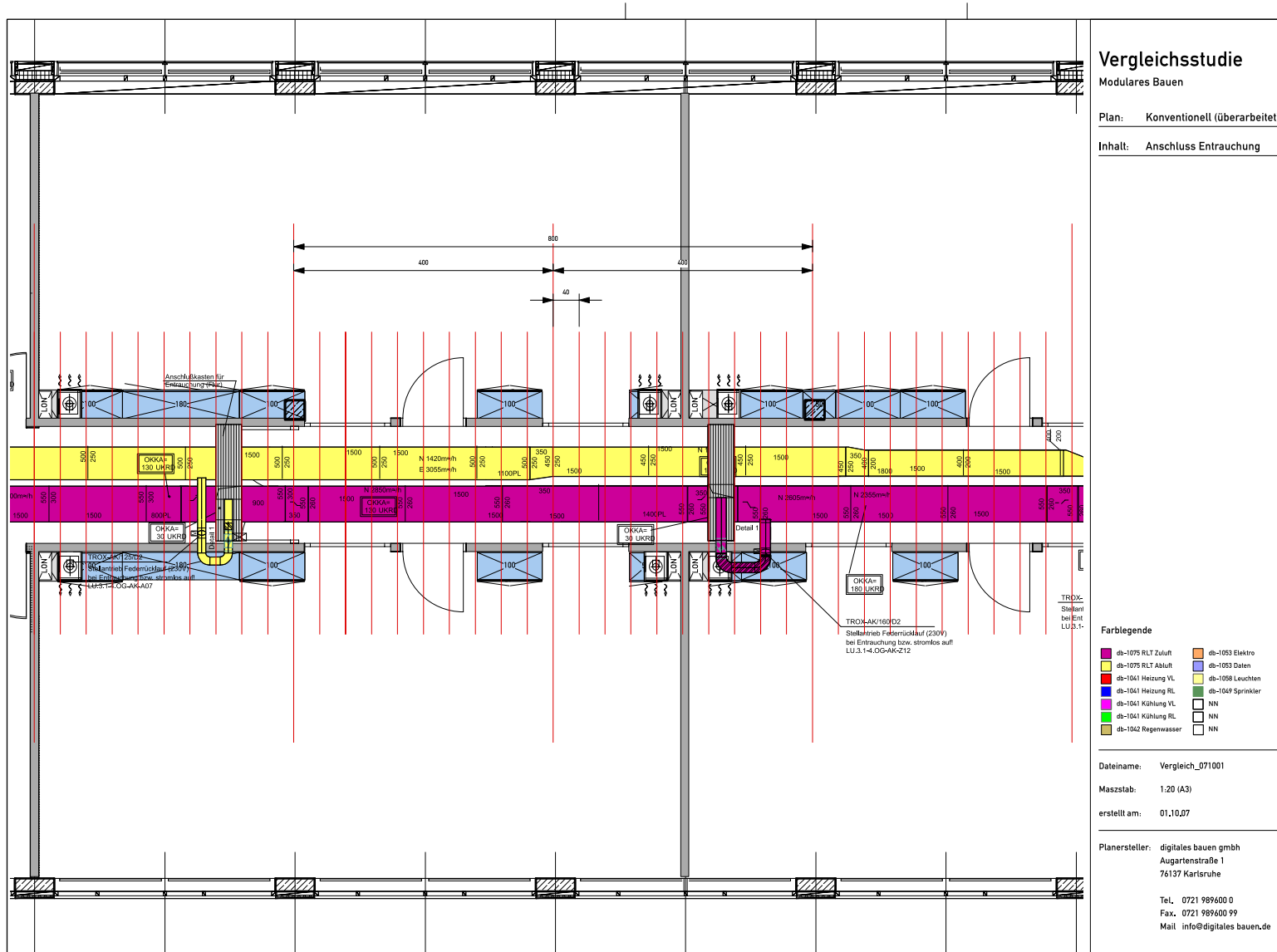
# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung



# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung

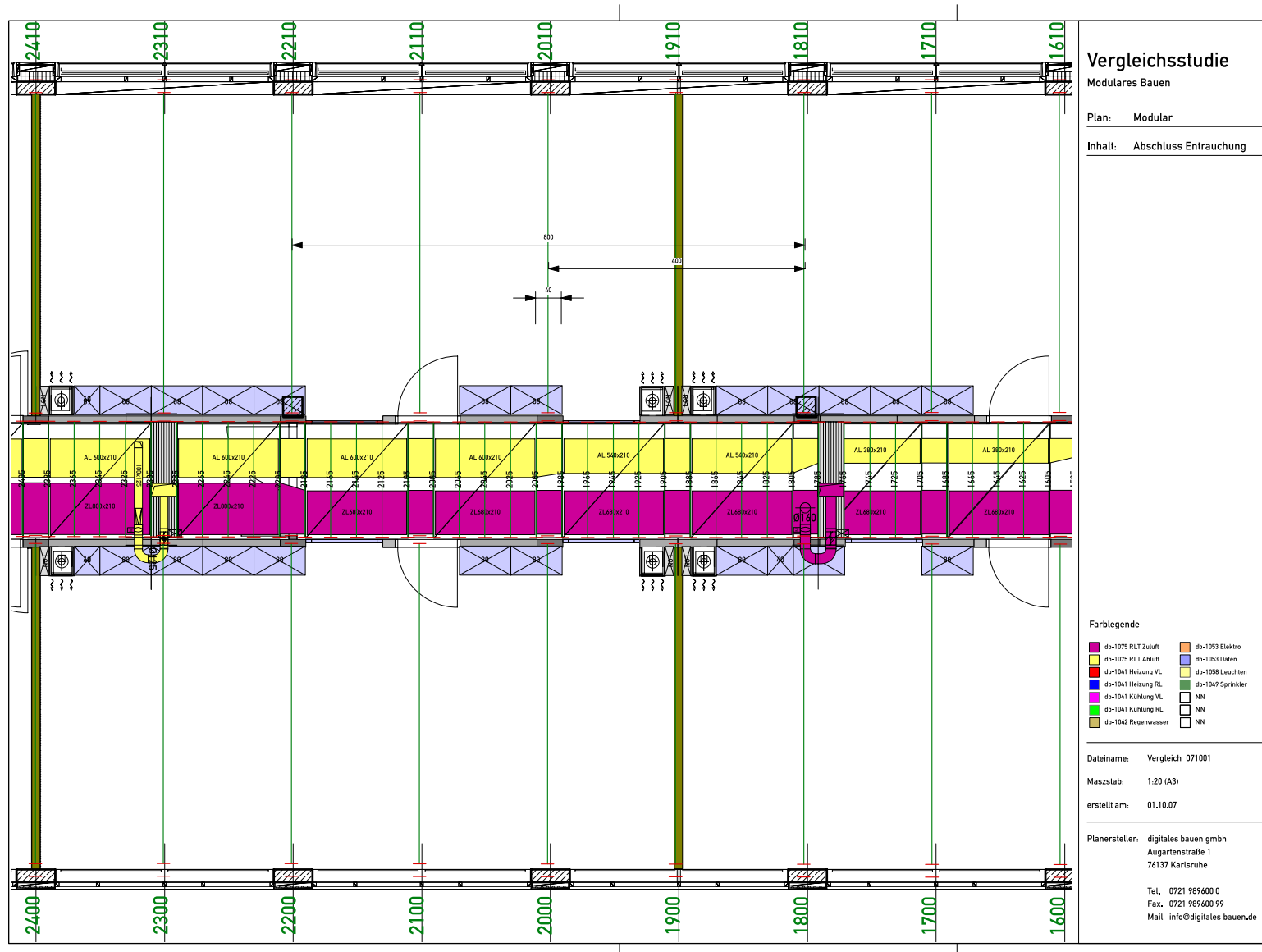


# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung

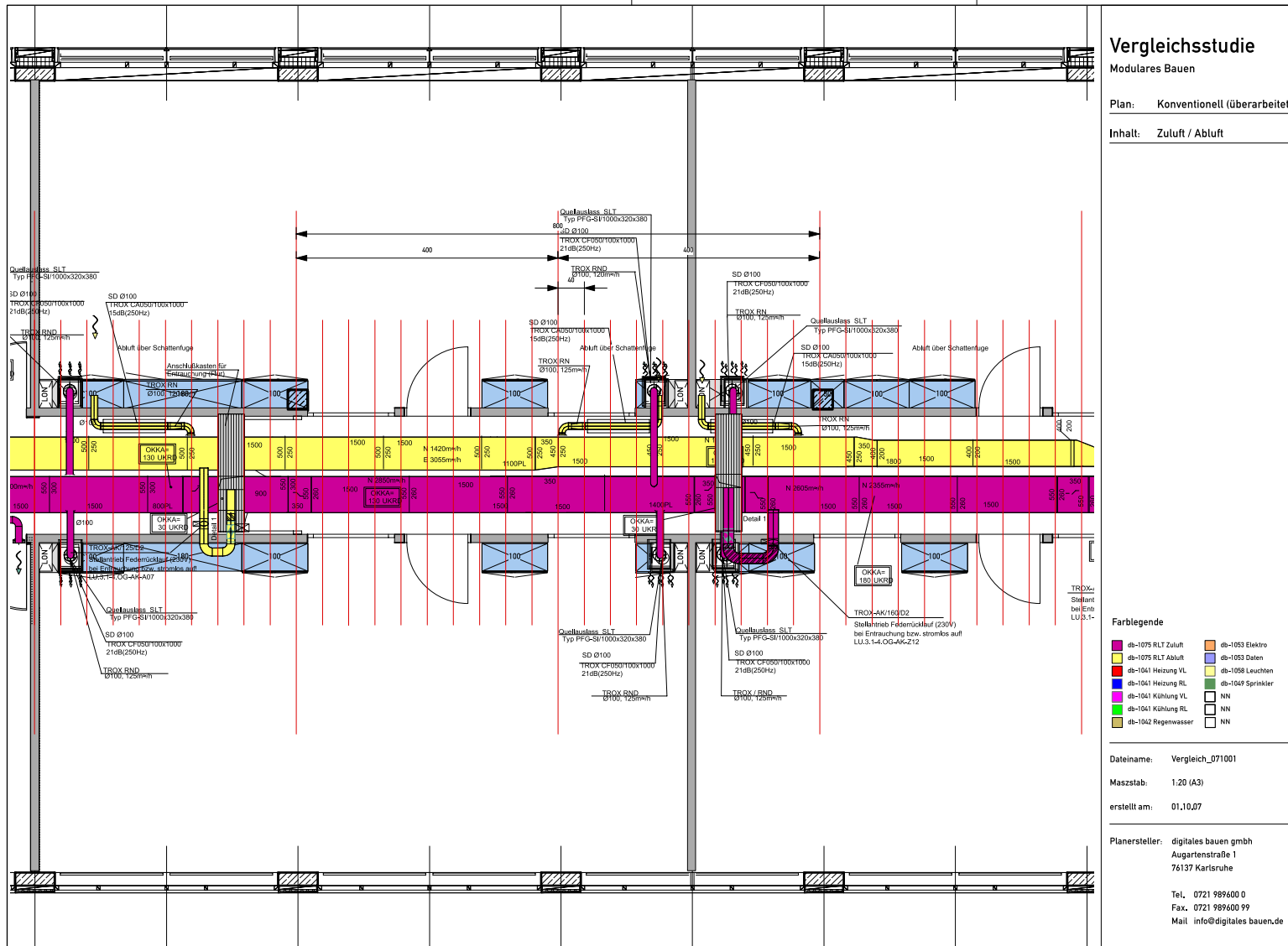




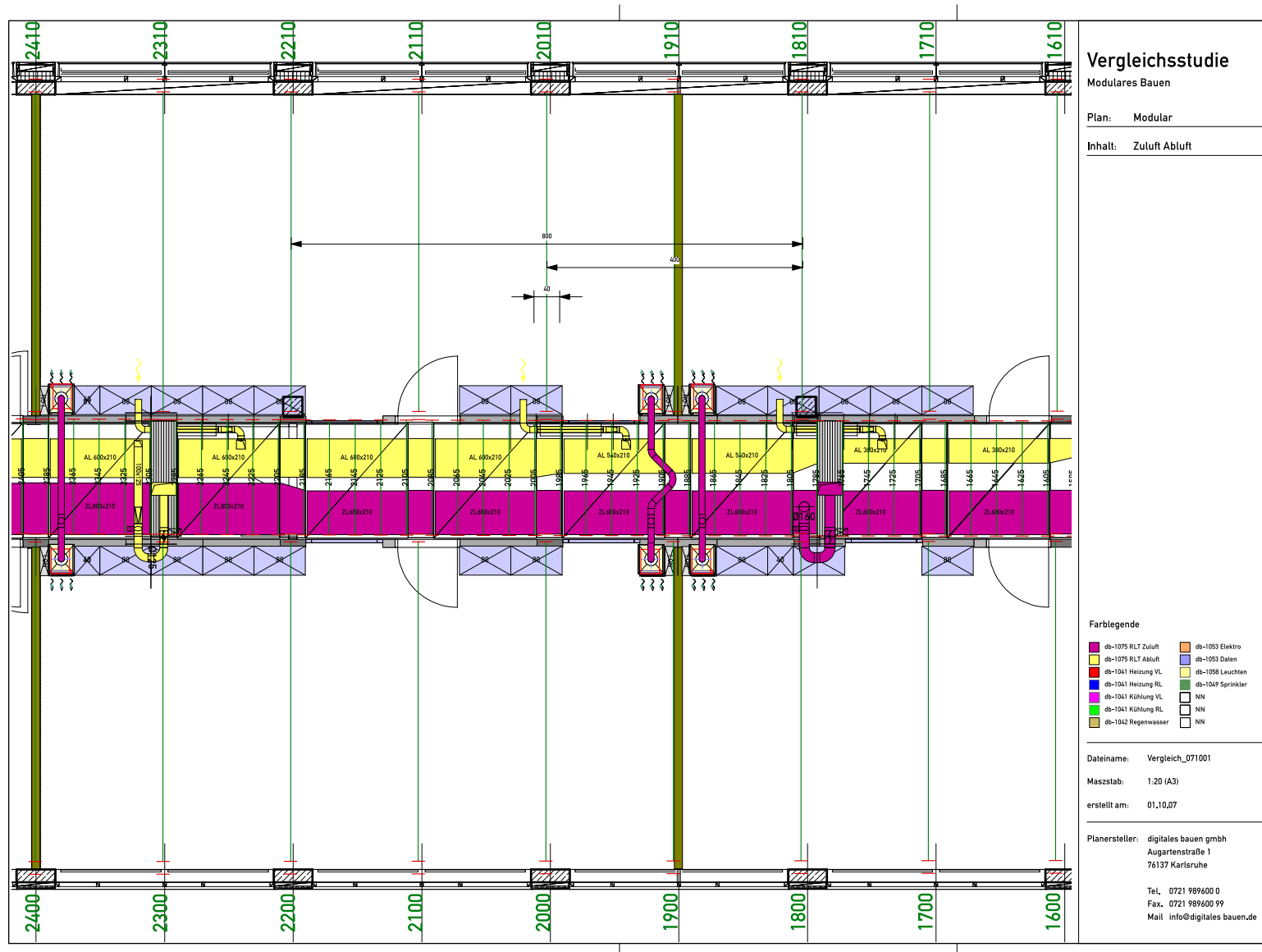
# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung



# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung



# 3.5.2 Anschluss Zuluft, Abluft, Entrauchung



Büroflächen und Flure werden gesprinklert.

**Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

Die konventionelle Ausführungsplanung bleibt in der Detaillierung einer Linienplanung.

Im Rahmen der Montageplanung wurde mit Sicherheit eine elementierte Planung angefertigt. Diese wurde jedoch nicht in die Gesamtplanung integriert.

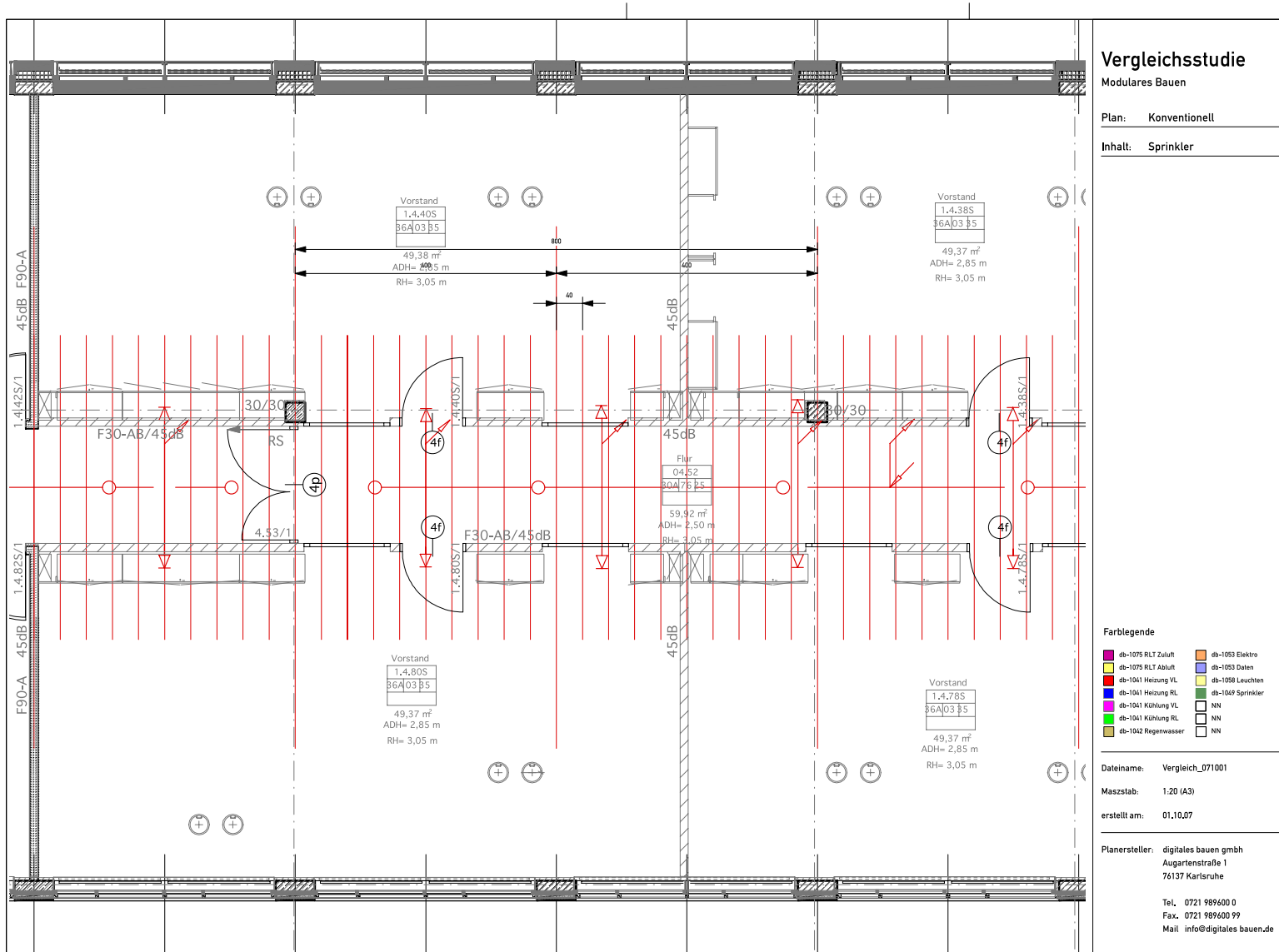
Die konstruktive Abstimmung und Integration der Leitungsführung fehlt, bzw. ist nicht nachvollziehbar. Die späte Ausdetaillierung erst in der Montageplanung kann zu keinem optimalen Ergebnis führen und birgt sehr viele Konflikte in der gesamten Prozesskette.

**Kennzeichen der Modularen Planung:**

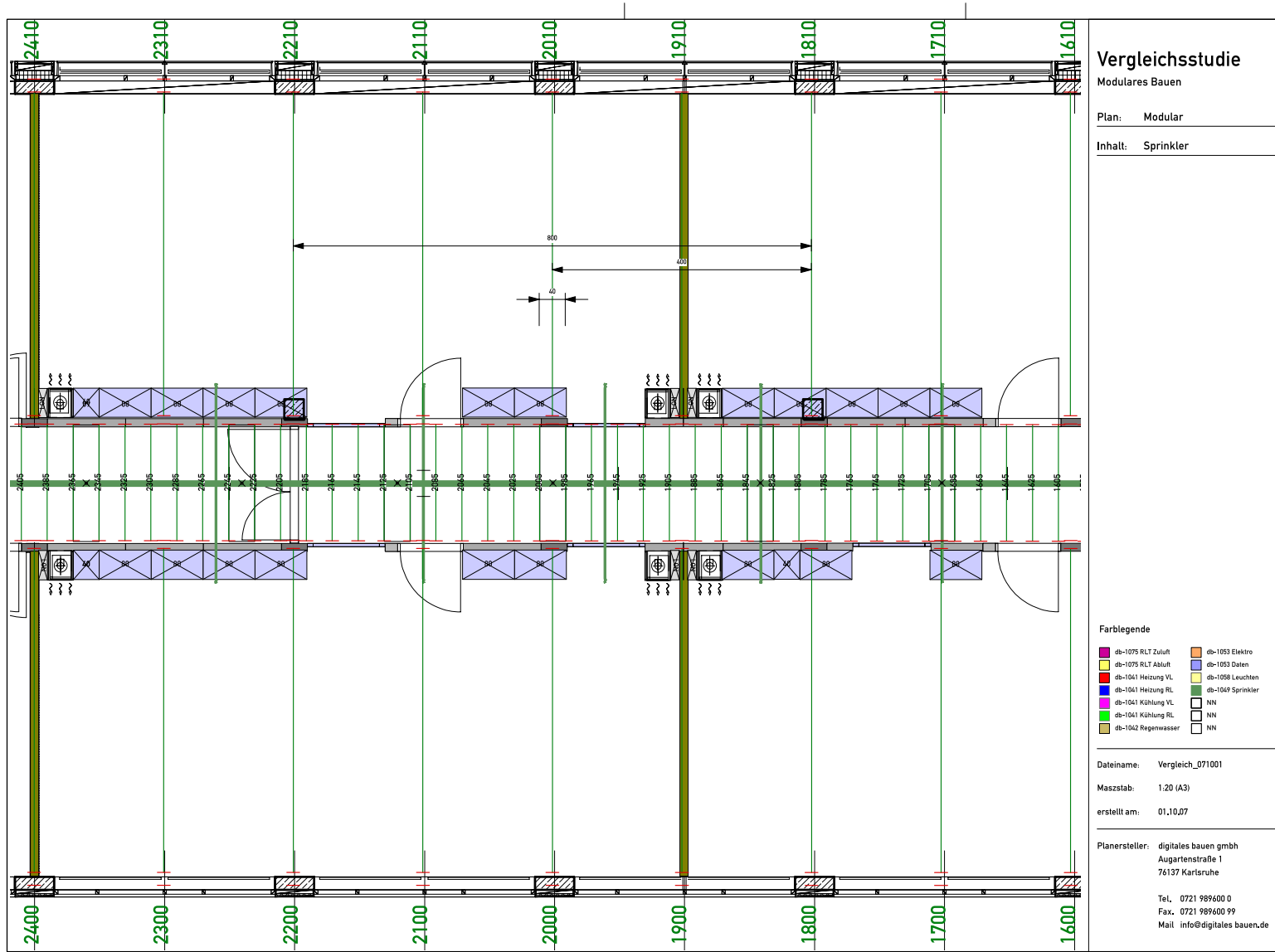
Die Planungsvorgaben Sprinkler wurden systematisch in die anderen Planungen integriert und als „Baukasten“ ausdetailliert.

**Kriterien:**

Ein zählbarer Vergleich der beiden Planungen konnte nicht vorgenommen werden.



# Sprinkler



Einige Büroräume werden mit Kühldecken (Kühlen/Heizen) klimatisiert. Im Deckenkoffer befindet sich hierfür eine Heizungs- und Kälte-trasse (3-Leiter) sowie Regelgruppen, an die die Kühldecken angeschlossen werden.

### Kennzeichen der Konventionellen Planung:

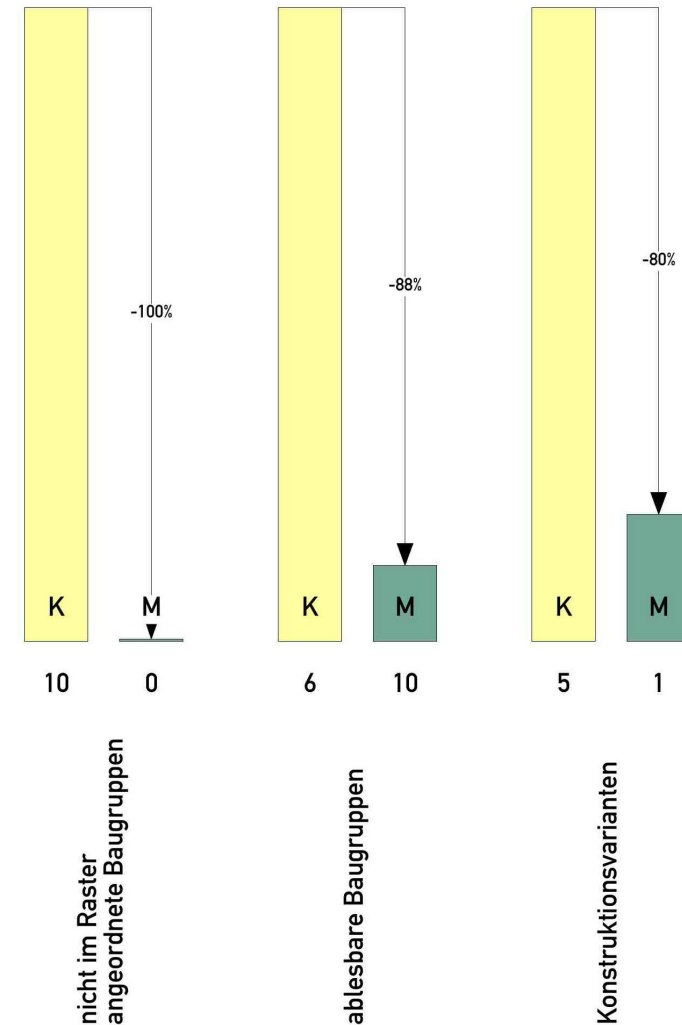
Die Ausführungsplanung befindet sich wie üblich in der Detaillierung „Linienplanung“. Es gibt nur funktionale, keine konstruktiven Aussagen. Die konstruktive Durchbildung wird der ausführenden Firma überlassen, die diese auf der Baustelle umsetzt. Dies führt zu einer Vielzahl von unterschiedlichen Konstruktionsvarianten.

### Kennzeichen der Modularen Planung:

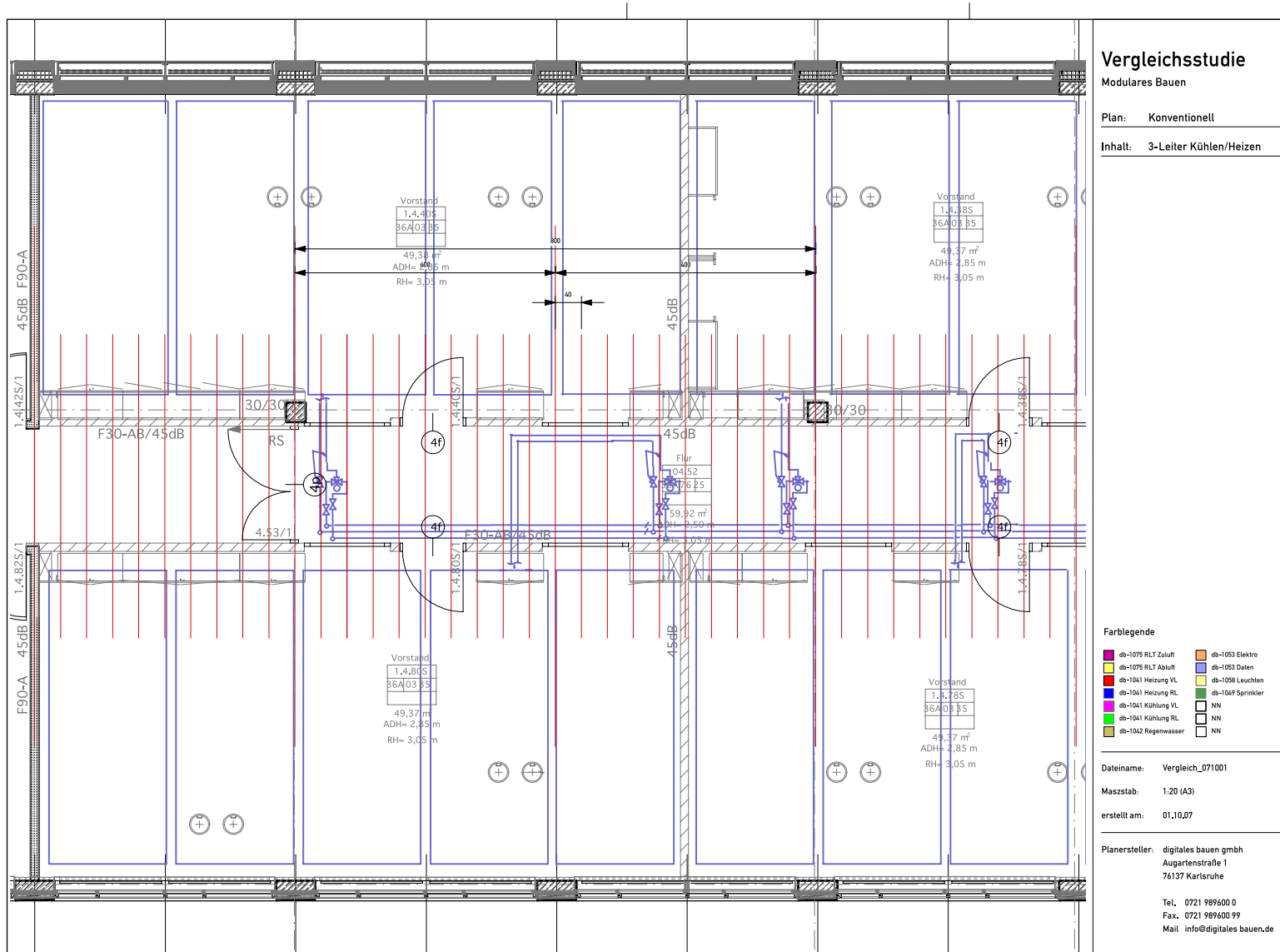
Die konstruktiven Vorgaben wurden systematisch durchgearbeitet und in die Gesamtkonstruktion integriert. Die Detaillierung erfolgt ebenfalls als „Baukasten“.

### Kriterien:

- „Nicht im Raster angeordnete Baugruppe“ als Kriterium für die Abstimmung auf die anderen Gewerke
- „Ablesbare Baugruppen“ und „Konstruktionsvarianten“ als Maß für die Standardisierung

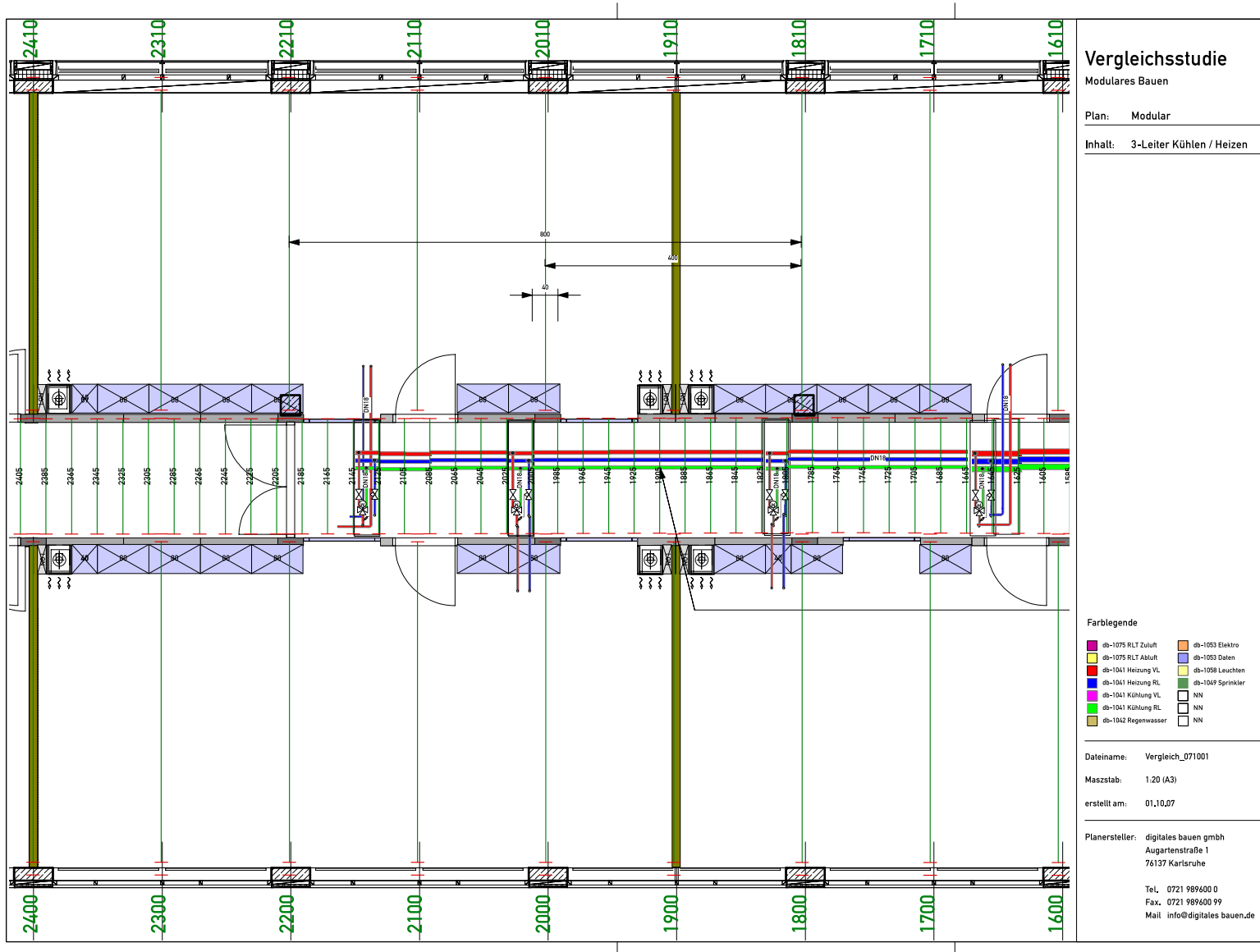


# 3-Leiter Kühlen/Heizen





# 3-Leiter Kühlen/Heizen





Der Integrationsplan ist das Arbeitsinstrument für die Systemintegration. Kollisionen werden mit diesem Instrument erkannt. Erkannte Konflikte werden an die betroffenen Stellen zur Lösung weitergegeben. Die Resultate werden wiederum im Integrationsplan zusammengeführt und überprüft.

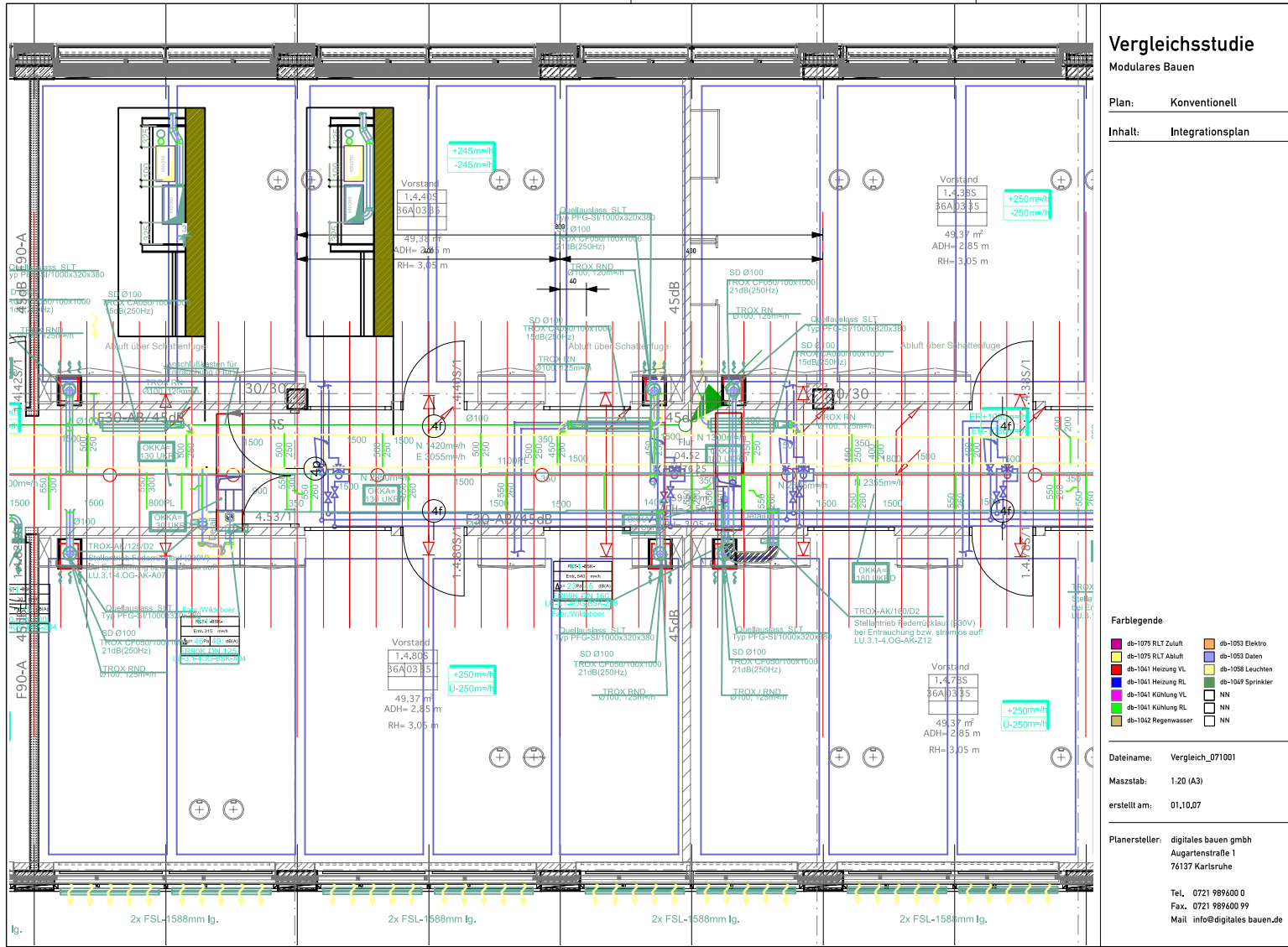
### **Kennzeichen der Konventionellen Planung:**

Die Kollisionserkennung ist in dieser Integrationsplanung nur schwer möglich. Eine Vielzahl von Trassen (Sprinkler, Heizung, Kälte, Sanitär) ist nicht in ihren wahren Abmessungen (gedämmten Querschnitten) dargestellt. Eine Ausführungssicherheit ist damit nicht gegeben. Viele Konstruktionen werden offensichtlich erst auf der Baustelle geklärt. In der Überlagerung der verschiedenen Teilsysteme ist kein Gesamtsystem erkennbar. Die Konfliktlösung erfolgt zwangsläufig lokal und führt immer zu einer neuen Konstruktionsvariante.

### **Kennzeichen der Modularen Planung:**

Die Kollisionserkennung ist im Verhältnis zur konventionellen Darstellung einfacher. Alle Systeme folgen einem gemeinsamen Regelwerk (Maßsystem) und sind ablesbar. Eine Konfliktlösung wird im System gelöst und führt nicht zwangsläufig zu einer neuen Konstruktionsvariante. Die Detaillierung aller Systeme als „Baukasten“ systematisiert die handwerkliche Montage und Bauleitung und ist Ausgangspunkt für eine mögliche Vorfertigung. Die Systematisierung ist Ausgangspunkt für die Planung und Optimierung der Bau- und Etagenlogistik sowie das Terminmanagement.

# Integrationsplan/Kollisionsplan



Plan: Konventionell

Inhalt: Integrationsplan

**Farblgende**

<span style="color: purple;">■</span> db-1075 RLZ Zufult	<span style="color: orange;">■</span> db-1053 Elektro
<span style="color: yellow;">■</span> db-1075 RLZ Abluft	<span style="color: blue;">■</span> db-1053 Daten
<span style="color: red;">■</span> db-1041 Heizung VL	<span style="color: green;">■</span> db-1058 Leuchten
<span style="color: blue;">■</span> db-1041 Heizung RL	<span style="color: purple;">■</span> db-1049 Sprinkler
<span style="color: cyan;">■</span> db-1041 Kühlung VL	<span style="color: grey;">■</span> NN
<span style="color: magenta;">■</span> db-1041 Kühlung RL	<span style="color: grey;">■</span> NN
<span style="color: brown;">■</span> db-1042 Regenwasser	<span style="color: grey;">■</span> NN

Dateiname: Vergleich\_071001

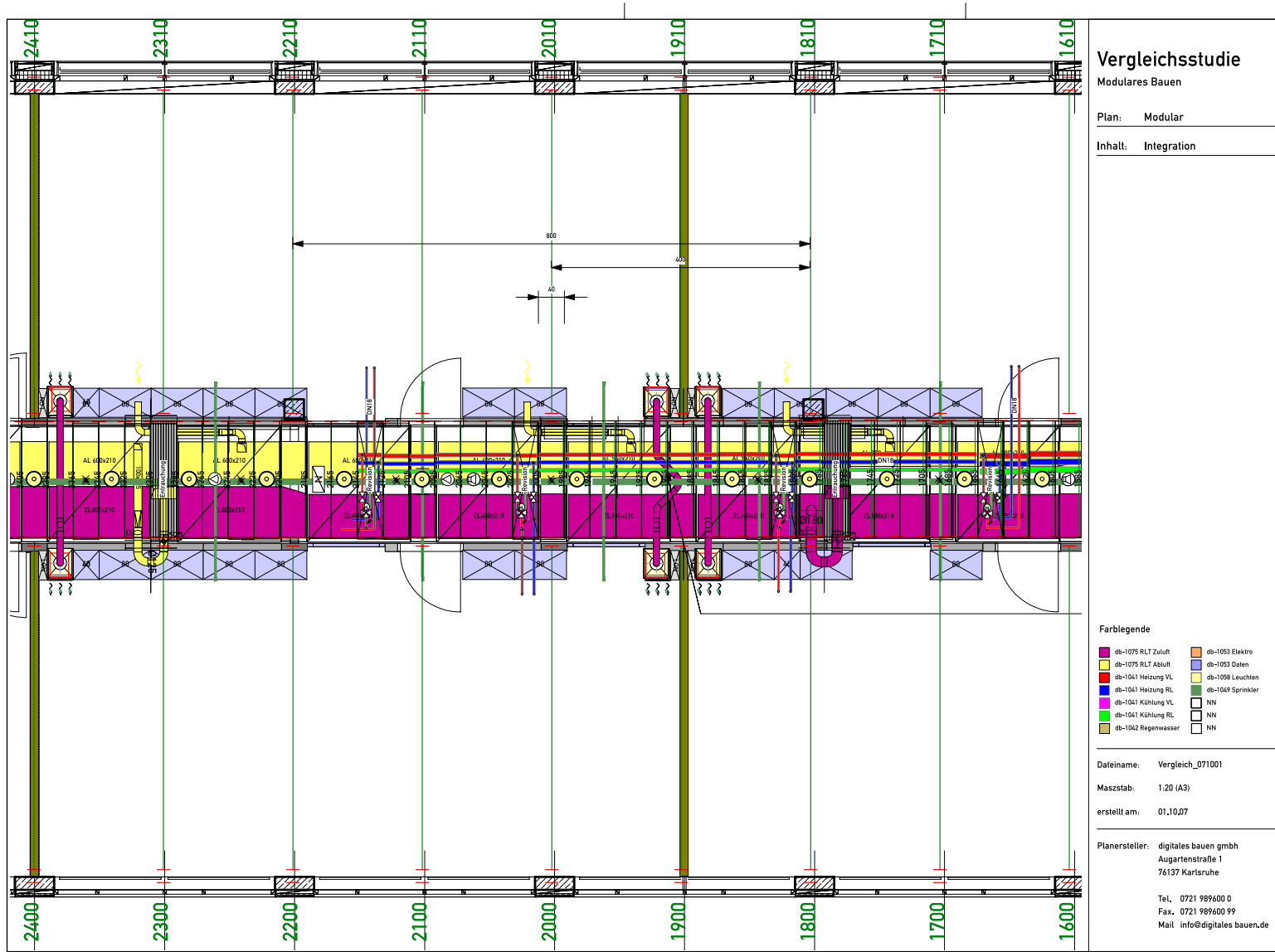
Masstab: 1:20 (A3)

erstellt am: 01.10.07

Planersteller: digitales bauen gmbh  
Augartenstraße 1  
76137 Karlsruhe

Tel. 0721 989600 0  
Fax. 0721 989600 99  
Mail info@digitales bauen.de

# Integrationsplan/Kollisionsplan

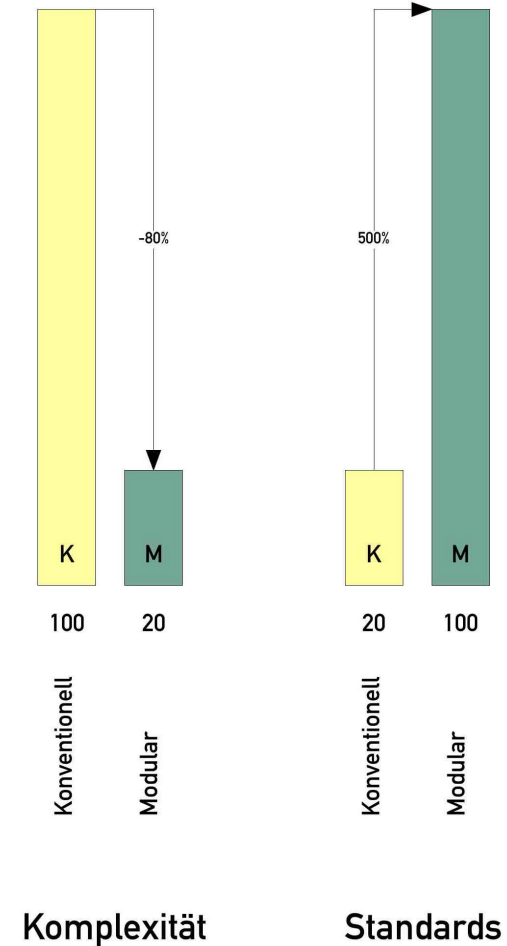


# Ergebnis

Die Reihenfolge der dargestellten Aspekte der Vergleichstudie zeigt die Arbeitsweise der modularen Planung:

Nach der Entwicklung eines gewerkeübergreifenden Maß- und Ortskennzeichnungssystems erfolgt die systematische und aufeinander abgestimmte Durcharbeitung der verschiedenen Teilsysteme zu einer integrierten Gesamtkonstruktion. Das Ergebnis sind gewerkespezifische „Baukästen“. Die Baukästen sind Ausdruck einer hohen Systematisierung und Regelmäßigkeit des Entwurfes, der im Folgenden kostenmäßig bewertet wird.

Der Grad der Systematisierung wurde im direkten Vergleich der beiden Planungen gemessen. In der modularen Vergleichsplanung konnte die Komplexität der Konstruktionen im Durchschnitt um den **Faktor 5 reduziert** werden. Anders ausgedrückt stieg die Anzahl gleicher Konstruktionen in der modularen Planung gegenüber der konventionellen Planung um eben den Faktor 5.



Wie beschrieben ist eine exakte Quantifizierung der Kostenvorteile, die sich durch eine modulare Planung gegenüber einer konventionellen Planung einstellen werden, nur über eine zeitgleiche vergleichende Ausschreibung, Ausführung und Kostenfeststellung möglich. Diese ist praktisch nicht möglich. Daher müssen für die Darstellung der Kostenvorteile andere Bewertungsverfahren herangezogen werden.

## 4.1.1 Zusammenhang zwischen Komplexität und Erfahrungskurven

Nach den in Kapitel 2.3.2 dargestellten anerkannten betriebswirtschaftlichen Modellen sinken die Lohnstückkosten um 20-30% bei einer Verdoppelung der kumulierten Ausbringungsmenge.

Wird die Produktionsmenge einer gleichen Konstruktion also, wie in der Vergleichsplanung nachgewiesen, um den Faktor 5 gesteigert, so sinken nach dieser Formel die Lohnstückkosten pro Konstruktion um ca. 40%.

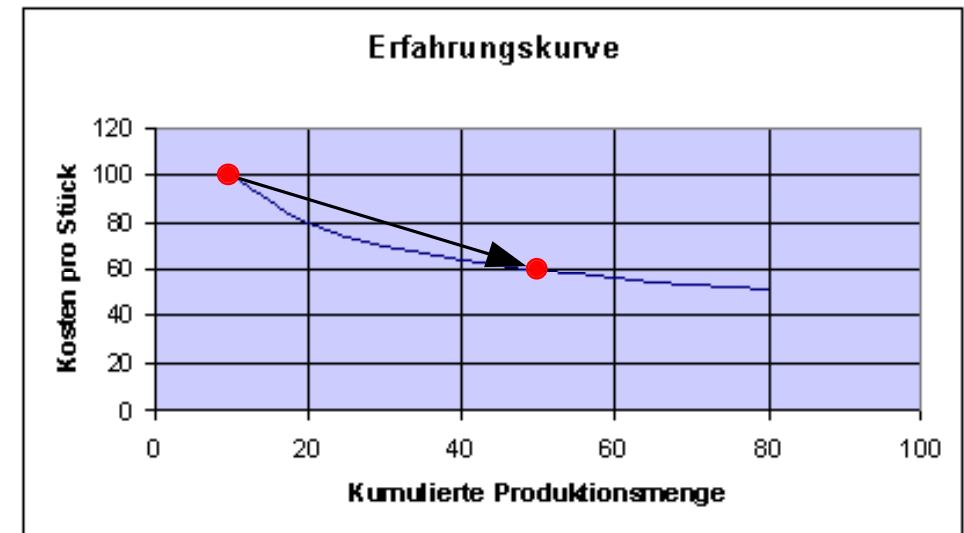


Abb. Kosteneinsparungen durch Standardisierung.

## 4.1.2 Zusammenhang zwischen Komplexität und Rüstkosten

In Kapitel 2.3.2 wurde der aus der Fertigungsindustrie bekannte Kostenfaktor „Rüstkosten“ auf den Baubereich übertragen. Jede neue Konstruktionsvariante bedarf eines gewissen Erstaufwandes, um sie auf der Baustelle zu realisieren. Damit steigt der Anteil der Rüstkosten an den Gesamtkosten mit der Vielfalt der Konstruktionen. Anders ausgedrückt: je systematischer eine Konstruktion ist, desto geringer ist der Rüstkostenanteil an den Gesamtkosten.

Im Tortendiagramm zur Baustellenproduktivität „verstecken“ sich die Rüstkosten zum großen Teil in der Rubrik „Suchen und Räumen“. Rüstzeiten sind eigentlich unproduktive Zeiten. Durch eine Reduktion der Rüstzeiten steigen die produktiven Zeiten „Arbeiten am Gewerk“.

Rüstkosten haben einen messbaren Einfluss auf die Lohnkosten. Dieser Einfluss kann je nach Stückzahl und Rüstaufwand sehr groß sein. Der Zusammenhang wird an folgendem Rechenbeispiel deutlich.

### Grundparameter

- Die Gesamtzahl aller Konstruktionen beträgt 1000 Stück.
- Die Lohnkosten je Konstruktion betragen 100 EUR.
- In der konventionellen Planung bestehen die 1000 Konstruktionen aus 50 Varianten je 20 Stück.
- In der modularen Planung bestehen die 1000 Konstruktionen aus 10 Varianten je 100 Stück (Reduktion um den Faktor 5)

### Beispiel 1

#### Rüstkosten je Konstruktionsvariante in Höhe von 30% (entsprechend 30 €)

Lohnkosten konventionelle Planung:

$$100.000 \text{ €} + 1.500 \text{ €} = 101.500 \text{ €}$$

Lohnkosten modulare Planung:

$$100.000 \text{ €} + 300 \text{ €} = 100.300 \text{ €}$$

**Reduktion der Lohnkosten um ca. 1,2%**

### Beispiel 2

#### Rüstkosten je Konstruktionsvariante in Höhe von 70% (entsprechend 70 €)

Lohnkosten konventionelle Planung:

$$100.000 \text{ €} + 3.500 \text{ €} = 103.500 \text{ €}$$

Lohnkosten modulare Planung:

$$100.000 \text{ €} + 700 \text{ €} = 100.700 \text{ €}$$

**Reduktion der Lohnkosten um ca. 2%**

### Beispiel 3

#### Rüstkosten je Konstruktionsvariante in Höhe von 100% (entsprechend 100 €)

Lohnkosten konventionelle Planung:

$$100.000 \text{ €} + 5.000 \text{ €} = 105.000 \text{ €}$$

Lohnkosten modulare Planung:

$$100.000 \text{ €} + 1.000 \text{ €} = 101.000 \text{ €}$$

**Reduktion der Lohnkosten um ca. 3,8%**

## 4.1.3 Resümee

Wenn man nur die Aspekte der „Erfahrungskurve“ und der „Rüstkosten“ berücksichtigt, ergeben sich durch die Modulare Planung Einsparungen bei den Lohnkosten von über 40%. Bei einem angenommenen Anteil der Lohnkosten von 45% an den Gesamtkosten lassen sich damit also Einsparungen bei den Gesamtkosten in Höhe von über 18% erwarten.

Selbstverständlich hängt die Realisierung dieser Einsparungen von einer Vielzahl von Randbedingungen ab, die im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden können. So z.B. die Art und Weise wie eine Leistung ausgeschrieben wird, wie mit Firmen Verträge gemacht werden, wo sich die Schnittstellen zwischen den Gewerken befinden, wie weit eine Ausführungsplanung geht und wo eine Montageplanung anfängt, wie die Baulogistik und das Terminmanagement betrieben werden, wie die Bauleitung organisiert wird etc. Gleichzeitig gibt es eine Vielzahl von weiteren Kosteneinsparpotentialen, die nicht untersucht wurden, so z.B. die Möglichkeit der Vorfertigung, der Verzahnung von Ausführungsplanung und Montageplanung, der Rationalisierung der Bauleitung, der Organisation eines umfassenden Qualitätsmanagements etc.

Die dargestellten Einsparungen in Höhe von 18% stellen daher weniger eine absolute Zahl dar, als vielmehr ein Rationalisierungspotential, welches sich durch eine konsequente modulare Planung ergibt. Dieses muss durch zusätzliche Maßnahmen noch erschlossen werden. Das dargestellte Potential ist jedoch so groß, dass es eine Entscheidungsgrundlage für den modularen Planungsansatz sein kann.

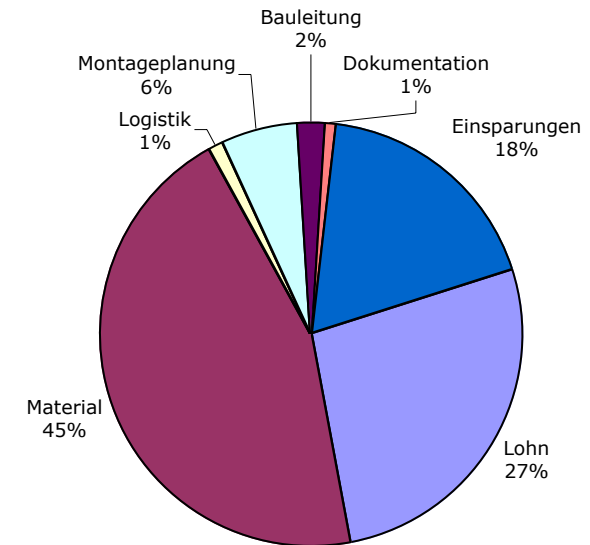


Abb. Kosteneinsparpotential durch eine modularisierte Planung.



## 4.1.4 Kosten der modularen Planung

Wie in den Zielwerten für das Modulare Bauen angedeutet, bedeutet eine modulare Planung keinen Planungsmehraufwand. Es werden lediglich Planungskosten zwischen den Projektphasen und den Verantwortlichen neu verteilt. Je nach Konstellation ergeben sich dabei verschiedene Modelle:

Im **Modell 1** ist die Modulare Planung integraler Bestandteil der Architektur- bzw. TGA-Planung. Betrachtet man die Phasen der HOAI kommt es durch den zusätzlichen Entwurfsfokus zu einer Umverteilung von den späteren Phasen in die früheren. Bauleitung und Ausführungsplanung werden eher abgewertet, dafür die Vorplanung und Entwurfsplanung aufgewertet. Dieses liegt daran, dass insbesondere in den frühen Entwurfsphasen die für den Entwurf wichtigen und qualitäts- und kostenrelevanten Entscheidungen getroffen werden. Diese Grundlagen lassen sich in den späteren Phasen nur noch schwer korrigieren. Eine fehlende Systematik lässt sich nachträglich nur noch schwer einem Entwurf aufprägen. Durch die besseren Entwurfsgrundlagen reduzieren sich dann die Aufwendungen für die Ausführungsplanung und die Bauleitung. Eine genaue Aufschlüsselung der HOAI-Leistungen befindet sich in der Anlage auf CD-ROM.

Im **Modell 2** wird die Modulare Planung als zusätzliche Planungsdisziplin auf der Schnittstelle zwischen Architektur- und TGA-Planung platziert. Die Planungen der Architekten und Fachplaner werden durch die Modulare Planung integriert und modularisiert. Gleichzeitig wandert ein Teil der Systemintegration des Architekten zur Modularen Planung. Für die TGA-Planung werden insbesondere die Trassenpläne erstellt. In der Summe beläuft sich der Transfer auf ca. 20% der Gesamtplanungsleistung. (s. Anlage CD-ROM)

Im **Modell 3** wird die Modulare Planung erst durch die ausführende Firma im Rahmen der Montageplanung umgesetzt. Hier führt sie zu einer Umverteilung der Aufwendungen von der Bauleitung zur Montageplanung. Durch eine bessere Planung und Arbeitsvorbereitung kann der Bauleitungsaufwand deutlich reduziert werden.

# Kostenbewertung

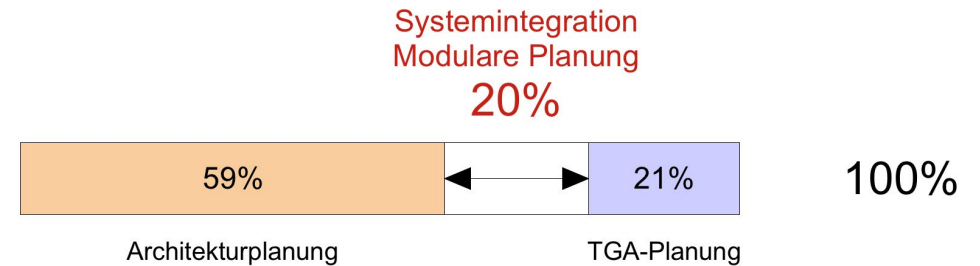
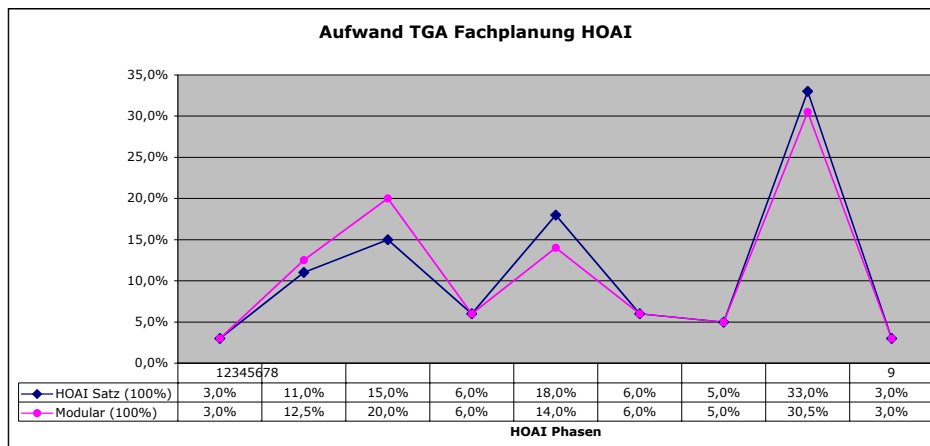
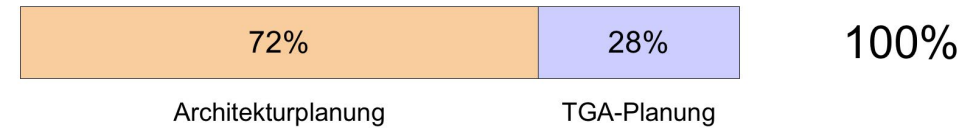
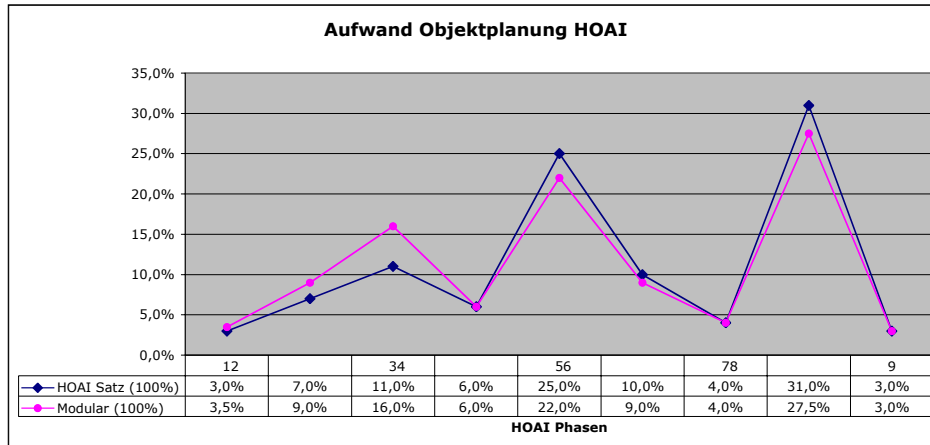
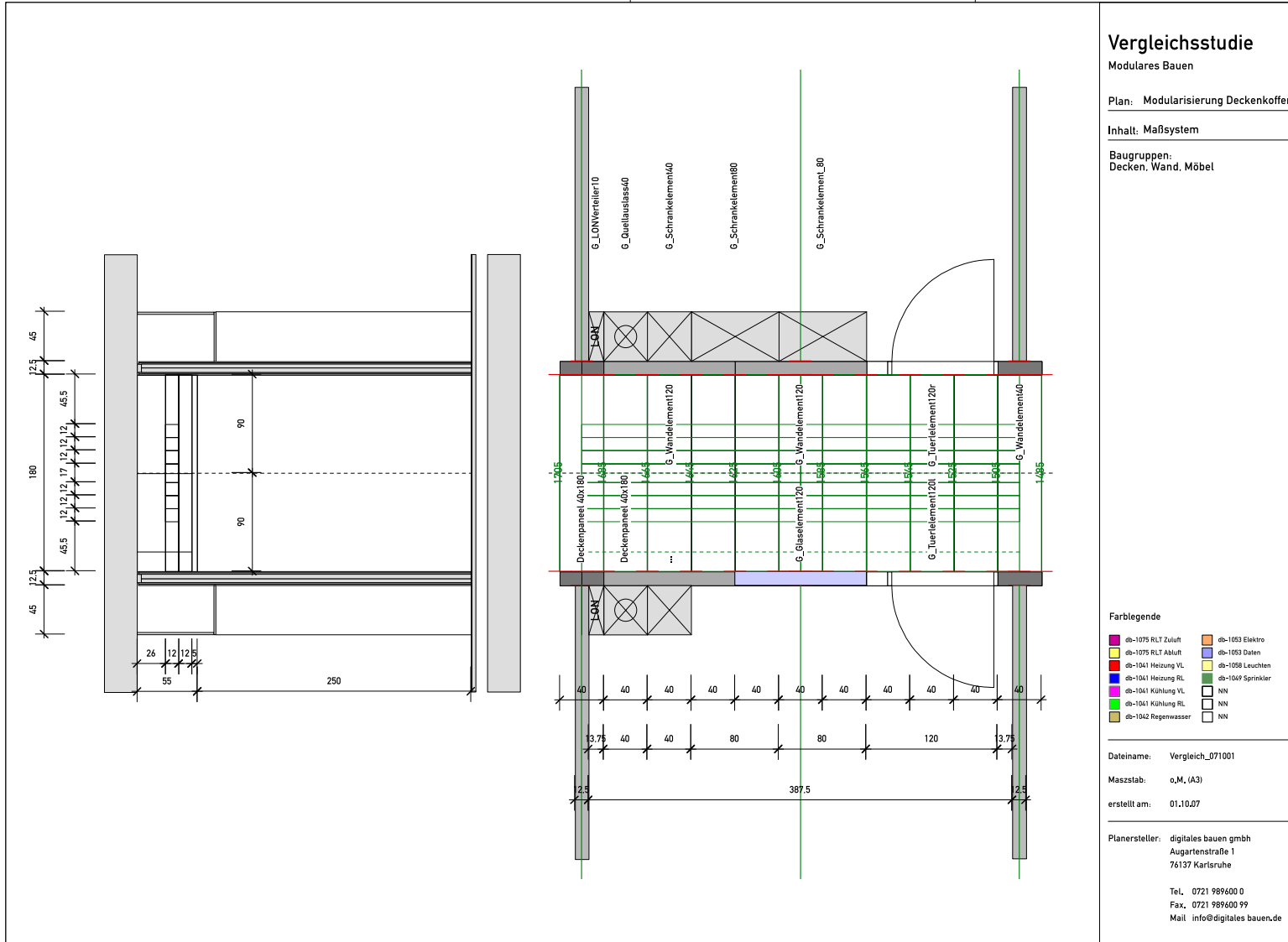


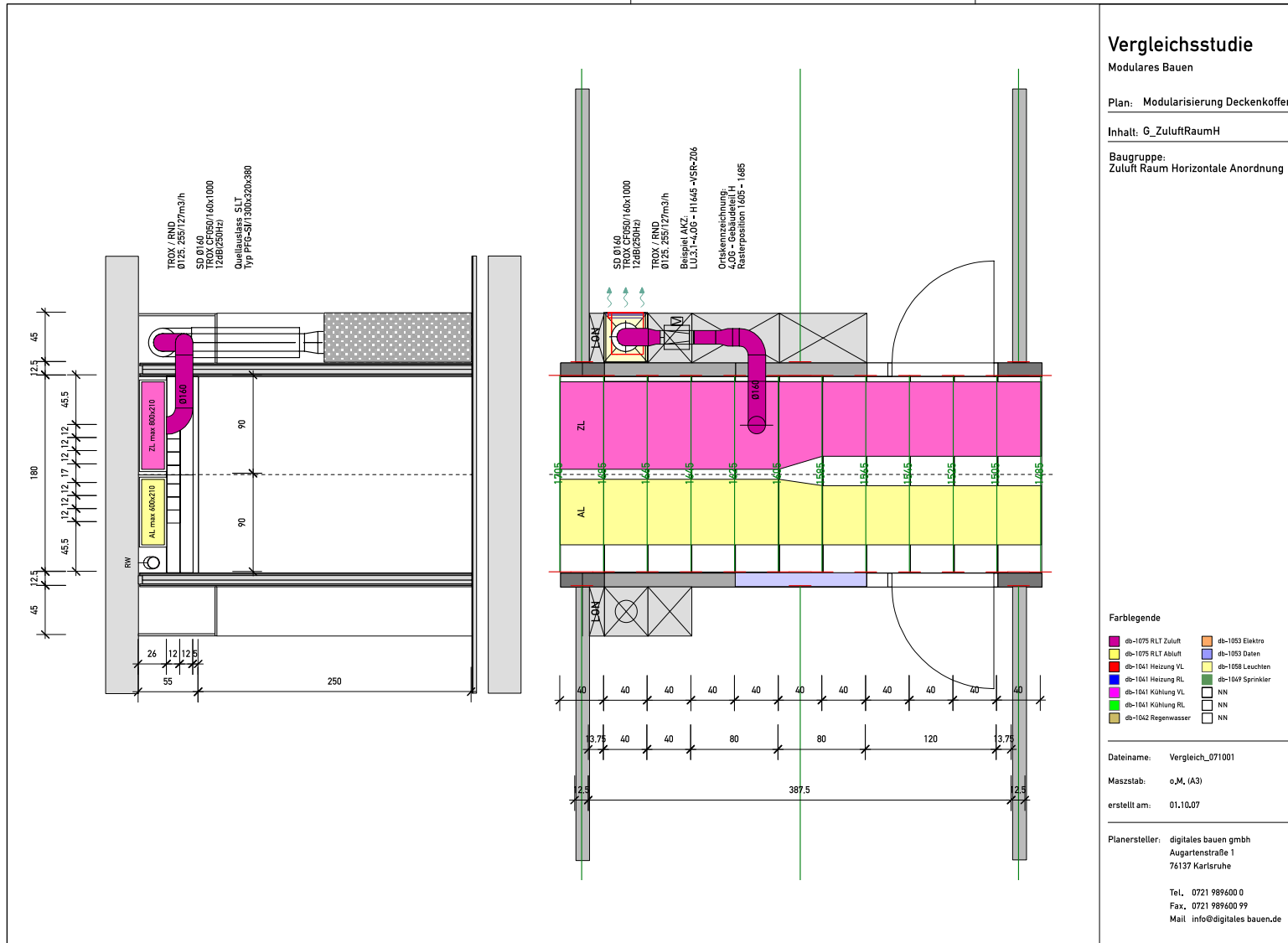
Abb. Modell 1: Verlagerung des Planungsaufwandes von den späten HOAI Phasen in die frühen (s. Anlage CD-ROM)

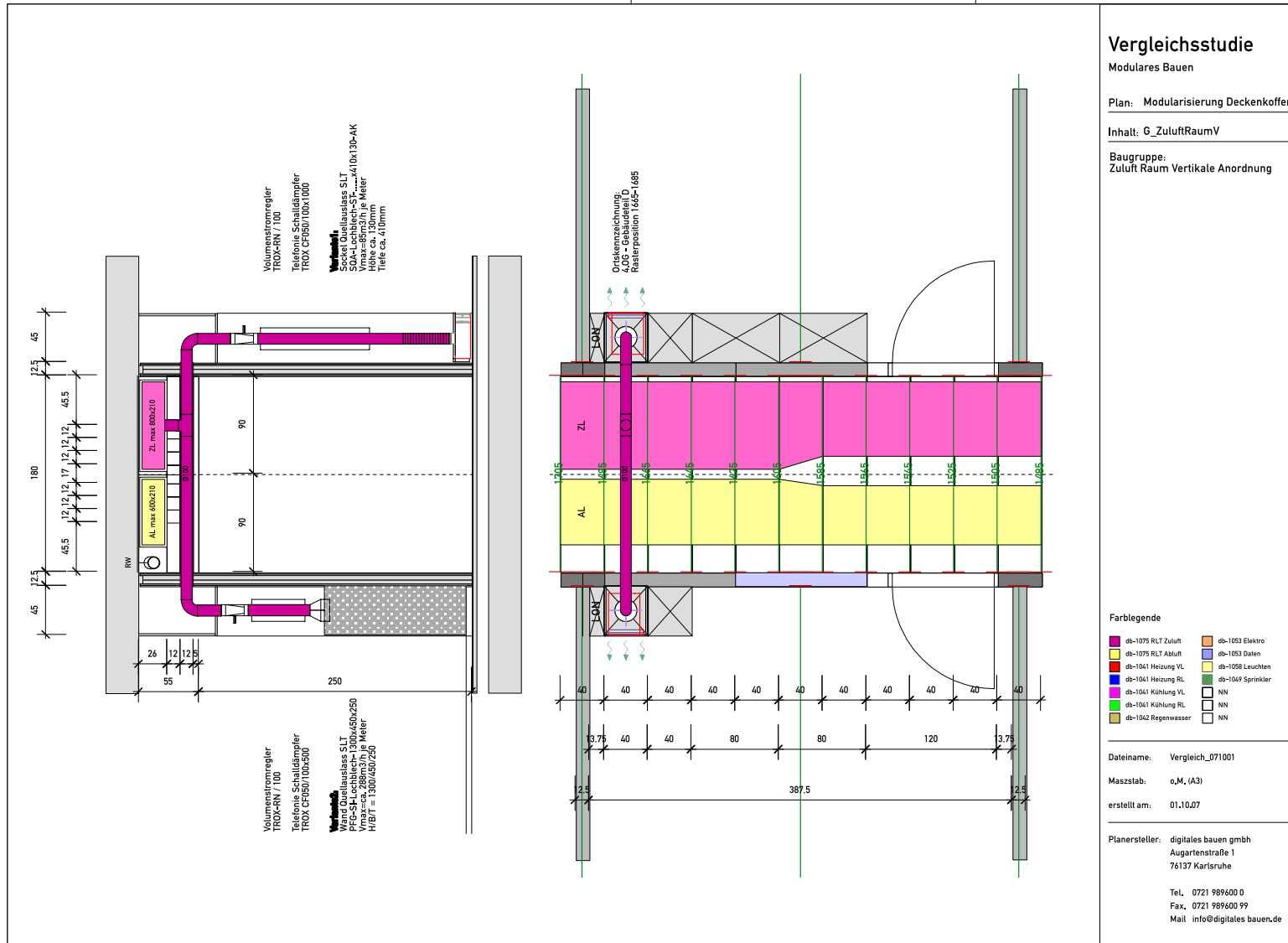
Abb. Modell 2: Integration der Modularen Planung auf der Schnittstelle zwischen Architektur- und TGA-Planung (s. Anlage CD-ROM)

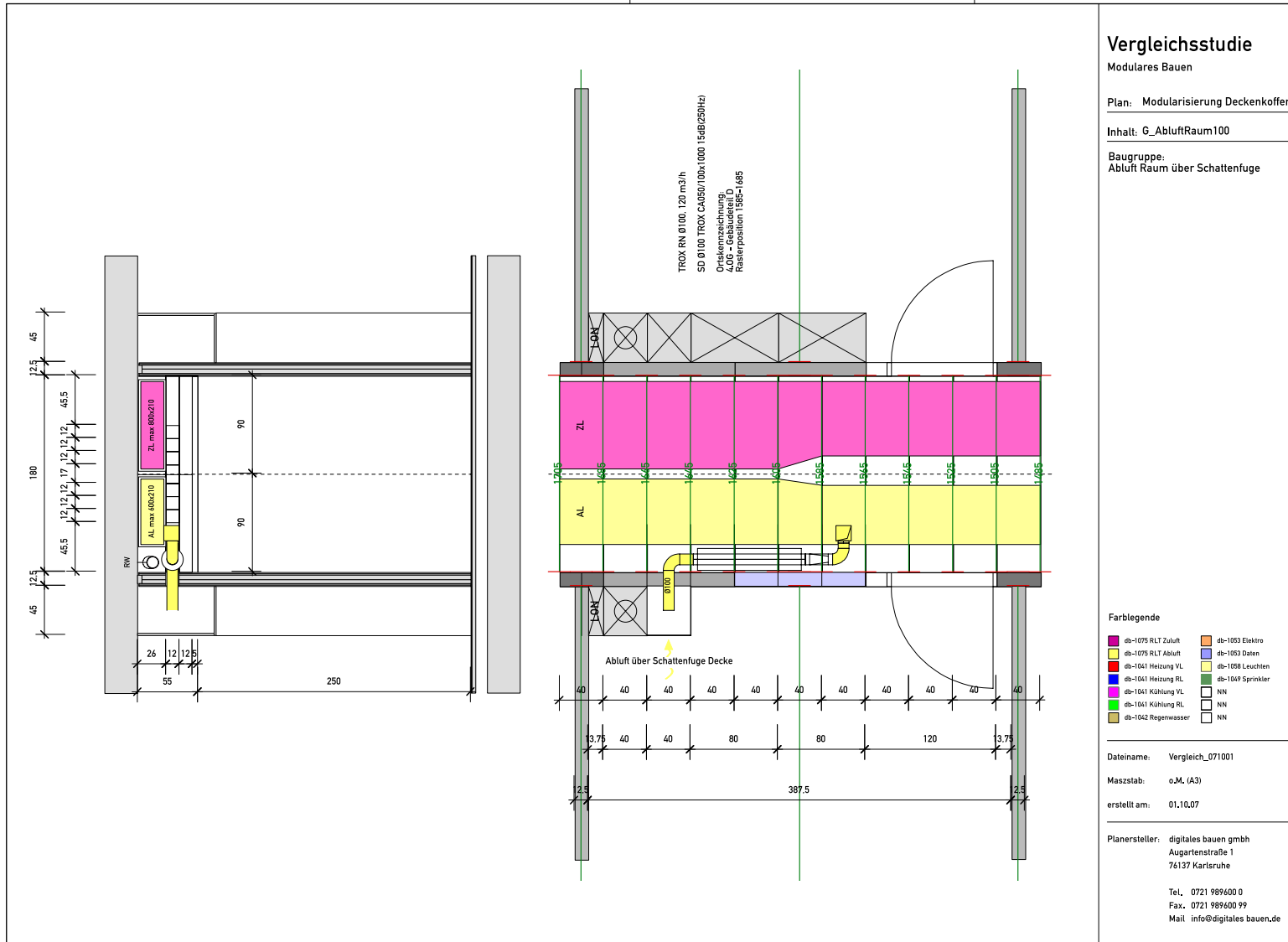


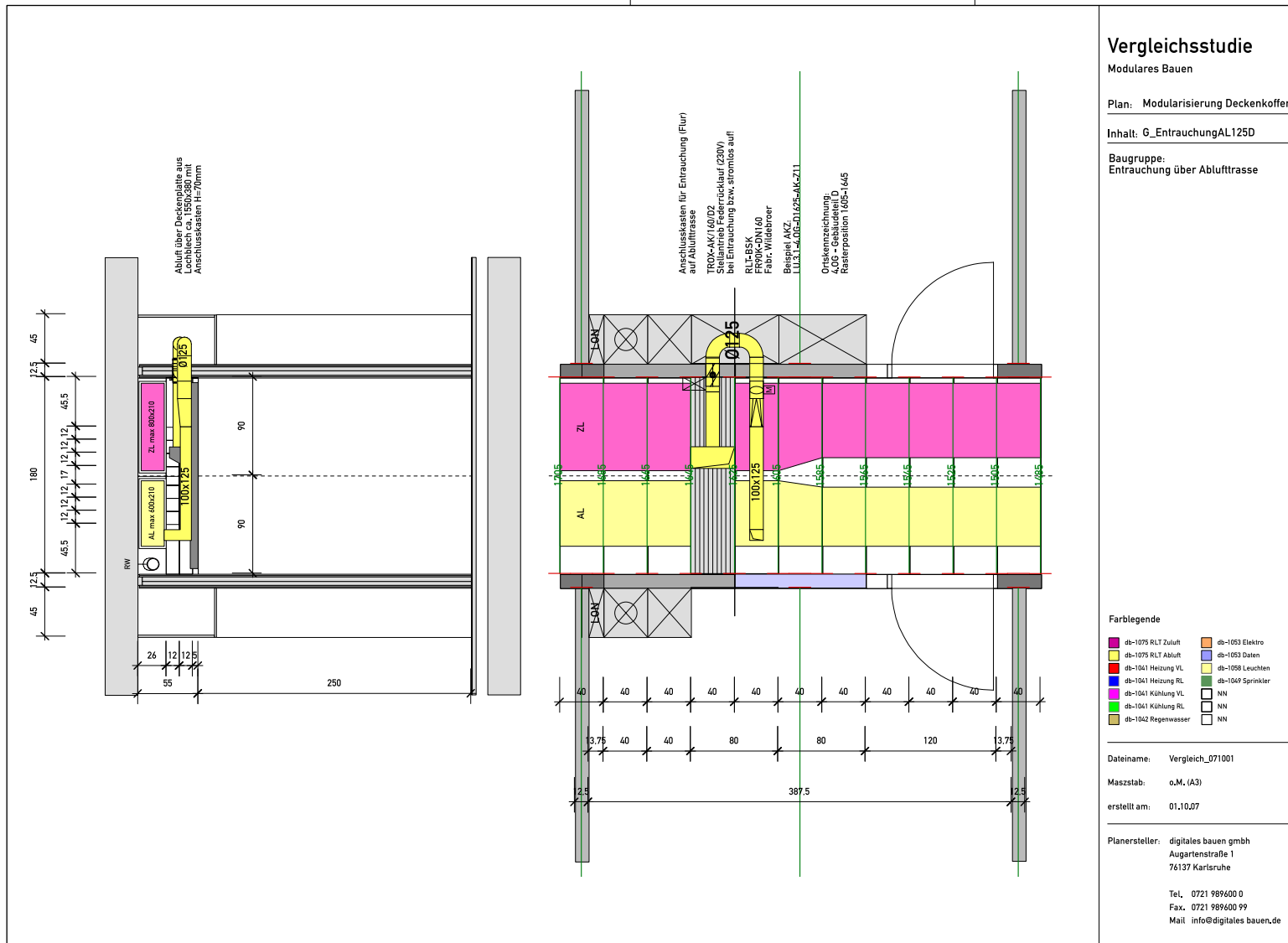
- Modularisierung Deckenkoffer
- Katalog der standardisierten Konstruktionen und Bauteile
- Planunterlagen des gesamten Planausschnittes (CD-ROM)
- Auszahlungen (CD-ROM)
- Bewertungsmatrix der weichen Kostenfaktoren (CD-ROM)
- HOAI-Tabellen mit der Bewertung der Teilleistungen (CD-ROM)



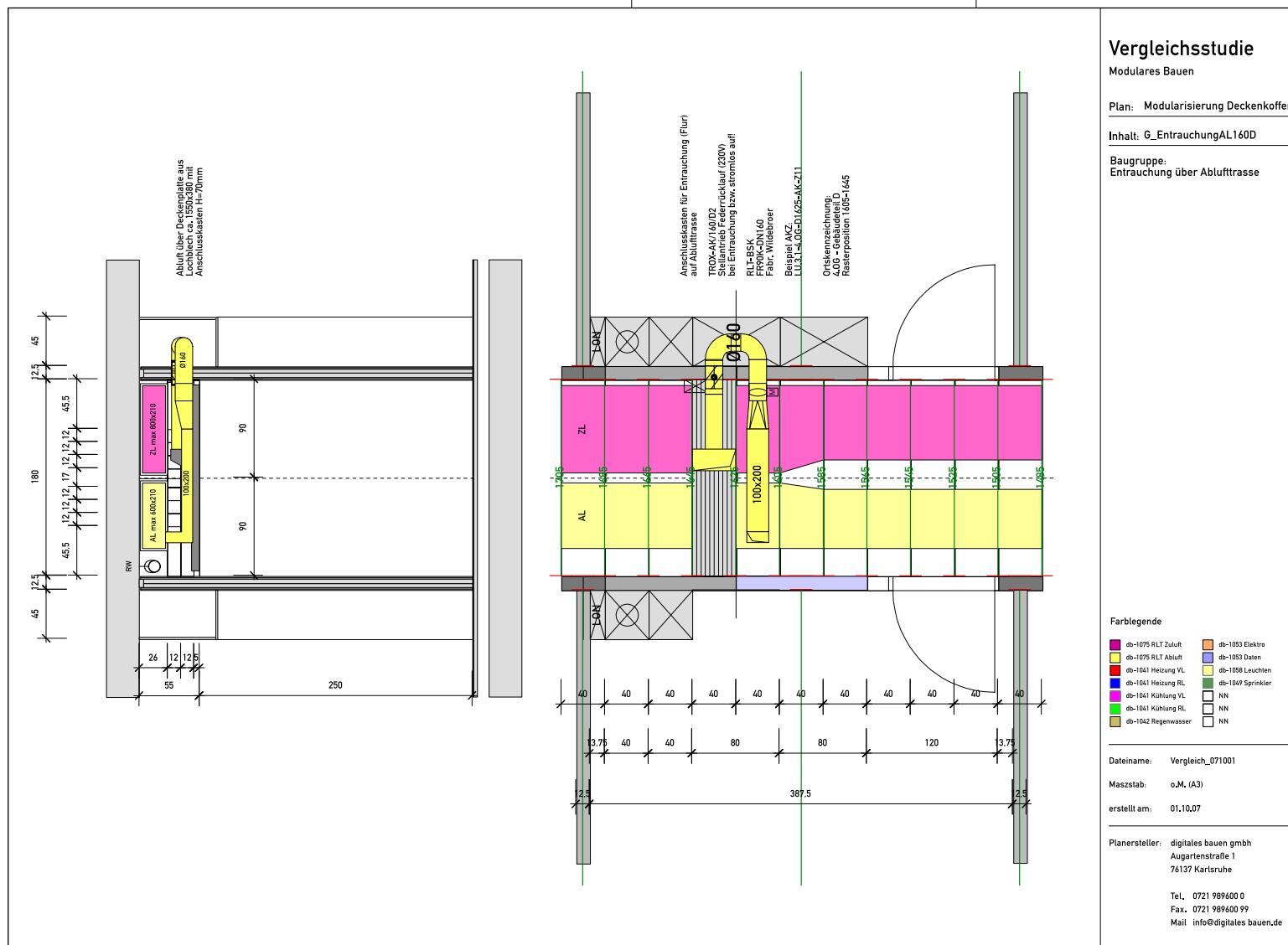


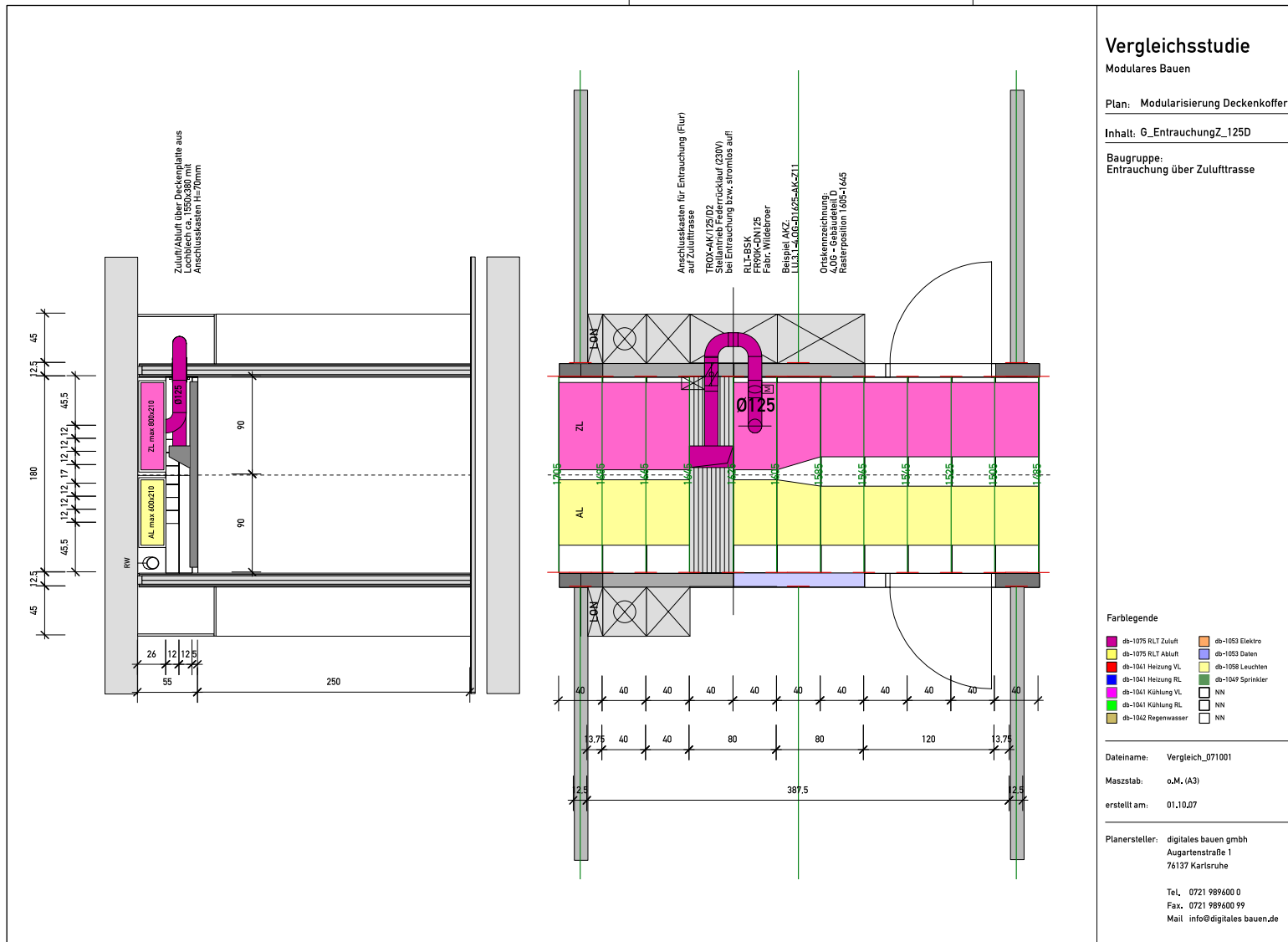


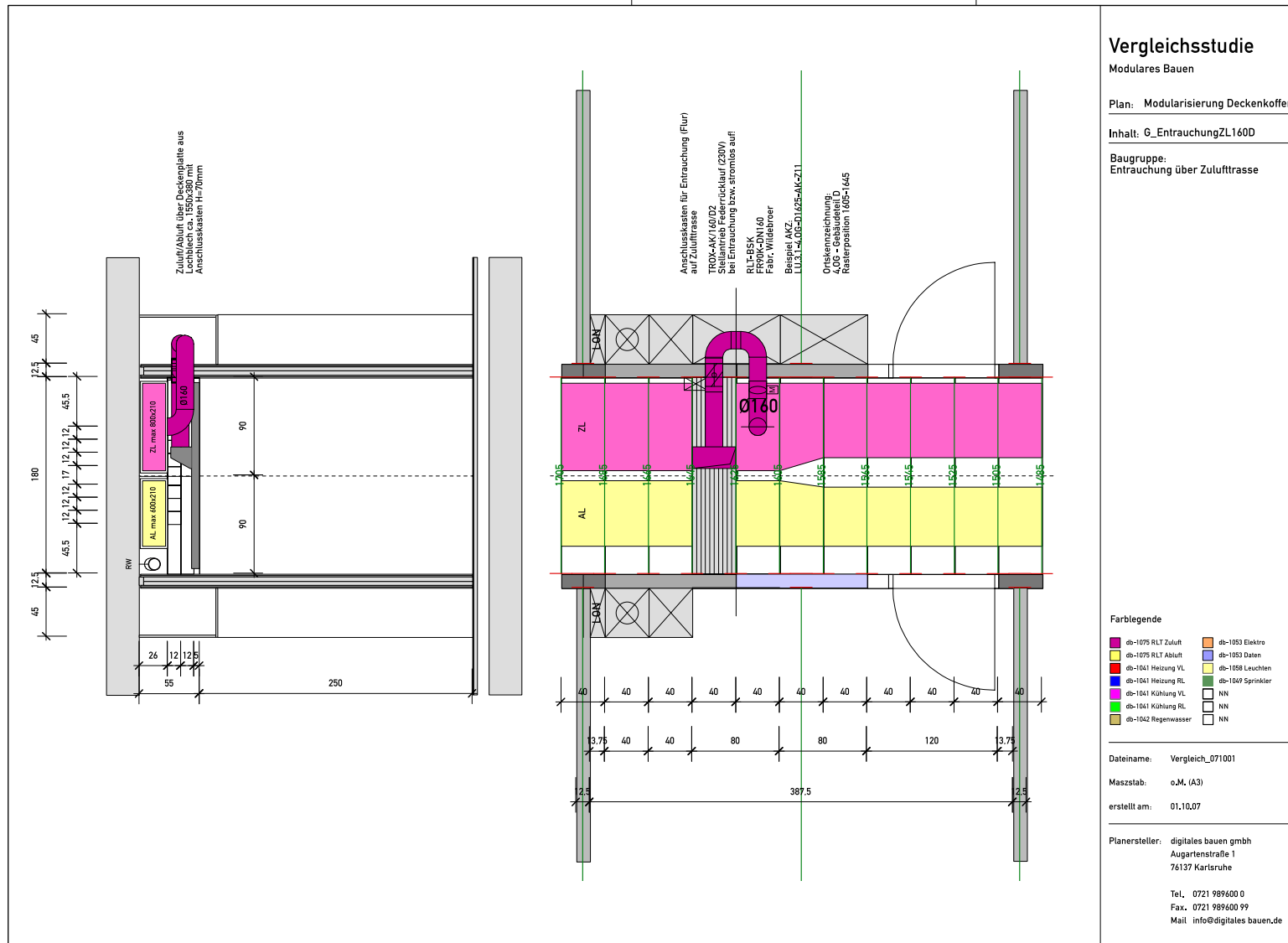


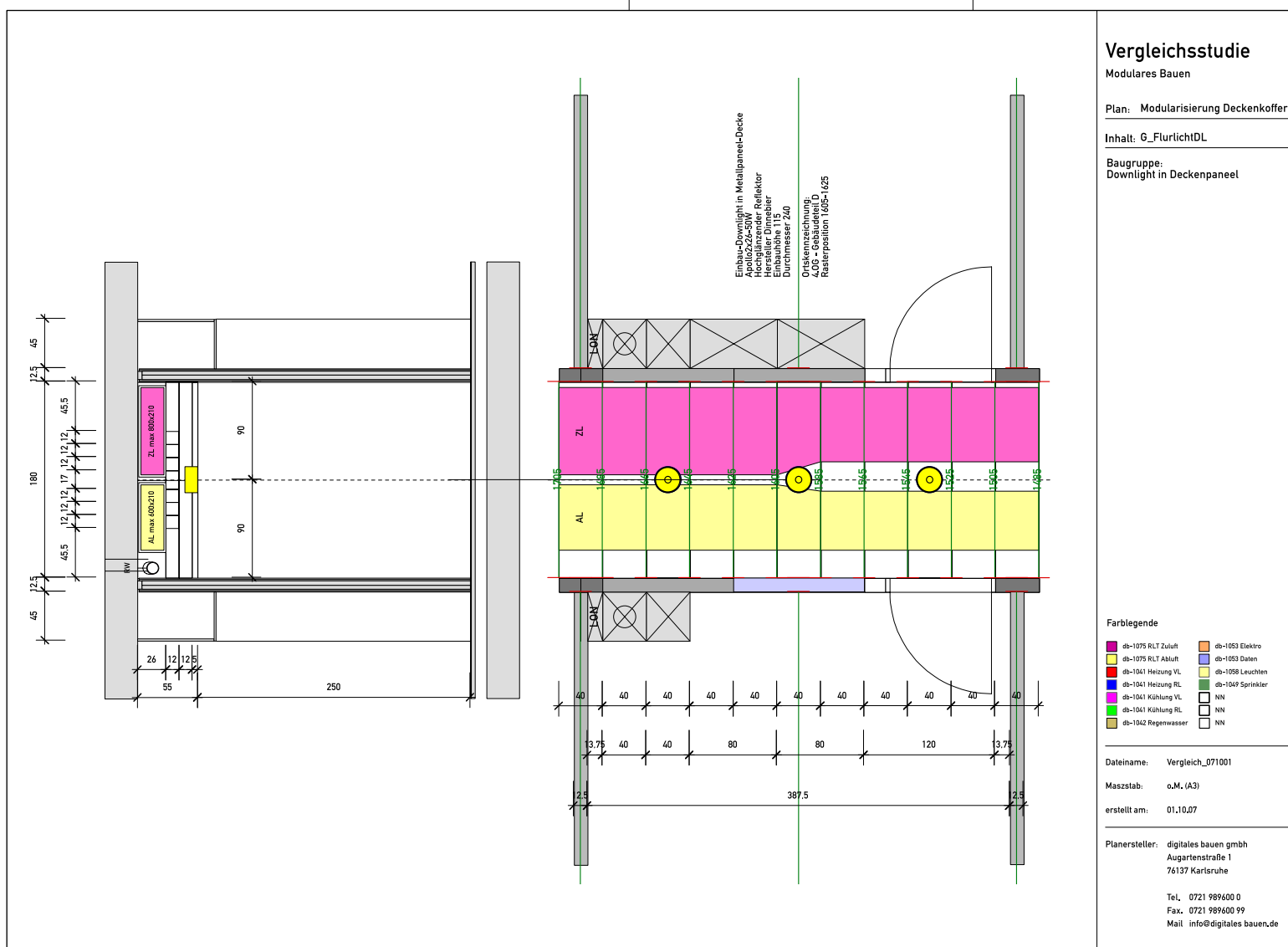


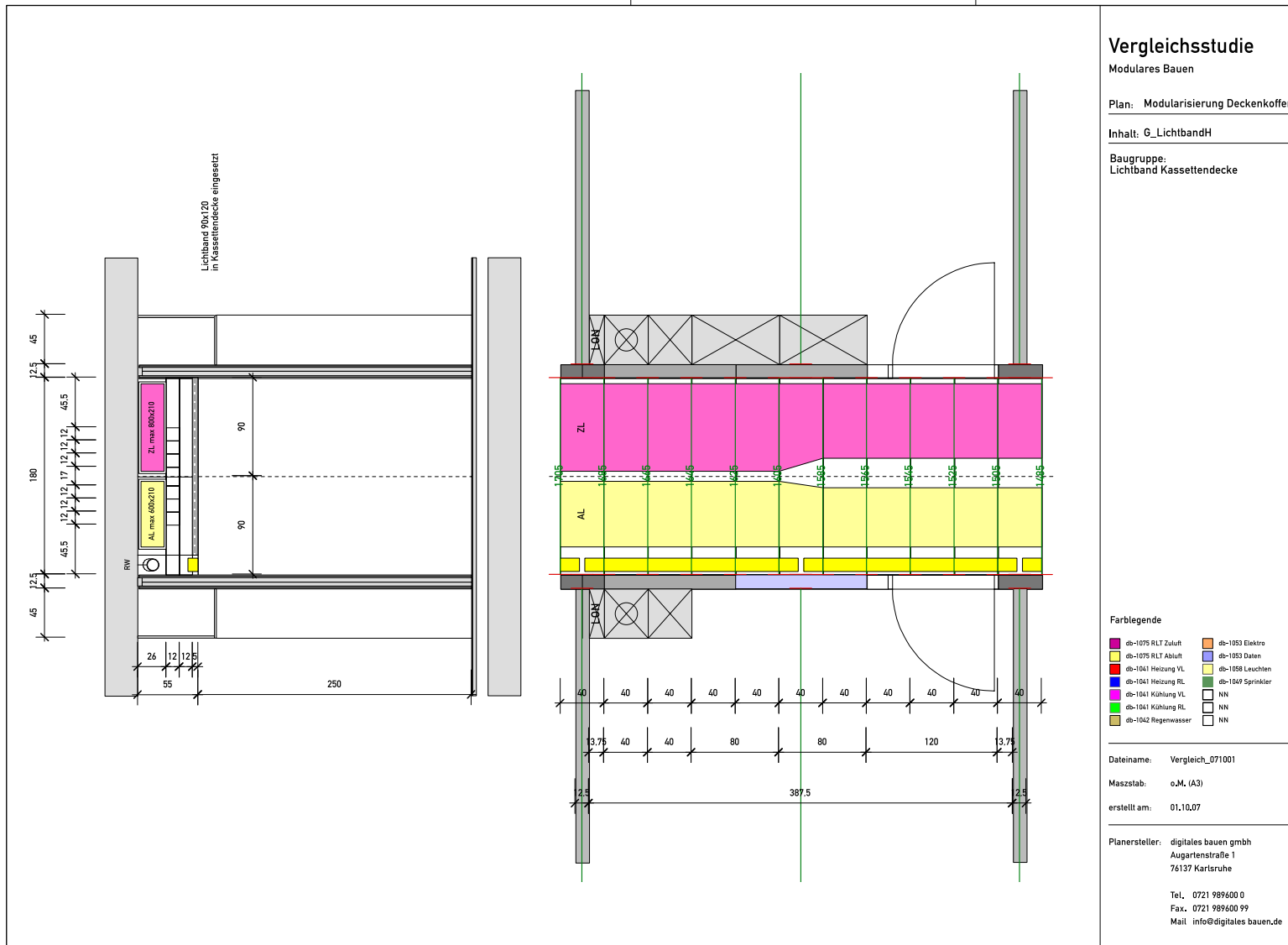


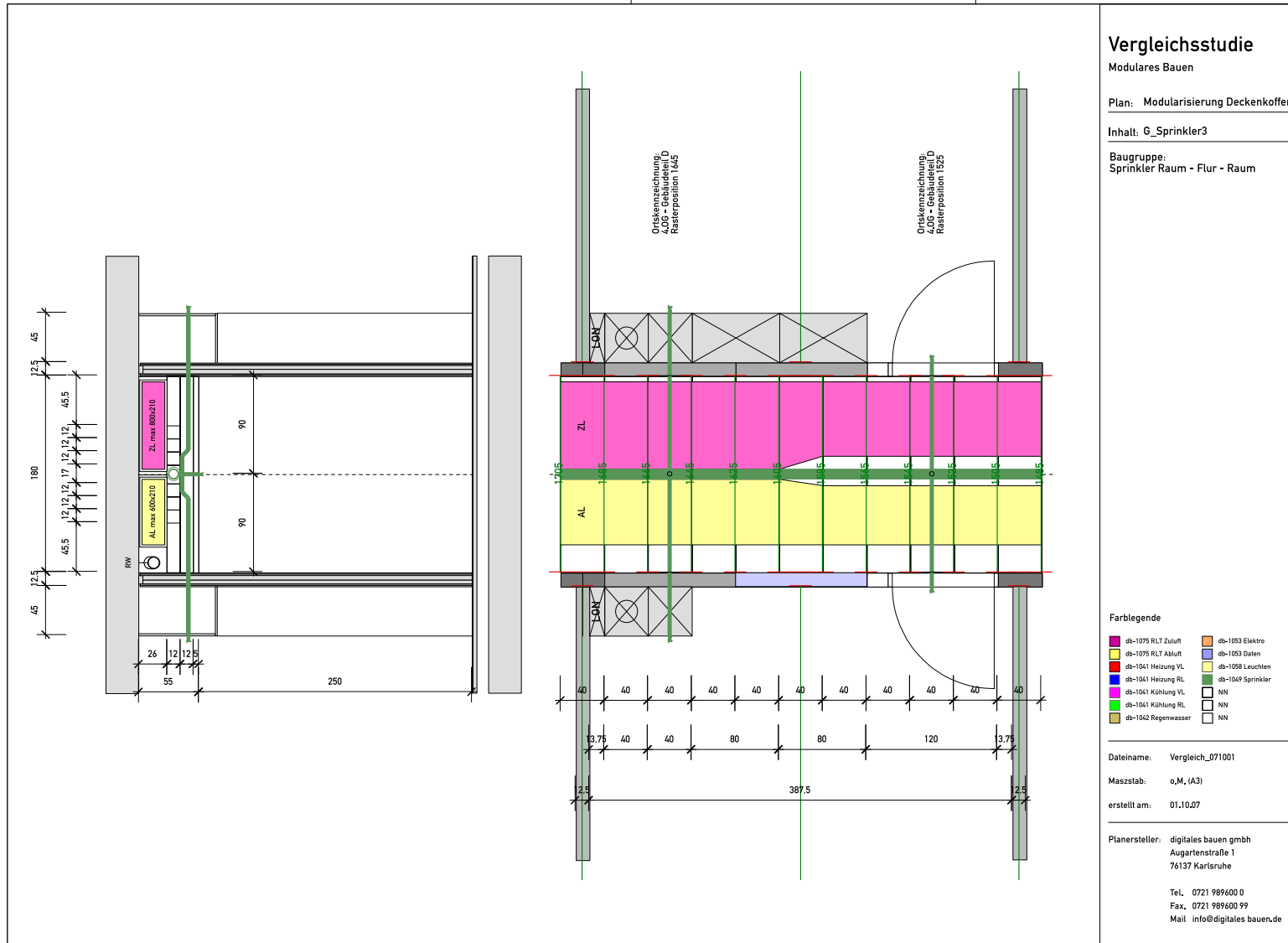


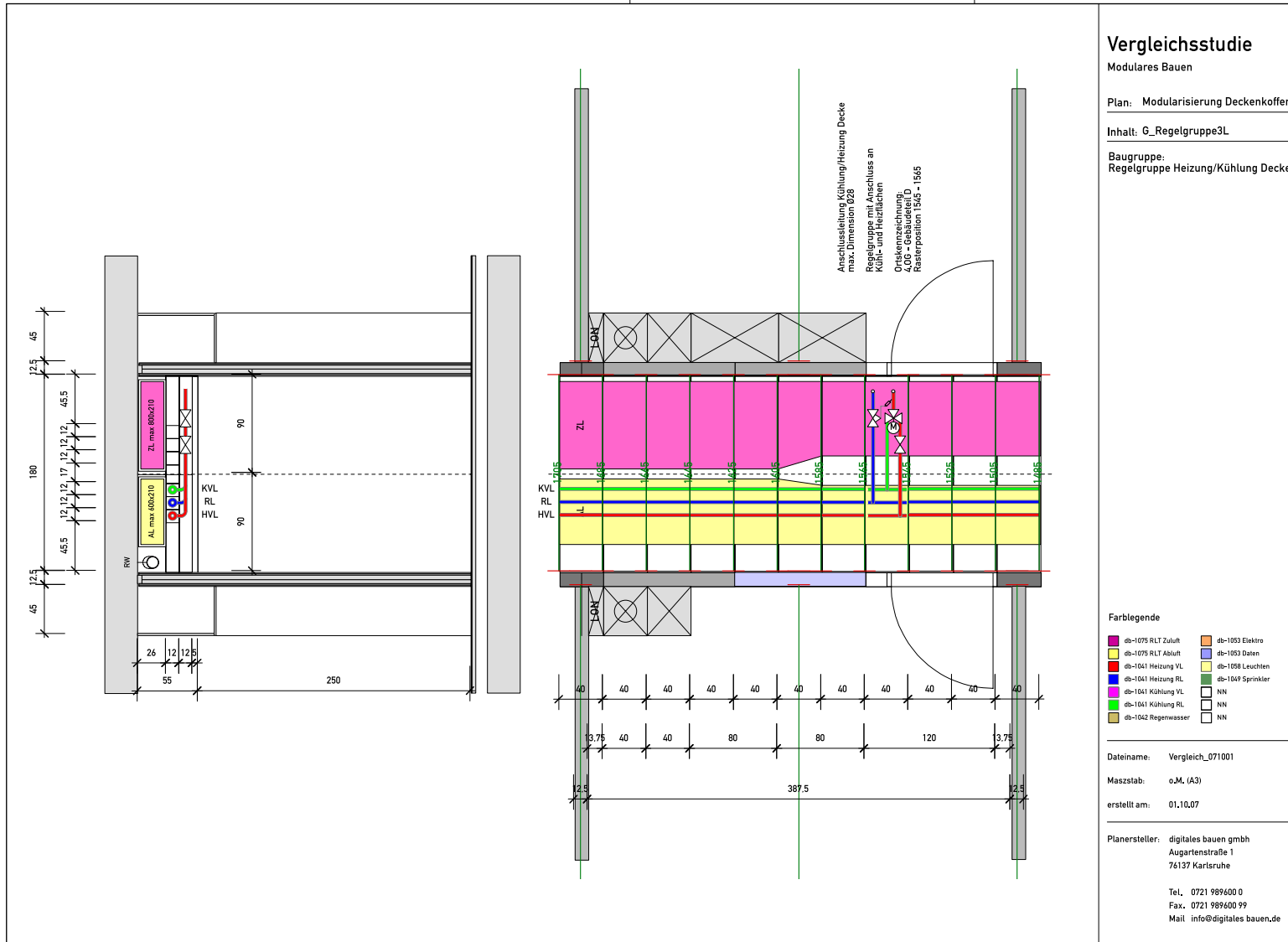


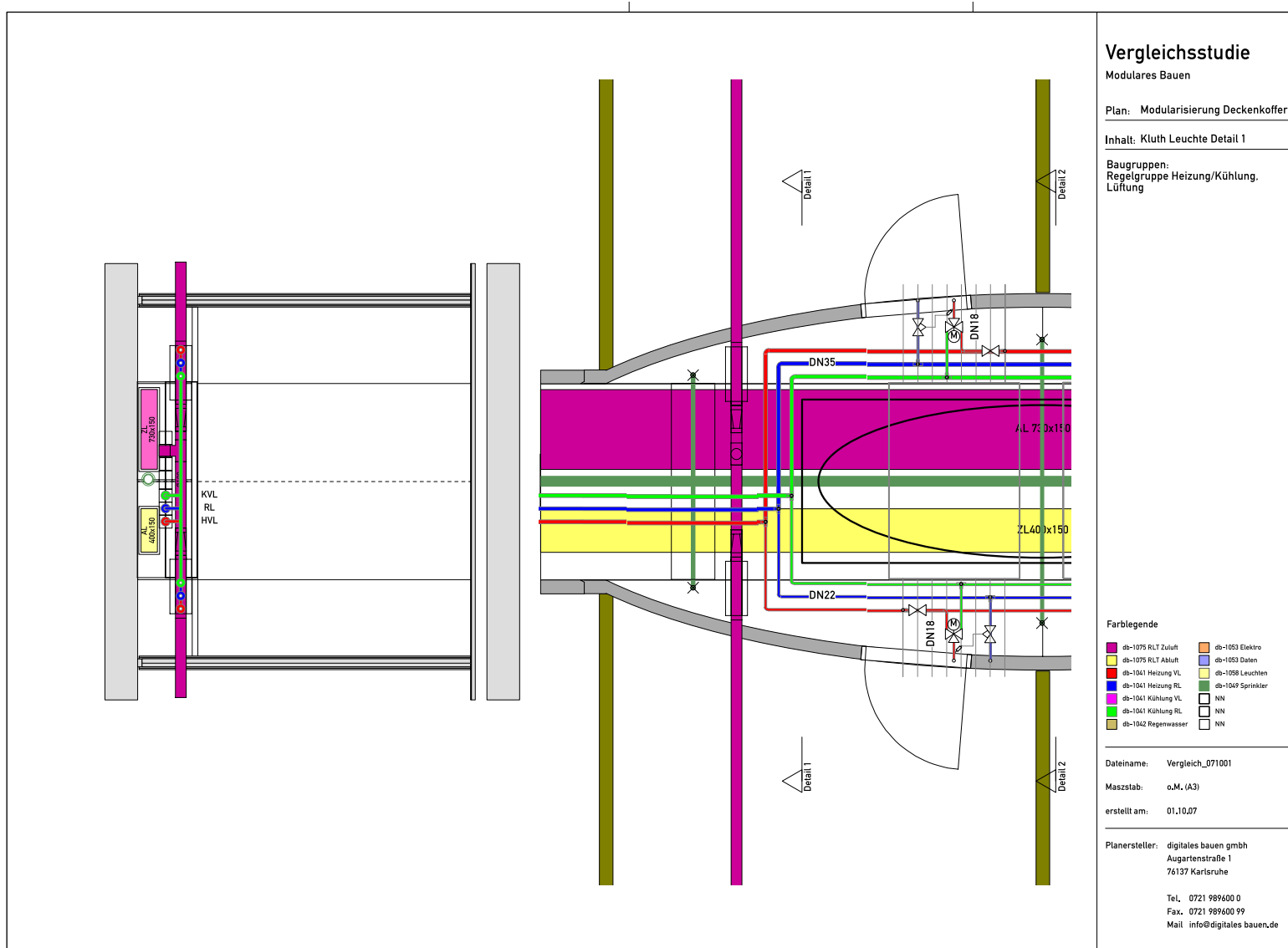




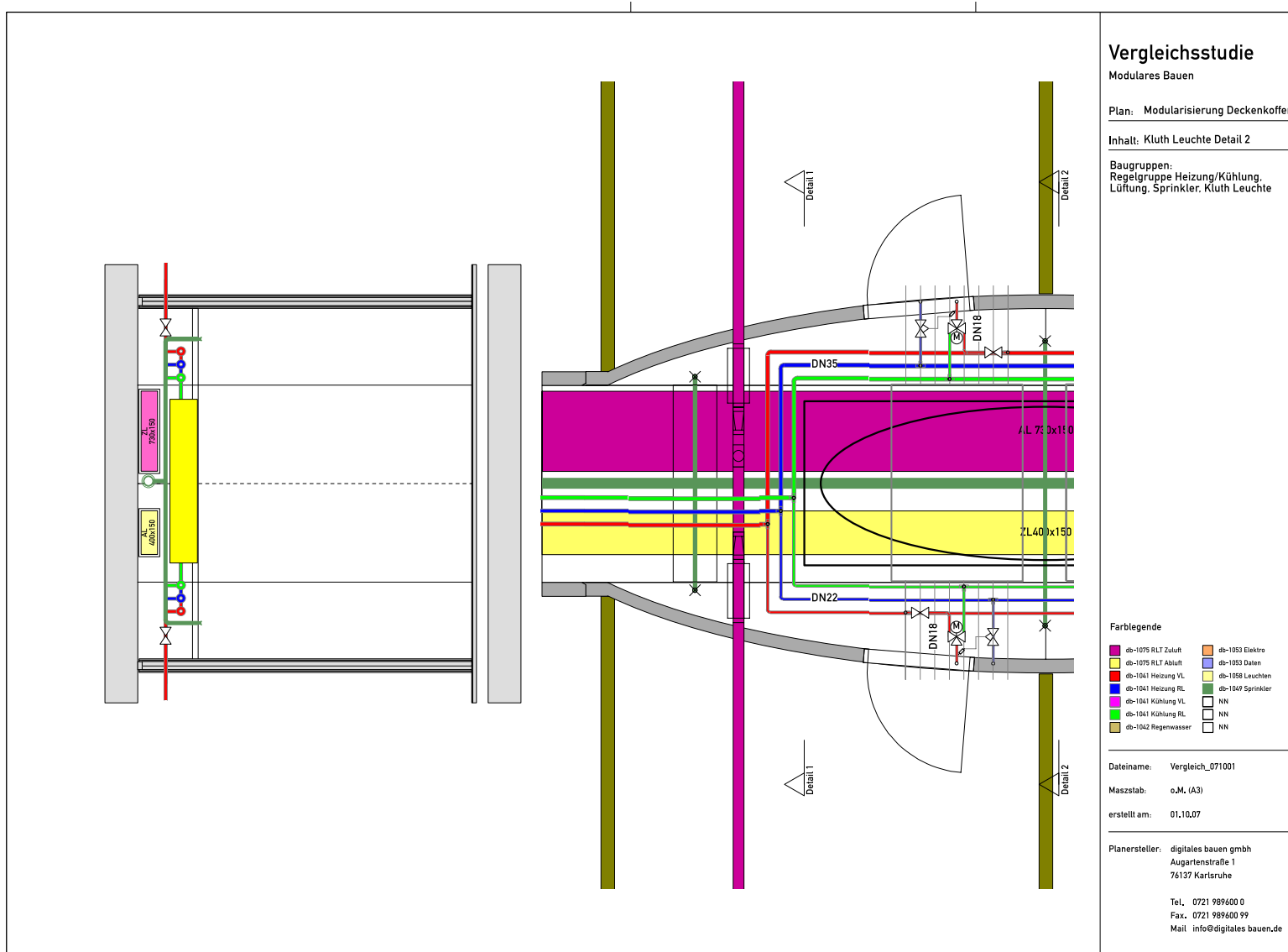












### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modularisierung Deckenkoffer

Inhalt: Kluth Leuchte Detail 2

Baugruppen:  
 Regelgruppe Heizung/Kühlung,  
 Lüftung, Sprinkler, Kluth Leuchte

#### Farblegende

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| ■ db-1075 RLT Zuluft  | ■ db-1053 Elektro   |
| ■ db-1076 RLT Abluft  | ■ db-1053 Daten     |
| ■ db-1041 Heizung VL  | ■ db-1058 Leuchten  |
| ■ db-1041 Heizung RL  | ■ db-1049 Sprinkler |
| ■ db-1041 Kühlung VL  | ■ NN                |
| ■ db-1041 Kühlung RL  | ■ NN                |
| ■ db-1042 Regenwasser | ■ NN                |

Dateiname: Vergleich\_071001

Masstab: o.M. (A3)

erstellt am: 01.10.07

Planersteller: digitales bauen gmbh  
 Augartenstraße 1  
 76137 Karlsruhe

Tel. 0721 9894000  
 Fax. 0721 98940099  
 Mail info@digitales bauen.de







## 1058 Beleuchtung

G\_Deckenpaneel\_DL

G\_Deckenpaneel\_BL

G\_Lichtband

G\_Deckenlicht\_Buero

### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

---

Plan: **Modular Katalog Baugruppen**

Inhalt: **Beleuchtung**

---

**Farblegende**

<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ff00ff; border: 1px solid black;"></span> db-1075 RLT Zuluft	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffa500; border: 1px solid black;"></span> db-1053 Elektro
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black;"></span> db-1075 RLT Abluft	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #add8e6; border: 1px solid black;"></span> db-1053 Daten
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ff0000; border: 1px solid black;"></span> db-1041 Heizung VL	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black;"></span> db-1058 Leuchten
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; border: 1px solid black;"></span> db-1041 Heizung RL	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #00ff00; border: 1px solid black;"></span> db-1047 Sprinkler
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; border: 1px solid black;"></span> db-1041 Kühlung VL	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffffff; border: 1px solid black;"></span> NN
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #00ff00; border: 1px solid black;"></span> db-1041 Kühlung RL	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffffff; border: 1px solid black;"></span> NN
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></span> db-1042 Regenwasser	<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffffff; border: 1px solid black;"></span> NN

---

Dateiname: Vergleich\_071001

Masstab: 1:20 (A3)

erstellt am: 01\_10\_07

---

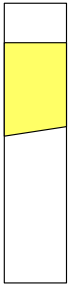
Planersteller: digitales bauen gmbh  
 Augartenstraße 1  
 76137 Karlsruhe

Tel. 0721 989600 0  
 Fax. 0721 989600 99  
 Mail info@digitales bauen.de

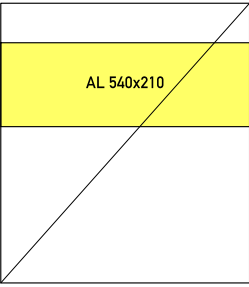


### 1075 Zuluft/Abluft Trasse Flur

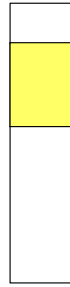
in verschiedenen Dimensionsvarianten




G\_AL600/210\_V\_540/210



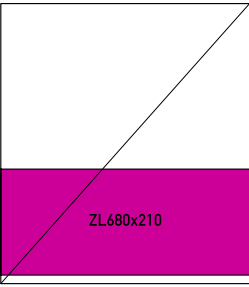
G\_AL540/210




G\_AL540/210\_V



G\_ZL800/210\_V\_680/210



G\_ZL680/210



G\_ZL680/210\_V

#### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modular Katalog Baugruppen

Inhalt: Haupttrasse Lüftung

---

**Farblegende**

■ db-1075 RLT Zuluft	■ db-1053 Elektro
■ db-1075 RLT Abluft	■ db-1053 Daten
■ db-1041 Heizung VL	■ db-1058 Leuchten
■ db-1041 Heizung RL	■ db-1047 Sprinkler
■ db-1041 Kühlung VL	■ NN
■ db-1041 Kühlung RL	■ NN
■ db-1042 Regenwasser	■ NN

---

Dateiname: Vergleich\_071001

Masstab: 1:20 (A3)

erstellt am: 01,10,07

---

Planersteller: digitales bauen gmbh  
 Augartenstraße 1  
 76137 Karlsruhe

Tel. 0721 9896000  
 Fax. 0721 98960099  
 Mail info@digitales bauen.de



### 1075 Zuluft Raum Quellauslässe

G\_RaumZuluftH  
G\_RaumZuluftH\_SP

G\_RaumZuluftV\_1

G\_RaumZuluftV\_2

G\_RaumZuluftV\_2b

G\_RaumZuluftV\_2k

#### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modular Katalog Baugruppen

Inhalt: Zuluft Raum

---

**Farblegende**

<span style="color: magenta;">■</span> db-1075 RLT Zuluft	<span style="color: orange;">■</span> db-1053 Elektro
<span style="color: yellow;">■</span> db-1075 RLT Abluft	<span style="color: blue;">■</span> db-1053 Daten
<span style="color: red;">■</span> db-1041 Heizung VL	<span style="color: lightgreen;">■</span> db-1058 Leuchten
<span style="color: blue;">■</span> db-1041 Heizung RL	<span style="color: green;">■</span> db-1047 Sprinkler
<span style="color: magenta;">■</span> db-1041 Kühlung VL	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> NN
<span style="color: cyan;">■</span> db-1041 Kühlung RL	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> NN
<span style="color: brown;">■</span> db-1042 Regenwasser	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> NN

---

Dateiname: Vergleich\_071001

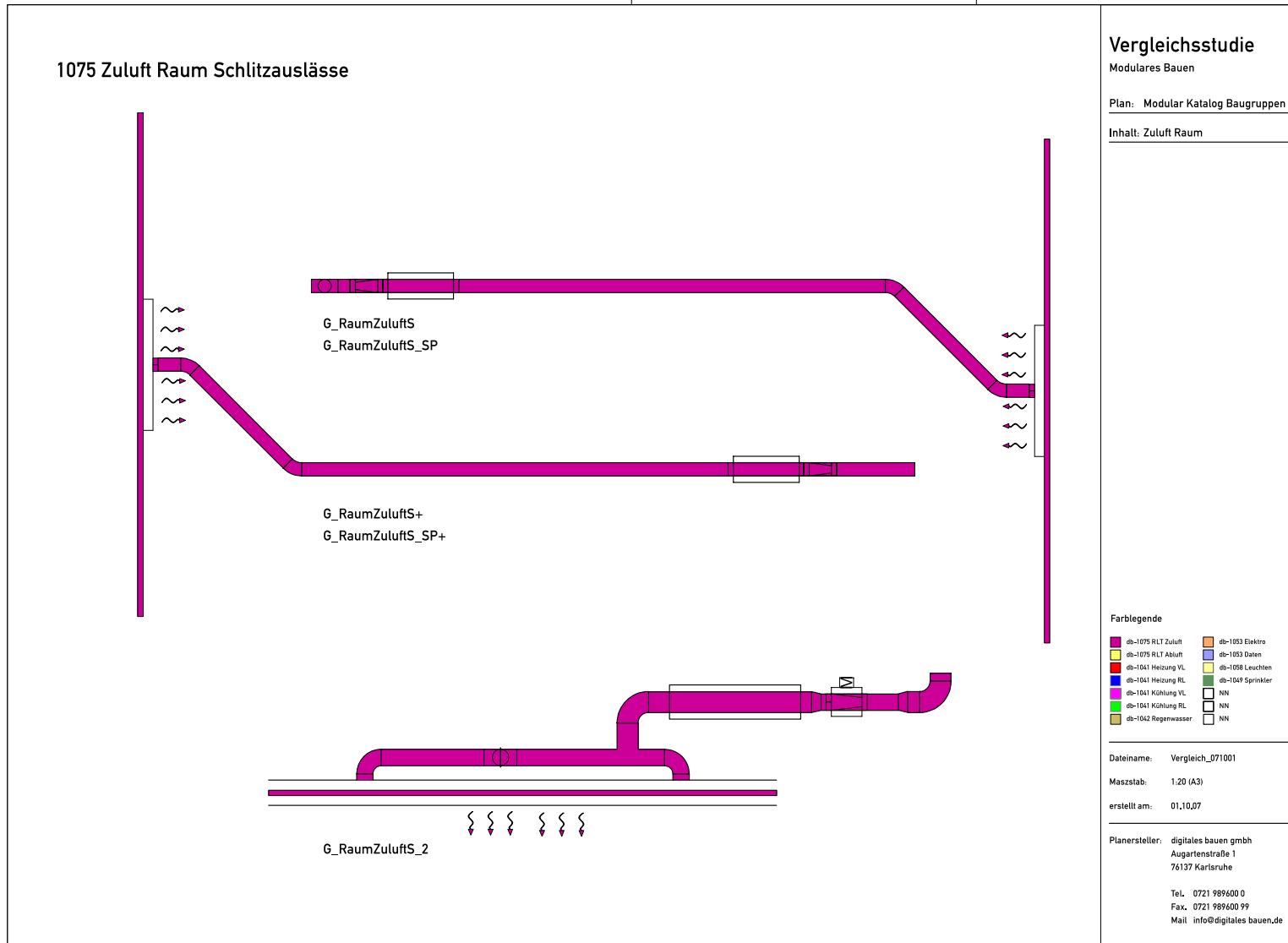
Masstab: 1:20 (A3)

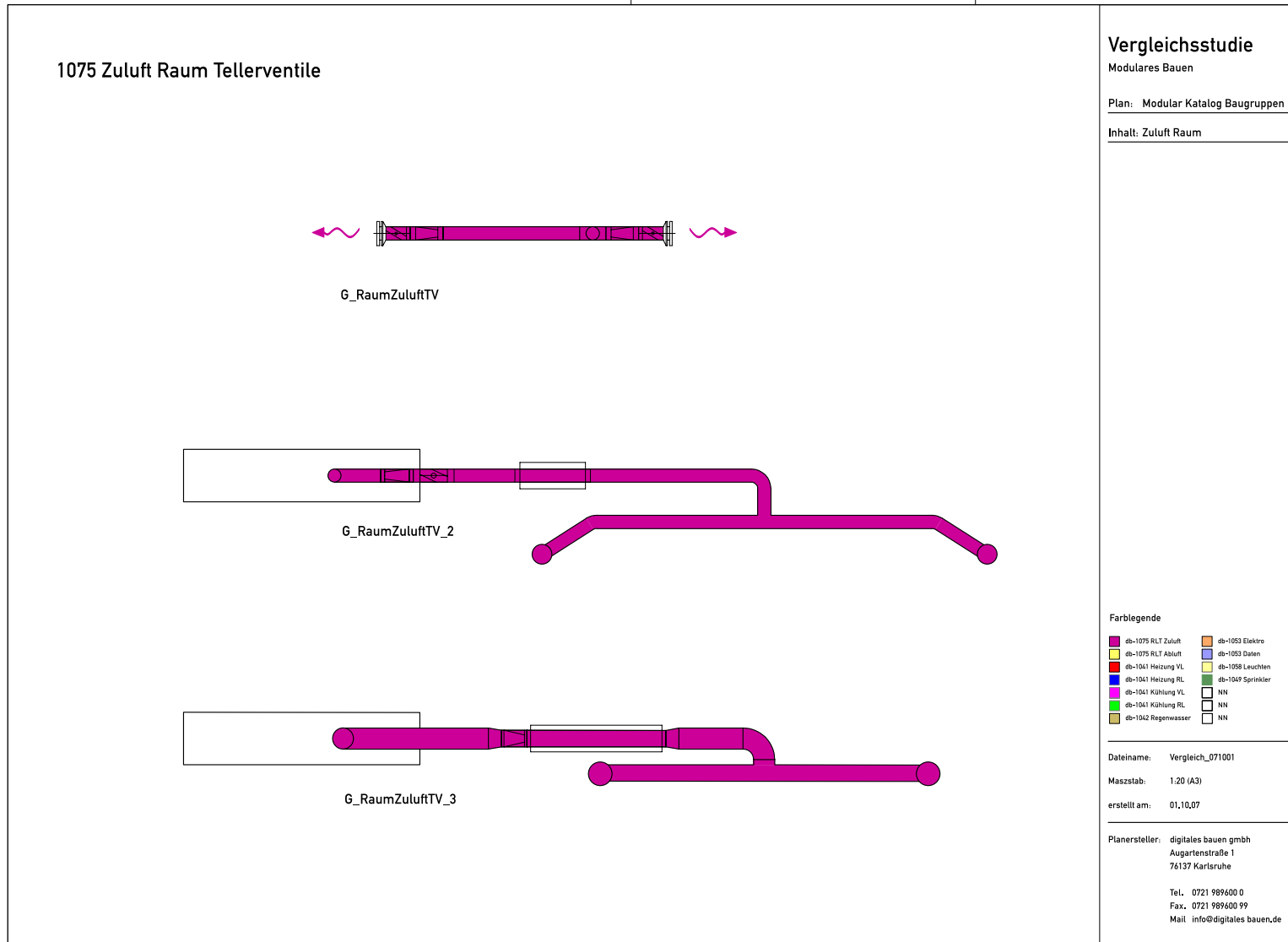
erstellt am: 01,10,07

---

Planersteller: digitales bauen gmbh  
Augartenstraße 1  
76137 Karlsruhe

Tel. 0721 989400 0  
Fax. 0721 989400 99  
Mail info@digitales bauen.de

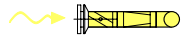




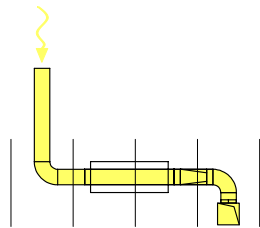




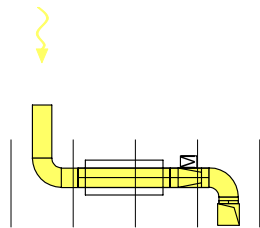
## 1075 Abluft Raum



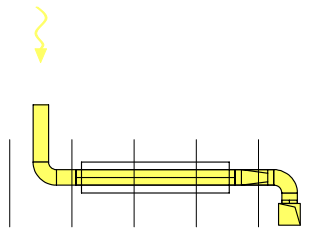
G\_RaumAbluftTV



G\_RaumAbluft100\_50  
G\_RaumAbluft100\_50SP (gespiegelte Variante)



G\_RaumAbluft125\_50



G\_RaumAbluft100  
G\_RaumAbluft100SP (gespiegelte Variante)

### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modular Katalog Baugruppen

Inhalt: Abluft Raum

#### Farblegende

db-1075 RLT Zuluft	db-1053 Elektro
db-1075 RLT Abluft	db-1053 Daten
db-1041 Heizung VL	db-1058 Leuchten
db-1041 Heizung RL	db-1047 Sprinkler
db-1041 Kühlung VL	NN
db-1041 Kühlung RL	NN
db-1042 Regenwasser	NN

Dateiname: Vergleich\_071001

Masstab: 1:20 (A3)

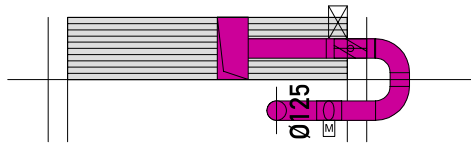
erstellt am: 01,10,07

Planersteller: digitales bauen gmbh  
Augartenstraße 1  
76137 Karlsruhe

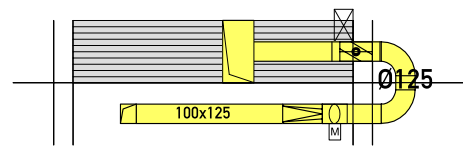
Tel. 0721 9996000  
Fax. 0721 99960099  
Mail info@digitales bauen.de



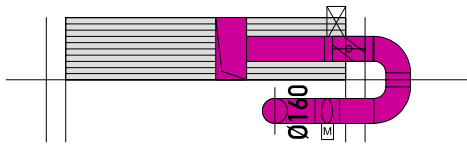
## 1075 Entrauchung



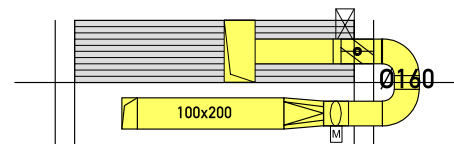
G\_entrauchung125ZL



G\_entrauchung125AL



G\_entrauchung160ZL



G\_entrauchung160ZL

### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modular Katalog Baugruppen

Inhalt: Entrauchung

#### Farblegende

<span style="color: pink;">■</span> db-1075 RLT Zuluft	<span style="color: orange;">■</span> db-1053 Elektro
<span style="color: yellow;">■</span> db-1075 RLT Abluft	<span style="color: blue;">■</span> db-1053 Daten
<span style="color: red;">■</span> db-1041 Heizung VL	<span style="color: lightgreen;">■</span> db-1058 Leuchten
<span style="color: blue;">■</span> db-1041 Heizung RL	<span style="color: green;">■</span> db-1047 Sprinkler
<span style="color: magenta;">■</span> db-1041 Kühlung VL	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> NN
<span style="color: green;">■</span> db-1041 Kühlung RL	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> NN
<span style="color: brown;">■</span> db-1042 Regenwasser	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> NN

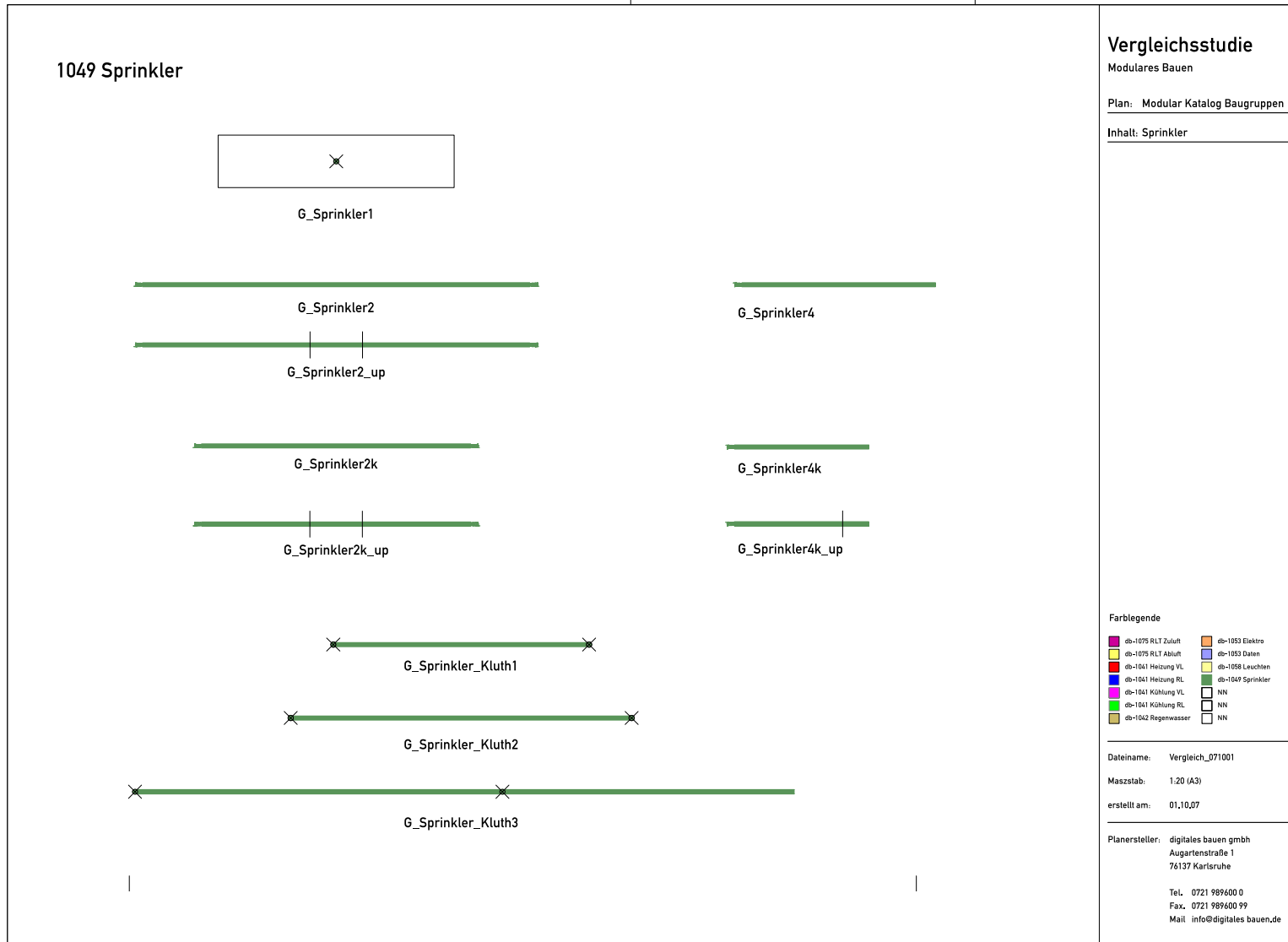
Dateiname: Vergleich\_071001

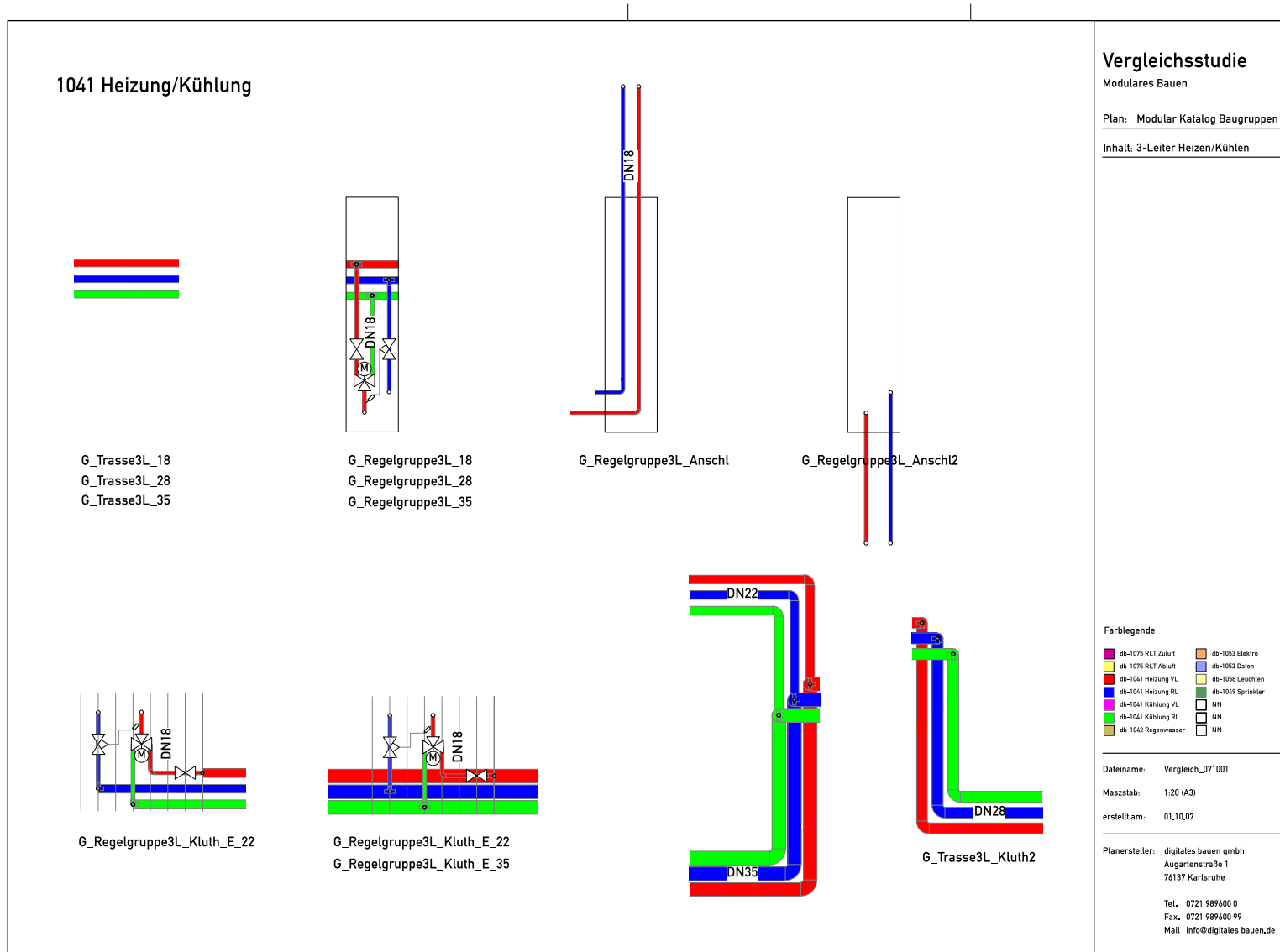
Masstab: 1:20 (A3)

erstellt am: 01\_10\_07

Planersteller: digitales bauen gmbh  
Augartenstraße 1  
76137 Karlsruhe

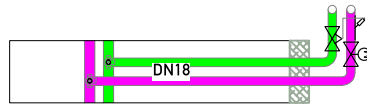
Tel. 0721 989400 0  
Fax. 0721 989400 99  
Mail info@digitales bauen.de







## 1041 Kühlung



G\_RegelgruppeKL\_Anschl\_22  
G\_RegelgruppeKL\_Anschl\_28



G\_TrasseKL\_22  
G\_TrasseKL\_28  
G\_TrasseKL\_35



G\_RegelgruppeKL\_Anschl SP 35

### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modular Katalog Baugruppen

Inhalt: Kühlen

#### Farblegende

db-1075 RLT Zuluft	db-1053 Elektro
db-1075 RLT Abluft	db-1053 Daten
db-1041 Heizung VL	db-1058 Leuchten
db-1041 Heizung RL	db-1047 Sprinkler
db-1041 Kühlung VL	NN
db-1041 Kühlung RL	NN
db-1042 Regenwasser	NN

Dateiname: Vergleich\_071001

Masstab: 1:20 (A3)

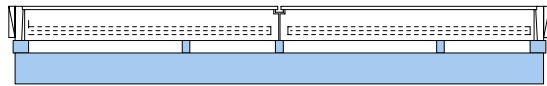
erstellt am: 01.10.07

Planersteller: digitales bauen gmbh  
Augartenstraße 1  
76137 Karlsruhe

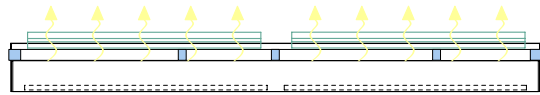
Tel. 0721 989600 0  
Fax. 0721 989600 99  
Mail info@digitales bauen.de



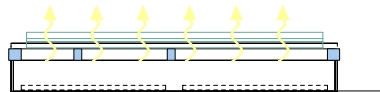
## 5031 Fassade



G\_Fassade1



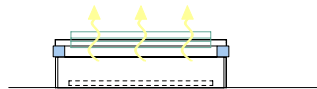
G\_Fassade2



G\_Fassade3



G\_Fassade3\_SP



G\_Fassade4















### Vergleichsstudie

Modulares Bauen

Plan: Modular Katalog Baugruppen

Inhalt: Fassade

#### Farblegende

 db-1075 RLT Zuluft	 db-1053 Elektro
 db-1075 RLT Abluft	 db-1053 Daten
 db-1041 Heizung VL	 db-1098 Leuchten
 db-1041 Heizung RL	 db-1047 Sprinkler
 db-1041 Kühlung VL	 NN
 db-1041 Kühlung RL	 NN
 db-1042 Regenwasser	 NN

Dateiname: Vergleich\_071001

Masstab: 1:20 (A3)

erstellt am: 01,10,07

Planersteller: digitales bauen gmbh  
 Augartenstraße 1  
 76137 Karlsruhe

Tel. 0721 989400 0  
 Fax. 0721 989400 99  
 Mail info@digitales bauen.de