

Diplomarbeit

SANIERUNG EINER WERKHALLE ZUM ZWECKE DER UMNUTZUNG FÜR PRÜFTECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Vorgelegt am: 23.08.2010

Von: Kai Nitzsche
Lindenstraße 12
08371 Glauchau

Studiengang: Versorgungs- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Technische Gebäudesysteme

Seminargruppe: VU 07/1

Matrikelnummer: 4070172

Praxispartner: DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
Halsbrücker Straße 34
D-09599 Freiberg

Gutachter: Dipl.-Ing. (BA) Markus Ranneberg
(DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg)

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Franz
(Staatliche Studienakademie Glauchau)

Freigabeerklärung

Hiermit erklären wir uns einverstanden das die Diplomarbeit des Studenten

Name Vorname: Kai Nitzsche

SG: VU 07/1

Zur öffentlichen Einsichtnahme durch den Dokumentenserver der Bibliothek der Staatlichen Studienakademie Glauchau bereitgestellt wird.

Thema der Arbeit:

SANIERUNG EINER WERKHALLE ZUM

ZWECKE DER UMNUTZUNG FÜR

PRÜFTECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Freiberg, 20.08.2010

Ort, Datum



Unterschrift Student

DBI - Gastechnologische
Institut gGmbH Freiberg
Halsbrücker Straße 34
D-09599 Freiberg
Tel. +49 (0) 3731 4195310
Fax +49 (0) 3731 4195319


Stempel, Unterschrift Bildungsstätte

Studienrichtung Versorgungs- und Umwelttechnik

Themenblatt Diplomarbeit

Student: **Nitzsche, Kai** SG: **VU07/1** Matr.-Nr.: **4070172**

Bildungsstätte: DBI Gasttechnologisches Institut GmbH Freiberg

Anschrift: Halsbrücker Straße 34
09599 Freiberg

Gutachter/Betreuer: Herr Dipl.-Ing. Markus Ranneberg

Gutachter (Studienakademie): Herr Dipl.-Ing. Jürgen Franz

Thema der Diplomarbeit

Sanierung einer Werkhalle zum Zweck der Umnutzung für prüftechnische Anforderungen

Bearbeitungsschwerpunkte:

- Planung der Medienversorgung
- Erstellung eines Bauablaufplanes
- Ermittlung möglicher Energieeinsparung durch Umgestaltung der Fassade
- Energetisch sinnvolle Temperierung der Halle zur Frostfreihaltung

Ausgabe des Themas: **24. Mai 2010**

Abgabe der Arbeit an die SR am: **23. August 2010**


Prof. Jürgen Löffler
Leiter des Studienganges
Versorgungs- und Umwelttechnik

Berufsakademie Sachsen
Staatl. Studienakademie Glauchau
Kopernikusstraße 51
08371 Glauchau
Tel. (0 37 63) 173 - 142
Fax (0 37 63) 173 - 163

www.ba-glauchau.de



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	VI
Formelverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	X
Formelzeichenverzeichnis	XI
1. Einführung	1
1.1. Allgemeines	1
1.2. Beschreibung des Objektes	2
1.3. Zielstellung der Arbeit	4
2. Konzipierung des Anlagensystems zur Beheizung des Hallenbereiches 2	5
2.1. Systemvergleich und Systemauswahl	5
2.1.1. Grundlagen	5
2.1.2. Luftheizung	6
2.1.3. Strahlungsheizung	7
2.1.4. Vorauswahl eines projektspezifischen Anlagensystems	12
2.2. Ermittlung der Heizlast nach DIN EN 12831	15
2.2.1. Grundlagen	15
2.2.2. Wärmedurchgangskoeffizienten	17
2.2.3. Gebäudekenngrößen und Auslegungstemperaturen	29
2.2.4. Norm- Transmissionswärmeverluste	33
2.2.5. Norm-Lüftungswärmeverlust	36
2.2.6. Aufheizleistung	38
2.2.7. Norm-Heizlast	38
2.3. Konzipierung eines projektspezifischen Anlagenkonzeptes	39
2.3.1. Prüfraum	39

2.3.2. Halle 2.....	50
3. Energetische Optimierung des Hallenbereiches durch bauphysikalische Änderung der Umschließungsflächen.....	52
3.1. Grundlagen.....	52
3.2. Bauliche Änderungen	53
3.3. Gegenüberstellung der Transmissionswärmeverluste.....	57
4. Konzipierung der Medienversorgung.....	59
4.1. Gasversorgung	59
4.1.1. Dimensionierung der Gasanschlussstrecke	59
4.1.2. Einbauteile	60
4.2. Wasserversorgung	64
4.3. Entwässerung.....	68
5. Bauablaufplan	69
6. Zusammenfassung	70
Literatur- und Quellenverzeichnis	XVII
Anlagenverzeichnis	XXI
Ehrenwörtliche Erklärung.....	XXXII

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Gebäudekomplex des Deutschen Brennstoffinstituts	2
Abbildung 2: Warmluftzerzeuger mit atmosphärischem Gasbrenner und Axialventilator	6
Abbildung 3: Gas- Infrarotstrahler	9
Abbildung 4: Aufbau eines Dunkelstrahlers.....	11
Abbildung 5: Temperaturverlauf innerhalb der Außenwand des Prüfraumes.....	26
Abbildung 6: Verlauf des Sättigungsdampfdruckes und des Partialdruckes innerhalb der mehrschichtigen Außenwand	26
Abbildung 7: Temperaturverlauf innerhalb der Außenwand des Prüfraumes in der Verdunstungsperiode	28
Abbildung 8: Verlauf des Sättigungsdampfdruckes und des Partialdruckes innerhalb der mehrschichtigen Außenwand	28
Abbildung 9: Prozentualer Anteil der Wärmeverluste	53
Abbildung 10: Außenfassade des Objektes in Südostausrichtung	54
Abbildung 11: Gassicherheitsventil VG für niedrige Betriebsdrücke.....	62
Abbildung 12: Auswahldiagramm Gasdruckregler VGBF...10	63
Tabelle 1: Übersicht der Schichtdicke und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit für die Außenwände	18
Tabelle 2: Übersicht der projektspezifischen U-Werte	21
Tabelle 3: Wasserdampfteildrücke der Innen- bzw. Außenluft.....	27
Tabelle 4: Temperaturreduktionsfaktoren zu Räumen unterschiedlicher Temperatur (Bezugsraum Hallenbereich 2).....	35
Tabelle 5: Temperaturreduktionsfaktoren zu Räumen unterschiedlicher Temperatur (Bezugsraum Prüfraum).....	35
Tabelle 6: gewählte Heizkörperabmessung und resultierende Wärmeleistung bei 70/55/20 °C.....	41

Tabelle 7:	Druckverlust des geraden Rohres zum Heizkörper 2	45
Tabelle 8:	Gesamtdruckverlust des Leitungsweges über den Heizkörper 2.....	46
Tabelle 9:	Übersicht über Veränderungen im Bereich der Tore/Türen.....	56
Tabelle 10:	Vergleich des Transmissionswärmeverlustes der geplanten zu verändernden Bauteilflächen.....	57
Tabelle 11:	vorhandenes Rohrreibungsdruckgefälle des ungünstigsten Leitungsweges	66
Tabelle 12:	Einzelwiderstände des ungünstigsten Leitungsweges	67

Formelverzeichnis

Formel 1:	operative Raumtemperatur.....	8
Formel 2:	Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand.....	19
Formel 3:	Wärmedurchlasswiderstand von Bauteilen.....	22
Formel 4:	Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteiles.....	23
Formel 5:	Wasserdampfdruck.....	26
Formel 6:	Wirksame Speicherfähigkeit.....	30
Formel 7:	Thermische Zeitkonstante.....	30
Formel 8:	Temperaturdifferenz innen - außen.....	31
Formel 9:	Norm- Transmissionswärmeverlust eines Raumes i.....	33
Formel 10:	Transmissionswärmeverlustkoeffizient nach außen.....	34
Formel 11:	Transmissionswärmeverlust nach außen.....	34
Formel 12:	Temperaturreduktionsfaktor.....	34
Formel 13:	Transmissionswärmeverlustkoeffizient zwischen zwei beheizten Räumen.....	35
Formel 14:	Transmissionswärmeverlust zwischen zwei beheizten Räumen.....	36
Formel 15:	Norm-Lüftungswärmeverlust eines Raumes i.....	36
Formel 16:	Lüftungswärmeverlustkoeffizient.....	36
Formel 17:	Mindest- Luftvolumenstrom des Raumes.....	37
Formel 18:	Wärmeverlust aus Mindest-Lüftungsvolumenstrom.....	37
Formel 19:	Luftvolumenstrom des Raumes über Infiltrationen.....	37
Formel 20:	Wärmeverlust aus Infiltrationen.....	37
Formel 21:	Norm- Heizlast eines Raumes.....	38
Formel 22:	Norm- Heizlast eines Gebäudes.....	38
Formel 23:	Übertragungsleistung der Heizflächen.....	41
Formel 24:	Heizmittelmassenstrom.....	41

Formel 25:	Dichte eines Stoffes	42
Formel 26:	Notwendiger Volumenstrom des Heizmittels	42
Formel 27:	Kontinuitätsgleichung	42
Formel 28:	Innendurchmesser der Rohrleitung	42
Formel 29:	Reale Strömungsgeschwindigkeit	43
Formel 30:	Druckverlust des geraden Rohres	44
Formel 31:	Korrekturfaktor bei abweichender Heizwassertemperatur	44
Formel 32:	Druckverlust aus Einzelwiderständen	45
Formel 33:	Druckverlust über Thermostatventil	46
Formel 34:	Umtriebsdruck der Heizkreispumpe	48
Formel 35:	Notwendiger Ventilkennwert	49
Formel 36:	Anschlusswert	59
Formel 37:	Gesamtdruckverlust der ungünstigsten Wasserstrecke	67

Abkürzungsverzeichnis

DBI	Deutsches Brennstoffinstitut
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
EnEV	Energieeinsparverordnung
gGmbH	gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
VOB	Vergabeordnung für Bauleistungen
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
TO	Teilobjekt
DN	Nennweite

Formelzeichenverzeichnis

Formelzeichen	Einheit	Erläuterung
t_R	[K]	Operative Raumtemperatur
t_L	[°C]	Lufttemperatur
t_S	[°C]	Strahlungstemperatur
λ	[W/mK]	Wärmeleitfähigkeit
λ_{RL}	-	Rohrreibungsbeiwert
s	[m]	Schichtdicke
R_T	[(m²K)/W]	Wärmedurchlasswiderstand
R_{si}	[m²K/W]	innerer Wärmeübergangswiderstand
R_{se}	[m²K/W]	äußerer Wärmeübergangswiderstand
R	[Pa/m]	Rohrreibungsdruckgefälle
p/p_x	[Pa]	Wasserdampfteildruck
p_i	[Pa]	Wasserdampfteildruck innen
p_e	[Pa]	Wasserdampfteildruck außen
p_s	[Pa]	Wasserdampfsättigungsdruck
φ	[%]	Relative Feuchte
φ_i	[%]	Relative Feuchte innen

φ_e	[%]	Relative Feuchte außen
A	[m ²]	Fläche (allgemein)
A_k	[m ²]	Fläche der betreffenden inneren Umschließungsfläche
U	[W/m ² K]	Wärmedurchgangskoeffizient
U_k	[W/m ² K]	Wärmedurchgangskoeffizient der betreffenden inneren Umschließungsfläche
ΔU_{WB}	[W/m ² K]	Wärmebrückenzuschläge
$\Delta\vartheta$	[K]	Temperaturdifferenz
$\Delta\vartheta_{ie}$	[K]	Norm-Temperaturdifferenz (innen- außen)
$\Delta\vartheta_K$	[K]	Temperaturdifferenz für Kühllastfall
ϑ_i	[°C]	Innentemperatur
ϑ_e	[°C]	Außentemperatur
$\vartheta_{i,j}$	[°C]	Innentemperatur des benachbarten Raumes
$\vartheta_{i,i}$	[°C]	Innentemperatur des betrachteten Raumes
$\vartheta_{m,e}$	[°C]	Jahresmittel der Außentemperatur
$\vartheta_{Tabelle}$	[°C]	Bezugstemperatur für die Tabellenwerte
$\vartheta_{vorhanden}$	[°C]	Vorhandene Heizwassertemperatur
f_{ij}	-	Temperaturreduktionsfaktor
f	-	Korrekturfaktor

H_T	[W/K]	Transmissionswärmeverlustkoeffizient
H_V	[W/K]	Lüftungswärmeverlustkoeffizient
$H_{V,i}$	[W/K]	Norm-Lüftungswärmeverlustkoeffizient eines speziellen Raums
$H_{T,ie}$	[W/K]	Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes durch die Gebäudehülle an die äußere Umgebung
$H_{T,e}$	[W/K]	Transmissionswärmeverlust an die äußere Umgebung
$H_{T,ij}$	[W/K]	Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes an einen benachbarten Raum mit anderer Innentemperatur
$H_{T,iue}$	[W/K]	Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes durch einen unbeheizten Raum an die äußere Umgebung
$H_{T,ig}$	[W/K]	Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes an das Erdreich
H_{Abs}	[W/K]	Summe der Wärmeverlustkoeffizienten während der Absenkung
ρ	[kg/m ³]	Rohdichte
ρ_m	[kg/m ³]	Mittlere Dichte
τ	[h]	Thermische Zeitkonstante
C_{wirk}	[Wh/K]	Thermische Speicherfähigkeit
V_e	[m ³]	Brutto- Raum bzw. Gebäudevolumens
V	[m ³]	Netto-Gebäudevolumen

V_i	$[m^3]$	Raumvolumen eines speziellen Raumes
\dot{V}_{therm}	$[m^3/h]$	thermisch relevante Volumenstrom
\dot{V}_{min}	$[m^3/h]$	Mindest-Luftvolumenstrom (allgemein)
$\dot{V}_{\text{min},i}$	$[m^3/h]$	Mindest-Luftvolumenstrom eines speziellen Raumes
$\dot{V}_{\text{inf},i}$	$[m^3/h]$	Luftvolumenstrom über Infiltrationen durch die Gebäudehülle eines speziellen Raumes
\dot{V}	$[m^3/h]$	Volumenstrom
\dot{V}_A	$[m^3/h]$	Anschlusswert
n_{Abs}	$[h^{-1}]$	Außenluftwechsel während der Absenkung
n_{50}	$[h^{-1}]$	natürlicher Luftwechsel
n_{min}	h^{-1}	Mindestluftwechsel
e	-	Abschirmungskoeffizienten
ε	-	Höhenkorrekturfaktoren
Φ_T	$[W]$	Norm-Transmissionswärmeverlust
$\Phi_{T,i}$	$[W]$	Norm-Transmissionswärmeverlust eines speziellen Raumes
$\Phi_{T,ie}$	$[W]$	Norm-Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes nach außen
$\Phi_{T,e}$	$[W]$	Norm-Transmissionswärmeverlust nach außen
$\Phi_{V,i}$	$[W]$	Norm-Lüftungswärmeverlust eines speziellen Raumes

$\Phi_{V,\min}$	[W]	Wärmeverlust aus Mindestlüftungsvolumenstrom
$\Phi_{V,\inf}$	[W]	Wärmeverlust aus Infiltrationen
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Norm-Heizlast eines Raumes
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Aufheizleistung eines speziellen Raumes
\dot{Q}	[W]	Übertragungsleistung
\dot{Q}_{NB}	[W]	Nennwärmebelastung
$H_{i,B}$	[kWh/m ³]	Betriebsheizwert
c	[kJ/(kgK)]	Spezifische Wärmekapazität
\dot{m}	[kg/h]	Massenstrom
d_i	[m]	Innendurchmesser
w	[m/s]	Strömungsgeschwindigkeit
w_{real}	[m/s]	Reale Strömungsgeschwindigkeit
l	[m]	Leitungslänge
d	[m]	Durchmesser
Δp_Z	[Pa]	Druckverlust aus Einzelwiderständen
Δp_{TS}	[Pa]	Druckverlust der Teilstrecke
Δp_{HK}	[Pa]	Druckverlust über den Heizkörper
Δp_V	[Pa]	Druckverlust über das Heizkörperventil

Δp_{RLV}	[Pa]	Druckverlust über die Rücklaufverschraubung
Δp_U	[Pa]	Umtriebsdruck der Pumpe
Δp_{LW2}	[Pa]	Druckverlust des Leitungsweges 2
$\Delta p_{1/2}$	[Pa]	Druckdifferenz zwischen Heizkörper 1 und 2
Δp_{geo}	[Pa]	Druckverlust aus geodätischer Höhe
Δp_{RL}	[Pa]	Druckverlust der Rohrleitung
Δp_{minFl}	[Pa]	Mindestfließdruck
l	[m]	Leitungslänge
ζ	-	Widerstandsbeiwert
X_p	-	Regelabweichung
k_V	[m/s]	Ventilkennwert

1. Einführung

1.1. Allgemeines

Die DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg, unter deren Anleitung die vorliegende Diplomarbeit entstand, wurde 1998 als Tochterunternehmen der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH gegründet. Das Mutterunternehmen ging 1991 aus den gastechnischen Abteilungen des Deutschen Brennstoffinstituts Freiberg hervor. Beide Unternehmen etablierten sich im Bereich der Forschung und Entwicklung am Standort Freiberg.

Die DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg (nachfolgend als DBI bezeichnet) umfasst die Bereiche der Gasförderung, des Gastransportes, sowie die Gasverwendung. Das integrierte DVGW- Prüflaboratorium Energie beschäftigte sich ursprünglich mit der Durchführung von Baumusterprüfungen im Bereich der Gasanwendung und Gasverteilung. Aufgrund der wirtschaftlichen und technischen Entwicklung werden heute jedoch, neben gastechnischen Geräten und Ausrüstungsteilen, auch Geräte, die mit flüssigen und festen Brennstoffen betrieben werden können, durch das zertifizierte Prüflaboratorium geprüft und überwacht. Aufgrund des wachsenden Tätigkeitsfeldes und der immer weiter voranschreitenden Schaffung von international anerkannten Richtlinien, Normen und Zertifizierungsprogrammen wird es notwendig, auch die zur Prüfung erforderlichen Prüfgeräte und -einrichtungen immer auf dem aktuellen Stand zu halten. Das bedeutet, dass auch die eingesetzten Prüfstände nach den derzeit gültigen Normen und Regeln der Technik ausgeführt sein müssen.

Um dies realisieren zu können, müssen bereits vorhandene Prüfmöglichkeiten stetig erweitert bzw. neue Kapazitäten geschaffen werden. Der damit einher gehende Platzbedarf macht es notwendig, bereits bestehende Gebäudeteile des ehemaligen Deutschen Brennstoffinstituts Freiberg zu sanieren und den prüftechnischen Anforderungen anzupassen. Diese Sanierung bildet somit den Ausgangspunkt für die vorliegende Diplomarbeit.

1.2. Beschreibung des Objektes

Bei dem zu bearbeitenden Gebäude (TO 4 in Abbildung 1) handelt es sich um ein Mehrzweckgebäude, welches sich mit weiteren in den Immobilienkomplex des Deutschen Brennstoffinstitutes (Abbildung 1) integriert. Errichtet wurde der Komplex 1956 als Kohleforschungsinstitut. Ab 1969 entwickelten sich die Forschungsbereiche als Forschungszentrum des Gaskombinates Schwarze Pumpe in Richtung der Gaserzeugung, -fortleitung, -speicherung und der Kerntechnik. Nach der politischen Wende 1989 ging das Brennstoffinstitut in privaten Besitz über und wurde zum Standort verschiedenster Firmen. Ab 1996 wurde begonnen, die auf die ursprünglichen Themenbereiche angepasste Struktur der Gebäude hinsichtlich des Aufbaus und der Nutzung zu sanieren und den Immobilienkomplex zum Gewerbepark umzustrukturieren. Auch mit der Sanierung der Mehrzweckgebäude wurde bereits begonnen, wobei sich der größere Teil noch im Urzustand von 1956 befindet.

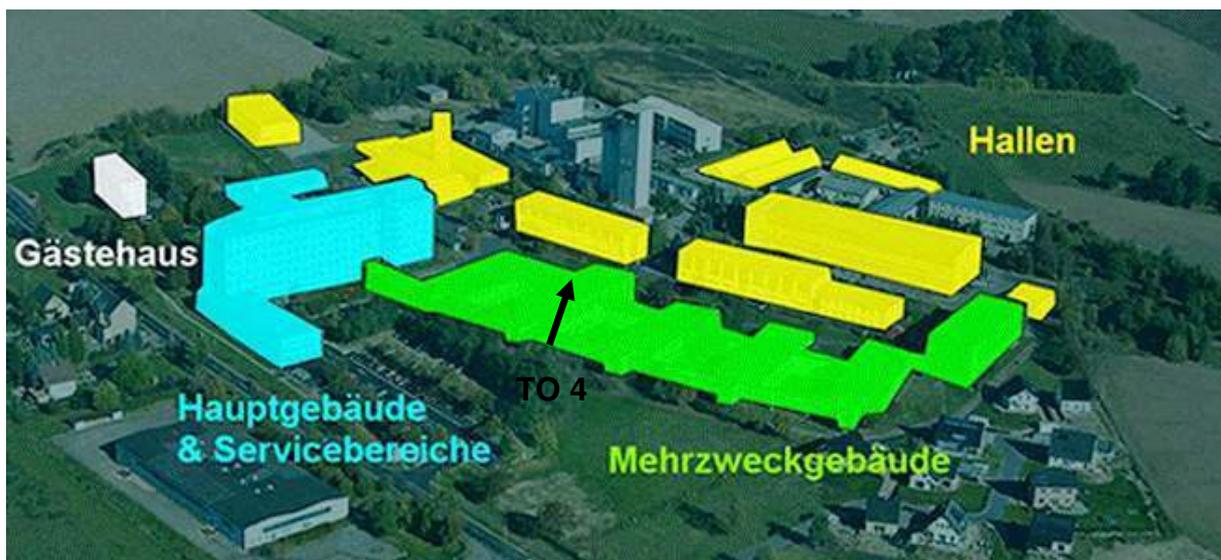


Abbildung 1: Gebäudekomplex des Deutschen Brennstoffinstituts

(Quelle: <http://www.saxonia-freiberg.de/csdata/pics/content/270.gif>)

Verwaltet wird das Gesamtareal mit den vorhandenen Gebäuden durch die Deutsche Brennstoffinstitut Vermögensverwaltungs-GmbH.

Wie bereits erwähnt, befindet sich der überwiegende Teil der Mehrzweckgebäude noch im Urzustand. Dies gilt auch für das durch die DBI- Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg angemietete Teilobjekt 4. (TO 4 Abbildung 1) Dieses wurde bereits mit der Ansiedlung des DVGW- Prüflaboratoriums Energie im Jahre 2000 von seiner

ursprünglichen Nutzung entbunden, aber eine grundlegende Sanierung erfolgte damals noch nicht.

Das Objekt lässt sich im Wesentlichen in zwei Bereiche gliedern. Im Untergeschoss befinden sich verschiedene Büro- und Laborräume. Das Obergeschoss hingegen besteht aus einem Hallenkomplex, der sich in drei separate Hallenbereiche teilen lässt. (Siehe Zeichnung Nr. 1 Anlage A14). Wie man aus der Zeichnung Nr. 1 ebenfalls erkennen kann schließt sich an den Hallenbereich 1 noch ein ehemaliger Speicherraum an, welcher sich über zwei Etagen erstreckt, sowie weitere Räumlichkeiten, die den Kopfbau des Objektes bilden.

Somit ergeben sich für die Sanierungsarbeit fünf wesentliche Komplexe:

- Sanierung des Untergeschosses mit den darin befindlichen Büro- und Laborräumen und Schaffung der Prüfmöglichkeiten für die Prüfung von Gasgeräten
- Sanierung des Hallenteiles 1 unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Prüfung von Geräten für feste Brennstoffe
- Sanierung des ehemaligen Speicherraumes und Anpassung auf die Anforderungen zur Aufstellung einer Biogastechnischen Anlage.
- Sanierung des Hallenteiles 2 unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Prüfung von Armaturen und Druckgeräten
- Sanierung des Hallenteiles 3 und Umgestaltung auf forschungs- und entwicklungstechnische Aufgabenbereiche

Begonnen wurde mit der Sanierung 2008 im Bereich des Untergeschosses. Dieser erste Bauabschnitt wurde Anfang 2010 fertiggestellt. Nun soll mit der abschnittswisen Umgestaltung der weiteren vier Komplexe fortgefahen werden.

Wie erwähnt, wurden Teile des beschriebenen Objektes schon von ihrer ursprünglichen Nutzung entbunden und an neue Zwecke angepasst. In diesem Zusammenhang wurde ein Teil des Hallenbereiches 2 von dem Rest durch ein Trockenbausystem abgegrenzt und als Prüfraum genutzt. Dieser geschaffene Raum sollte auch nach der Sanierung vorhanden bleiben und weiter zur Prüfung genutzt werden.

Der restliche Hallenbereich befindet sich bautechnisch noch im Urzustand von 1956 und muss vor Beginn der Sanierungsarbeiten von den Resten der ursprünglichen Nutzung befreit werden.

1.3. Zielstellung der Arbeit

Primär erfolgt die Sanierung des Teilobjektes 4 im Auftrag der Deutsches Brennstoffinstitut Vermögensverwaltungs-GmbH mit dem Ziel bereits bestehende Gebäudeteile des Immobilienkomplexes Deutsches Brennstoffinstitut Freiberg zu sanieren und auf die speziellen Anforderungen der DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg anzupassen. Da auch bereits vorhandene Prüf- und Messeinrichtungen mit in das neu gestaltete Objekt integriert werden sollen, ist es notwendig, die Sanierung abschnittsweise durchzuführen, um einen nahtlosen Übergang gewährleisten zu können. Um dies zu realisieren, muss eine genaue Planung durchgeführt werden. Diese und die Umbaumaßnahmen selbst erfolgen in ständiger Zusammenarbeit der beiden Firmen, um die Interessen zu wahren. Ziel dieser Arbeit ist es, die planungstechnischen Aspekte für den Hallenbereich 2 darzustellen. Die weiteren Bauabschnitte sind dabei nicht Bestandteil der Arbeit und bleiben daher auch unberücksichtigt. Im Wesentlichen lässt sich die Arbeit in vier Schwerpunkte unterteilen. Zu Beginn der Arbeit geht es darum, ein energetisch sinnvolles Heizkonzept für den Hallenbereich 2 zu erarbeiten, welches es diesem ermöglicht, separat von den anderen Bereichen versorgt zu werden und eine Frostfreihaltung des selbigen realisiert. Dabei sollen verschiedene Systemvarianten an Hand ihrer theoretischen Grundlagen miteinander verglichen werden und nachfolgend für das vorliegende Objekt genau konzipiert werden. Um den notwendigen Energieaufwand so gering wie möglich zu halten, sollen im zweiten Schwerpunkt der Arbeit mögliche Umgestaltungsmaßnahmen an den Umschließungsflächen und die daraus resultierenden Energieeinsparungen, betrachtet werden. Es wird sich jedoch darauf beschränkt, die auftretenden wärmetechnischen Verluste in dem Hallenbereich zu minimieren. Eine kostenspezifische Betrachtung in Form eines Heizkosten-Nachweises ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

Weiterführend soll in der Arbeit die Konzipierung der Medienversorgung zu den einzelnen Versuchsständen dargelegt werden. Dabei sollen bauliche Gegebenheiten mit in die Betrachtung einfließen und es soll berücksichtigt werden, in wie weit diese in das neue Nutzungskonzept der Halle mit integriert werden können. Bei der Konzipierung der Medienversorgung werden die Auslegung der Trinkwasserleitung nach Anforderungen des DBI sowie die notwendige Gasversorgung der Halle 2 dargelegt.

Um die einzelnen Arbeiten zeitlich und logistisch genau planen zu können, soll im Rahmen dieser Arbeit auch ein Bauablaufplan erstellt werden, der die Umbaumaßnahmen einzelnen Losen zuordnet, um diese aufeinander abstimmen zu können.

2. Konzipierung des Anlagensystems zur Beheizung des Hallenbereiches 2

2.1. Systemvergleich und Systemauswahl

2.1.1. Grundlagen

Grundlegend muss für den Hallenbereich 2 eine Trennung zwischen dem Hallenbereich als solches und dem Prüfraum vorgenommen werden. Dies hängt im Wesentlichen mit dem geplanten Nutzungskonzept und der daraus resultierenden Raumtemperaturen zusammen. Der Hallenbereich soll nach den Sanierungsarbeiten als Aufstellungsort verschiedenster Prüfstände dienen und unterliegt nach Vorgaben der DBI- Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg keinen besonderen Anforderungen und kann somit bei der weiteren Betrachtung als Kalthalle angesetzt werden. Unter diesem Begriff versteht sich in dieser Arbeit eine Halle, für die in ihrer Gesamtheit nur eine Frostfreihaltung erfolgen muss. Für die Auswahl des Anlagensystems müssen daher nur die Mindesttemperatur am Arbeitsplatz sowie die baulichen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Für den separat abgetrennten Prüfraum hingegen gelten andere Anforderungen, da dieser eine von dem Bauherrn fest vorgegebene Auslegungstemperatur besitzt und sich in seiner baulichen Struktur wesentlich vom Hallenbereich unterscheidet.

Bei der Auswahl des geeigneten Systems für den Hallenbereich muss zwischen zwei Heizungsarten unterschieden werden, der Luftheizung und der Strahlungsheizung. Beide Systeme sollen im Folgenden kurz in ihrer klassischen Art vorgestellt und miteinander verglichen werden, um so eine projektspezifische Systemvariante erarbeiten zu können. Neuartige Systeme, wie zum Beispiel der Einsatz großflächiger Heiz- und/oder Kühlsysteme, sollen im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht genauer betrachtet werden, da sie im Zuge dieses Projektes von vorn herein als umsetzbare Lösungsvarianten entfallen. Speziell der Bereich der Betonkerntemperierung stellt keine wirtschaftlich sinnvolle Sanierungsmöglichkeit dar, da im Zuge der Sanierungsarbeiten keine großflächigen Umbauarbeiten am Baukörper selbst geplant sind. Diese wären jedoch notwendig, um ein solches Flächenkühl- und –Flächenheizsystem einsetzen zu können. Sie entfallen jedoch aufgrund des enormen investitionstechnischen Mehraufwandes und machen ein solches System vorab für dieses Projekt wirtschaftlich unrentabel.

Mögliche Systemvarianten zur Beheizung des Prüfraumes sollen im Folgenden zunächst noch unberücksichtigt bleiben und erst im Abschnitt 2.3. („Konzipierung eines projektspezifischen Anlagenkonzeptes“) genauer betrachtet werden.

2.1.2.Luftheizung

Bei der Luftheizung erfolgt die Erwärmung des Raumes auf den gewünschten Raumtemperaturzustand mit Hilfe warmer Luft. Dazu wird entsprechend den hygienischen Anforderungen entweder Außen- oder Raumluft angesaugt, auf den Sollzustand erwärmt und dem Raum zugeführt. Diese Erwärmung erfolgt entweder durch eine Direktbeheizung mit Öl- oder Gasbrennern oder über den Anschluss an eine Warmwasser- Zentralheizung. Bei der ersten Möglichkeit wird die angesaugte Kaltluft direkt an der Flamme eines Warmluftautomaten vorbeigeführt und dadurch auf das geforderte Temperaturniveau gebracht.



Abbildung 2: Warmlufterzeuger mit atmosphärischem Gasbrenner und Axialventilator

(Quelle: <http://ifk-hallenheizungen.de/resources/PAhome.jpg>)

Über Stahlblechrohe bzw. flexible Spiralblechrohre kann die Luft dann weiter verteilt werden oder sie wird direkt in den Raum geblasen. In diesem Fall ist kein zusätzliches Übertragermedium erforderlich, da die Luft direkt als Wärmeträger genutzt wird.

Bei größeren Anlagen werden dagegen Warmluft- Heizgeräte eingesetzt, die an eine Zentralheizung gekoppelt sind. In diesem Fall erfolgt keine direkte Übertragung, son-

dem es wird der Einsatz eines zusätzlichen Übertragermediums notwendig. Dieses Medium -im Regelfall Wasser- wird in einem Zentralgerät erwärmt und über Rohrleitungen bis zum Heizgerät transportiert. Hier erfolgt die Übertragung vom sekundärseitigen Medium auf die zu erwärmende Luft mit Hilfe eines Wärmeübertragers. In diesem Fall ist es aber zusätzlich notwendig, die vor- und rücklaufseitigen Leitungswege des Gerätes zu dämmen, um die Wärmeverluste möglichst gering zu halten. Bei Anlagen, wie sie im vorliegenden Projekt eingesetzt werden könnten, erfolgt die Versorgung mit Heißwasser.

Luftheizsysteme erwärmen nach ihrer Funktionsweise stets den gesamten Luftraum. Dies erfolgt durch die freie Konvektion, d.h. die erwärmte Luft wird dem Raum zugeführt und steigt aufgrund ihres Dichteunterschiedes auf. Dadurch tritt speziell bei großen Raumhöhen das Problem auf, dass sich eine Art Warmluftpolster unter dem Dach bildet. Das bedeutet, dass sich eine Temperaturschichtung einstellt und dem Raum große Wärmemengen zugeführt werden müssen, bis sich im Aufenthaltsbereich¹ die gewünschte Temperatur einstellt. Damit verbunden stellen sich zusätzliche Wärmeverluste ein. Diese entstehen aufgrund des hohen Temperaturniveaus unter der Dachhaut und dem daraus resultierenden großen Temperaturunterschied zwischen innen und außen. Nach dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik² stellt sich somit ein vergleichbar größerer Wärmestrom nach außen ein.

Des Weiteren kann es durch ein solches System zu Zugscheinungen im Aufenthaltsbereich kommen. Dies geschieht durch die sich einstellende Temperaturschichtung und die daraus entstehende Luftströmung. Diese kann dann zu einer erhöhten Strömungsgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich und damit zu einer Unbehaglichkeit führen.

Ein weiterer Punkt, der bei Luftheizsystemen beachtet werden muss, ist, dass durch die auftretende Luftströmung auch Stäube und Schmutzpartikel aufgewirbelt und verteilt werden. Dies ist besonders kritisch in Bereichen mit höheren Anforderungen an die Luftqualität zu betrachten.

¹ Hauptaufenthaltsbereich gewerblich oder industriell genutzter Großräume liegt dabei i.d.R. 2 m über dem Boden

² Wärme strömt stets vom höheren zum niederen Niveau

2.1.3.Strahlungsheizung

Anders als bei der Luftheizung erfolgt die Wärmeübertragung hier in Form von Strahlung. Dabei erfolgt keine direkte Erwärmung der Luft. Der Strahlungsanteil wirkt im Grunde nur auf den Menschen selbst und die ihn umgebenden Flächen bzw. Gegenstände ein. Trifft die durch elektromagnetische Wellen übertragene Strahlungswärme auf einen festen Gegenstand, so wird dadurch Wärme erzeugt. Diese wird wiederum von den Objekten selbst emittiert und erwärmt die Raumluft und den menschlichen Körper. Da diese Wärmestrahlung physiologisch als angenehm wahrgenommen wird, hat sie auch einen großen Einfluss auf die thermische Behaglichkeit.

Unter dem Begriff selbst versteht man ein Qualitätskriterium, welches dazu dient, Heizungssysteme hinsichtlich ihrer physiologischen Auswirkungen auf den menschlichen Körper zu bewerten. Dabei sind die Luftgeschwindigkeit, die relative Feuchte und die Raumtemperatur von wesentlicher Bedeutung. Die Raumtemperatur t_R wiederum wird durch die Lufttemperatur t_L und die Strahlungstemperatur t_S der Umgebung beeinflusst, wobei davon ausgegangen werden kann, dass der Wärmeaustausch zwischen Mensch und seiner Umgebung zu jeweils gleichen Teilen durch Konvektion und Strahlung erfolgt. Sie entspricht also der vom Menschen empfundenen Raumtemperatur und wird daher als operative Raumtemperatur bezeichnet. Damit lässt sich der in den DVGW- Arbeitsblättern G 638 (Heizungsanlagen mit Strahlungsheizungen) dargestellte Zusammenhang für die operative Raumtemperatur wie folgt darstellen:

$$t_R = \frac{t_L + t_S}{2}$$

Formel 1

Dieser Zusammenhang wird sich bei Strahlungsheizungen zu Nutzen gemacht, da davon ausgegangen werden kann das eine niedrige Lufttemperatur in einem gewissen Maße durch eine höher Strahlungstemperatur der Umgebung ausgeglichen werden kann und somit die empfundene Raumtemperatur konstant bleibt. In welchem Maße ein solcher Ausgleich möglich ist hängt davon ab wie gleichmäßig die Strahlungseinwirkung auf die Person erfolgt. Laut DVGW- Arbeitsblatt G 638/II sollte die Differenz zwischen den gemessenen Strahlungsintensitäten³ einen Wert von 200 W/m² nicht übersteigen.

³ Strahlungsintensität ist der leistungsmäßige Strahlungsanteil einer bestimmten Fläche bestimmter Ausrichtung.

Prinzipiell muss im Bereich der Hallenbeheizung zwischen drei Systemen der Strahlungsheizung unterschieden werden. Zum einen ist es das Dunkelstrahler- bzw. Hellstrahlersystem und zum anderen sind es die Strahlplattenheizungen. Die Systeme unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch ihre Oberflächentemperatur.

Hellstrahler

Hellstrahler werden in der Regel auch als Infrarotstrahler bezeichnet und sind ausschließlich Gas betrieben. Infrarotstrahlung ist allgemein auch als Wärmestrahlung bekannt und Teil der optischen Strahlung. Daher entstammt auch der Name der Geräte, da die Strahlung, wie in Abbildung 3 zu erkennen, über sichtbar rotglühende Keramikplatten abgegeben wird.

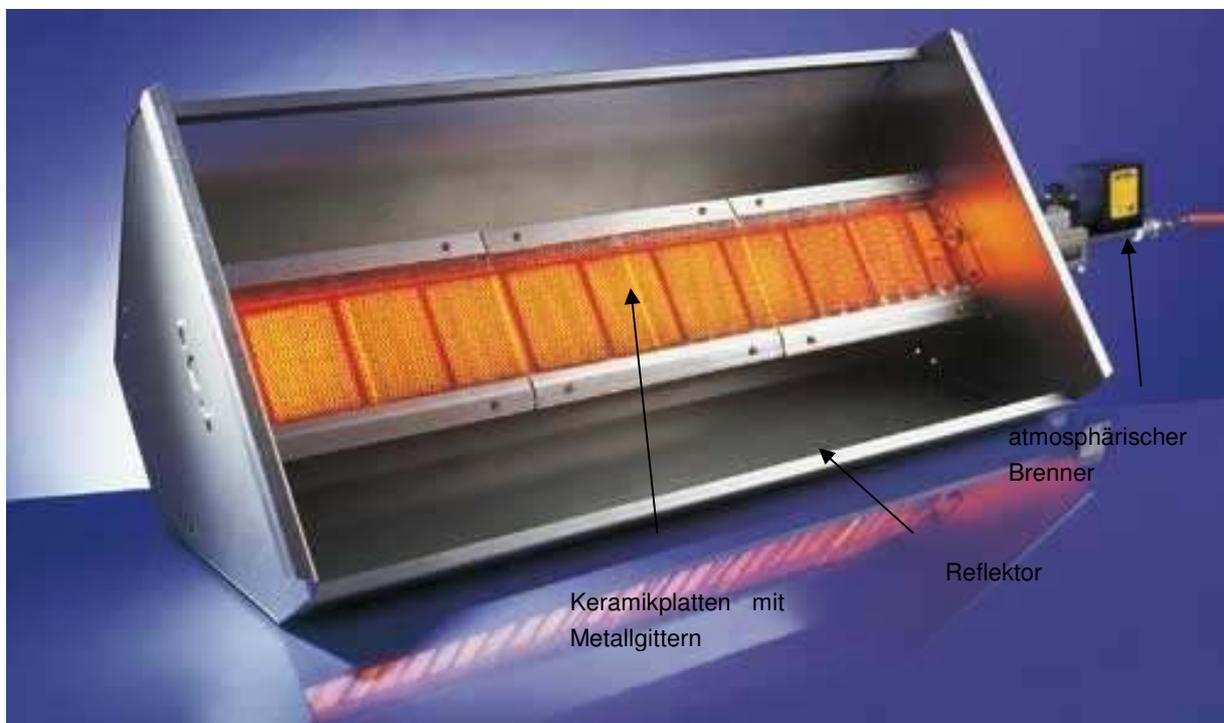


Abbildung 3: Gas- Infrarotstrahler

(Quelle: <http://www.gewea.de/images/produkte/gewea-hellstrahler.jpg>)

Sie arbeiten mit atmosphärischem Brenner, das bedeutet, sie besitzen kein Gebläse. Das Gas-Luftgemisch wird dabei im Strahler erzeugt, elektrisch gezündet und an der Oberfläche der Keramikplatten verbrannt. Durch die Vielzahl an Bohrungen in der Oberfläche der Platten stellt sich die glühende Oberfläche ein. Aufgrund ihrer hohen Oberflächentemperatur von ca. 900 °C werden sie vor allem zur Beheizung von Hallen bis zu 10 m Höhe verwendet. Dabei muss jedoch speziell im unteren Bereich der Aufhängöhe darauf geachtet werden, dass sich keine unzumutbare Wärmeeinwir-

kung auf Personen einstellt. Dazu werden im DVGW Arbeitsblatt G 638-1 Mindestabstände zu Strahlflächen in Abhängigkeit der Nennwärmebelastung angegeben. Ebenfalls gilt es bei der Aufstellung die in diesem Regelwerk definierten Abstände zu brennbaren Stoffen zu beachten.

Das bei der Verbrennung frei werdende Abgas wird im Regelfall indirekt abgeleitet. Dies erfolgt entweder über Dachventilatoren oder andere geeignete Öffnungen in den umschließenden Bauteilen, welche einen Frischluftanteil von mindestens 10 m³/h je kW Brennerleistung realisieren müssen. In besonderen Fällen kann die Abgasabführung und Bereitstellung der benötigten Luftmenge über den natürlichen Luftwechsel erfolgen. Dazu sind jedoch die genauen Anforderungen der DIN EN 13410 („Heizungsanlagen mit Gas-Infrarotstrahlern – Be- und Entlüftung von gewerblich und industriell genutzten Räumen“) einzuhalten. Dies stellt jedoch keinen Bestandteil der Arbeit dar und bleibt daher unberücksichtigt.

Um die Strahlung gezielt in den Raum leiten zu können, sind die Geräte mit sogenannten Reflektoren ausgestattet. Diese reflektieren die sich allseitig ausbreitende Strahlung und lenken sie gebündelt in den Aufenthaltsbereich. Somit ist es möglich gezielte Bereiche mit Wärmestrahlung zu versorgen.

Um die Abgasverluste der Geräte möglichst gering zu halten, werden auch Sonderbauformen eingesetzt, bei denen die Abgase durch den Reflektor strömen und diesen auf 300 °C erhitzen. Dadurch wird erreicht, dass dem Abgas ein Teil der darin enthaltenen Wärme entzogen wird, sich somit die Verluste verringern und der Wirkungsgrad des Gerätes steigt. Die erwärmte Oberfläche des Reflektors sendet nun ebenfalls Wärmestrahlung aus. Aufgrund der geringeren Oberflächentemperatur wird in diesem Bereich nur „Dunkelstrahlung“ abgegeben. Man spricht daher bei solchen Geräten von sogenannten Kombigeräten, da diese die Eigenschaften von Hell- und Dunkelstrahlern vereinen. Eine weitere Verbesserung der Strahlungseigenschaften solcher Geräte wird durch Metallgitter erreicht, die vor den Keramikplatten angebracht werden. Diese führen ebenfalls zu einer Erhöhung der Gesamtstrahlung.

Dunkelstrahler

Dunkelstrahler hingegen arbeiten mit einer wesentlich geringeren Oberflächentemperatur von maximal 650 °C. Auch bei diesem System erfolgt die Wärmeübertragung in Form von Strahlung. Bei diesen Geräten ist im Unterschied zu den Hellstrahlern keine glühende Oberfläche sichtbar (daher auch der Name Dunkelstrahler). Die zur Abstrahlung notwendige Oberfläche bildet ein gerades oder U-förmiges Rohr, in wel-

chem die mit Luft vermischten Abgase umgewälzt werden. Diese werden auf der einen Seite des Gerätes durch einen Gasbrenner erzeugt. Bei diesen Systemen sind jedoch auch Varianten mit Heizöl vorhanden. Durch die möglichst weit in das Strahlungsrohr hineinragende Flamme des Brenners soll eine gleichmäßige Wärmeverteilung erfolgen. Dies wird durch den Einbau eines abgasseitigen Saugzugventilators erreicht, welcher einen Unterdruck im Strahlungsrohr erzeugt und somit die Flamme weit in das Rohr hineinzieht. Modernere Geräte hingegen sind meist mit einem Verbrennungsluftgebläse ausgestattet das auf derselben Seite wie der Brenner sitzt. Dadurch wird vermieden, dass die heißen Abgase über den Ventilator strömen und somit seine Standzeit verringern. Auf Sonderbauformen, wie sogenannte Multibrennergeräte, die über mehrere Brenner verfügen, und Dunkelstrahler mit Konverter, welche ohne Gebläse arbeiten, soll im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen werden.

Der prinzipielle Aufbau eines Dunkelstrahlers soll noch einmal in Abbildung 4 dargestellt sein.

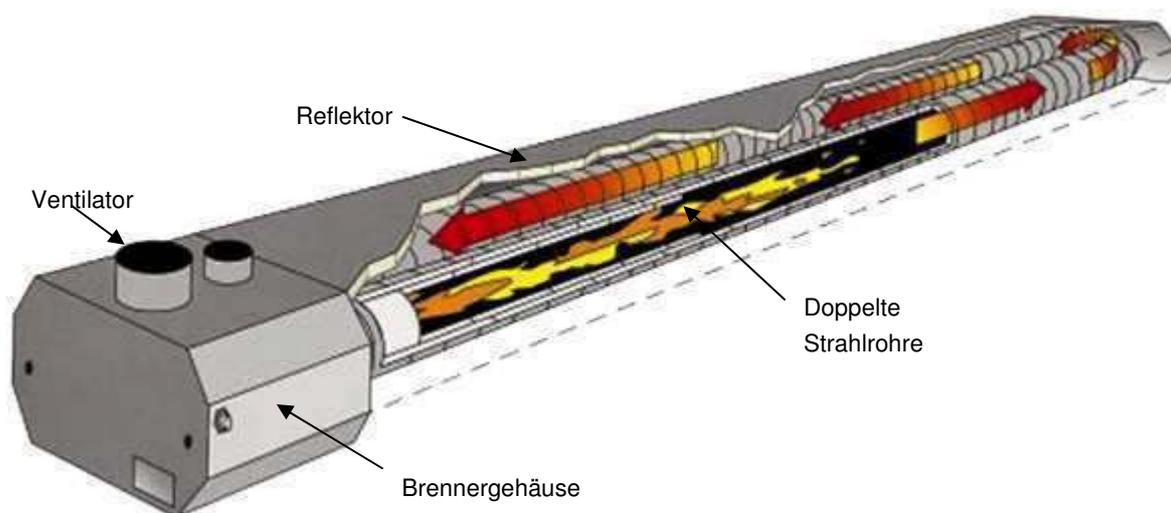


Abbildung 4: Aufbau eines Dunkelstrahlers

(Quelle:http://www.hauer-service.hu/multimedia/image/oldalok/aufbau_eines_dunkelstrahlers.jpg)

Die Geräte besitzen wie Hellstrahler einen meist wärmeisolierten Reflektor. Auch bei Dunkelstrahlern dient der Reflektor dazu, das Strahlungsrohr nach oben bzw. zur Seite hin abzuschirmen, um die Strahlung nur dahin zu lenken, wo sie auch benötigt wird. Da bei diesen Systemen mit einer niedrigeren Oberflächentemperatur gearbeitet wird, besitzen sie eine geringere Strahlungsintensität im Vergleich zu Hellstrahlern. Durch das jedoch wiederum lang ausgeführte Strahlrohr werden größere Bereiche bestrahlt und ähnlich hohe Wirkungsgrade um die 90% erzielt.

Die Oberflächentemperatur, welche wie bereits erwähnt zwischen 300 °C und 650 °C liegt, bedingt auch einen weiteren Vorteil für diese Systeme. Damit wird es möglich, diese Geräte auch in Hallen ab 4m Höhe einzusetzen. Dabei müssen auch hier die Mindesteinbauhöhen sowie die Abstände zu brennbaren Stoffen nach DVGW Arbeitsblatt G 638/ II beachtet werden.

Die Abgasführung erfolgt bei diesen Geräten üblicherweise direkt über Abgasanlagen, wobei auch ein gruppenweises Abgassystem möglich ist. In allen Fällen müssen jedoch die Anforderungen der DIN EN 13410 („Heizungsanlagen mit Gas-Infrarotstrahlern – Be- und Entlüftung von gewerblich und industriell genutzten Räumen“) beachtet werden.

Strahlplattenheizung

Die Wärmeabgabe erfolgt bei diesen Systemen analog den Hell- und Dunkelstrahlersystemen. Auch hier wird die Wärme in Form von Strahlung abgegeben und erst in den Bauteilen, in denen sie auftritt, bzw. am menschlichen Körper in thermische Energie umgewandelt. Somit erfolgt auch hier eine zeitversetzte Erwärmung der Raumluft, indem die umgewandelte Strahlungsenergie an diese übergeht. Ein Unterschied zu den beiden vorangegangenen Systemen ist jedoch, dass in diesem Fall keine direkte Beheizung über Brenner erfolgt, sondern ein sekundärseitiges Wärmeträgermedium erforderlich ist. Dabei handelt es sich entweder um Wasser oder um Dampf. Das Sekundärmedium muss in einem Warmwasserheizkessel oder einem Dampfkessel erhitzt werden und über Rohrleitungen zu den einzelnen Strahlplatten geführt werden. Der Einsatz eines solchen Systems gestaltet sich besonders sinnvoll, wenn bereits eine Warmwasserheizung vorliegt. Negativ ist jedoch, dass die notwendigen Vor- und Rücklaufleitungen, nicht zuletzt wegen der zusätzlichen Dämmung, wiederum einen material- und installationstechnischen Mehraufwand darstellen. Anders als bei den Gasinfrarotstrahler-Systemen ist kein Gasanschluss für die einzelnen Elemente vorzusehen und es besteht keine Notwendigkeit der gesonderten Abgasführung, da diese über die Abgasleitung des zentralen Heizkessels erfolgt.

Durch das Überträgermedium werden bei diesen Systemen jedoch nur relativ geringe Oberflächentemperaturen von ca. 200 °C erreicht. Dies bedingt bei der Auslegung und späteren Installation zusätzliche Flächen, die in den Baukörper integriert werden müssen.

2.1.4. Vorauswahl eines projektspezifischen Anlagensystems

Um ein System auswählen zu können, ist es notwendig, verschiedene Parameter miteinander zu verknüpfen und hinsichtlich ihrer Wichtung für das entsprechende Projekt zu vergleichen. Verfügbarkeit des Energieträgers, Investitionskosten, Energieverbrauch und Schadstoffausstoß, Energie- und Betriebskosten, Wartungsaufwand und zu erwartende Lebensdauer sind dabei im Regelfall Auswahlkriterien, welche über das eingesetzte Heizsystem entscheiden. Im vorliegenden Fall sind jedoch die baulichen Gegebenheiten mit den speziellen Nutzungsbedingungen des Bauherrn zu verknüpfen, um so eine projektspezifische Anlagenvariante zu erhalten. Diese ergeben sich aus dem Nutzungskonzept des DBI's für den entsprechenden Hallenbereich. Weiterführend ist es jedoch auch notwendig, das gewählte System hinsichtlich des Energieverbrauches und der daraus resultierenden Betriebskosten zu bewerten.

Da es sich bei dem vorliegenden Gebäude um eine Werk- bzw. Industriehalle handelt, wurden im vorangegangenen Abschnitt bereits objekttypische Systeme und ihre Vorteile näher erläutert.

Für den vorliegenden Hallenbereich ist nur die Unterbringung von Prüfständen geplant, welche keinen speziellen Temperaturanforderungen unterliegen und wodurch laut Vorgaben des DBI keine ganzheitliche Beheizung des Gebäudevolumens erforderlich ist. Es soll einzig eine Beheizung der beiden in Zeichnung Nr. 6 in Anlage A14 dargestellten Arbeitsbereiche erfolgen. Eine solche partielle Beheizung lässt sich nur mit Hilfe einer Strahlungsheizung erreichen, da sich mit Hilfe der Anordnung der einzelnen Geräte und durch die Reflektorbleche selbst die Strahlung gezielt in den Aufenthaltsbereich leiten lässt.

Speziell Hallengebäude weisen, verglichen mit Wohngebäuden, durch ihre konstruktionsbedingte Gestaltung wesentlich geringere Werte im Bereich der Wärmekapazität des Baukörpers auf. Dies ergibt sich aufgrund der fehlenden Zwischenwände und Zwischendecken. Dadurch würde sich der Baukörper im reduzierten Heizbetrieb schnell abkühlen. Dies macht eine Heizungsanlage notwendig, die möglichst schnell diesen Temperaturabfall kompensieren kann, um eine behagliche Raumtemperatur zu schaffen. Für diesen Einsatzfall sind Strahlungsheizungen gegenüber Warmluftsystemen im Vorteil, da sich durch die Strahlungswärme in relativ kurzer Zeit die geforderte Raumtemperatur einstellt. Die Luftheizung hingegen arbeitet eher träge, weil hier erst das gesamte Luftvolumen erwärmt werden muss, bevor sich die geforderte Temperatur im Aufenthaltsbereich einstellt.

Da es sich bei dem Gebäude um eine, wie in Abschnitt 2.1.1. („Grundlagen zum Systemvergleich und Systemauswahl“) beschriebene Kalthalle handelt, werden in diesem Bereich auch geringe Lufttemperaturen angesetzt. Um diese jedoch ausgleichen zu können und somit die nach der Arbeitsstätten-Richtlinie (kurz ASR) vorgegebenen Temperaturen am Arbeitsplatz⁴ zu gewährleisten, ist es notwendig, die Strahlungstemperatur speziell in diesen Bereichen zu erhöhen. Diese ergibt sich aus der Formel 1 („Zusammensetzung der Raumtemperatur“) in Abschnitt 2.1.3. („Strahlungsheizung“) und lässt sich wiederum nur über den Einsatz einer Strahlungsheizung realisieren.

Betrachtet man die unterschiedlichen Systeme der Strahlungsheizung, so entfällt die Strahlplattenheizung aufgrund der baulichen Gegebenheiten. Die Halle verfügt im oberen Bereich über eine umlaufende Galerie und eine Krahnbahn (siehe Zeichnung Nr. 4 und Nr. 7 Anlage A14), welche im Zuge der Sanierungsmaßnahmen ebenfalls erhalten bleiben sollen. Damit steht für die Anbringung der Strahlungssysteme nur ein stark begrenzter Bereich zu Verfügung. Da aufgrund der geringen Oberflächentemperaturen bei Strahlplattensystemen jedoch große flächenmäßige Bereiche zur Verfügung stehen müssen, erweist sich dieses System für den vorliegenden Fall als ungeeignet.

Im Hinblick auf die Auswahl eines Infrarotsystems gilt es zu beachten, dass sich die in Nr. 6 in Anlage A14 dargestellten Arbeitsplätze unterhalb der Galerie befinden. Diese ermöglicht es zwar, die Geräte unterhalb zu befestigen, erweist sich jedoch im Hinblick auf ein Hellstrahlersystem als ungünstig. Bei laufendem Betrieb werden die Abgase bei einem solchen System direkt in den Raum abgegeben. Das bedeutet, die Abgase überströmen die Reflektoren der Hellstrahler und steigen auf. Da die Galerie nur aus Stahlträgern mit aufgesetzten Metallplatten besteht können die Abgase ungehindert in den Bereich oberhalb der Galerie gelangen. Damit kann für diese Bereiche nicht garantiert werden, dass eine ausreichende Verdünnung der Abgase erfolgt. Dies wiederum würde zu einer unzulässig hohen Abgaskonzentration innerhalb der Bereiche führen, in welchen sich Personen befinden können. Damit eignet sich ein solches System in diesem Fall nicht zur Beheizung. Für die hier vorliegende Anwendung ist daher ein Dunkelstrahlersystem mit direkter Abgasführung vorzugsweise geeignet.

⁴ Die vorgegebenen Temperaturen am Arbeitsplatz entspricht der in Abschnitt 2.1.3 Seite 8 („Strahlungsheizung“) definierten operativen Raumtemperatur

2.2. Ermittlung der Heizlast nach DIN EN 12831

2.2.1. Grundlagen

Das Hauptziel der Heizungstechnik besteht im Grunde darin, für das betreffende Objekt und speziell für die darin befindlichen Personen ein behagliches Raumklima zu schaffen. Dabei ist, neben der Luftgeschwindigkeit und der relativen Feuchte, die Raumtemperatur ein entscheidender Parameter. Thermische Behaglichkeit hängt dabei in einem bestimmten Bereich von dem subjektiven Empfinden des Menschen ab. Diese Empfindsamkeit wird durch individuelle Faktoren, wie Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand u.a., bestimmt und beeinflusst damit die Funktionsfähigkeit des menschlichen Körpers.

Um ein angenehmes Wohlbefinden für den Menschen zu schaffen, ist es notwendig, ein Gleichgewicht zwischen der vom Körper aufgenommenen, produzierten und abgegebenen Wärme zu schaffen. Dieses Gleichgewicht wird nach dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik durch das Heizungssystem mit beeinflusst. Dieses regelt über die Raumtemperatur den Temperaturunterschied zwischen dem Raum und dem menschlichen Körper und damit die fließenden Wärmeströme.

Das Primärziel einer Heizungsanlage besteht darin, alle Räume eines bestimmten Objektes gleichmäßig und sicher zu beheizen und dadurch das angesprochene Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Dafür ist es notwendig, dieses so zu bemessen und zu erstellen, dass es selbst zum kritischsten Zeitpunkt des Jahresverlaufes der Außentemperatur in der Lage ist, eine nach Norm behagliche Raumtemperatur (im Weiteren als Norm-Innentemperatur bezeichnet) zu erzielen. Dieser Punkt stellt den Auslegungspunkt der Anlage dar und ist abhängig von dem geografischen Aufstellungsort des Heizungssystems.

Die DIN EN 12831 betrachtet alle Wärmeverluste, die in diesem ungünstigsten Punkt auftreten und fasst dies in dem Begriff der Norm- Heizlast zusammen. Die Ermittlung der Norm- Heizlast stellt also eine rein statische Betrachtung dar. Die errechneten Verluste stellen dann die Wärmeleistung dar, die einem Raum zugeführt werden muss, um die vereinbarten Innenraumbedingungen zu erreichen.

Relevant für die Berechnung ist neben der zu erzielenden Norm-Innentemperatur und den Norm- Umgebungsbedingungen noch die bauliche Konstruktion des jeweiligen Objektes.

Es lässt sich somit über die nach der DIN EN 12831 errechnete Norm-Heizlast weiterführend auch eine Verknüpfung zu anderen Normen herstellen. Diese Berechnung beschreibt nämlich eine Gebäudeeigenschaft, welche Verlustgrößen beinhaltet, die wiederum für die Berechnung des Energiebedarfs nach DIN 4701-10 notwendig sind. Die mit der Wärmebedarfsberechnung nach DIN EN 12831 errechnete Heizlast setzt sich dabei aus den Verlusten über Transmission und dem durch Lüftungswärmeverlust zusammen. Das bedeutet, sie berücksichtigt mit Hilfe des Lüftungswärmeverlustkoeffizienten H_V und dem Transmissionswärmeverlustkoeffizienten H_T die möglichen auftretenden Wärmeverluste des Gebäudes an die Umwelt. Diese haben unter anderem maßgeblichen Einfluss auf den nach DIN V 4108-6 ermittelten Jahres- Heizwärmebedarf. Dieser wiederum bildet über den ermittelten Primärenergiebedarf⁵ die Grundlage der energetischen Bewertung von Gebäuden. Dabei muss jedoch zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden unterschieden werden. Im Fall der Berechnung der Norm-Heizlast erfolgt keine solche Trennung. Durch den Anhang B der DIN EN 12831 werden einzig Berechnungsverfahren in Sonderfällen definiert.

Neben der Verbindung zu anderen Normen und der energetischen Bewertung eines Objektes dient die nach der DIN EN 12831 ermittelte Heizlast der Auslegung des Wärmeübergabesystems. Wie bereits in diesem Abschnitt erwähnt, ist es für die Schaffung eines behaglichen Raumklimas notwendig, alle in einem Raum auftretenden Verluste zu kompensieren. Sowohl die ermittelten Verluste über die Gebäudehülle als auch die zu unbeheizten Nachbarräumen müssen über die Heizungsanlage und speziell die Heizflächen in den jeweiligen Räumen ausgeglichen werden. Die dazu notwendige Leistung muss also, da keine raumluftechnische Anlage für die in diesem Fall vorliegende Halle geplant ist, durch das Heizungssystem aufgebracht werden.

Im Rahmen der meiner Studienarbeit wurde bereits eine solche Heizlastermittlung nach DIN EN 12831 für den vorliegenden Hallenbereich durchgeführt. Durch ein verändertes Nutzungskonzept des vorliegenden Objektes und den daraus resultierenden geänderten Raumtemperaturen muss diese noch einmal überarbeitet werden. Des Weiteren wurden bei der ersten Ermittlung für viele Umschließungsflächen, im Bereich der Ermittlung notwendiger Wärmedurchgangskoeffizienten, Pauschalwerte angenommen. Diese orientierten sich an der Bekanntmachung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Datenaufnahme im Nichtwohnge-

⁵ Beschreibt die zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf notwendige Energiemenge für vorgelagerte Prozesse im Bereich der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung

bäudebestand. Durch die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführte Nachbearbeitung konnte jedoch festgestellt werden, dass diese teilweise von den tatsächlichen Werten abweichen. Dies macht es notwendig, die Norm-Heizlast für das vorliegende Objekt noch einmal neu zu ermitteln, um eine exakte Konzipierung des Heizungssystems durchführen zu können. Daher soll im Wesentlichen nicht noch einmal auf theoretisch physikalische Grundlagen, wie den Wärmedurchgang durch eine Wand, eingegangen werden, da dies bereits in der Studienarbeit 2 erfolgte. Vielmehr soll eine Verknüpfung der theoretischen Rechenalgorithmen mit dem vorliegenden Projekt erfolgen. Da die Berechnung als Grundlage für die Konzipierung eines geeigneten Heizsystems dient, werden nachfolgend schon die im Zuge der Umbaumaßnahmen geplanten Veränderungen der Bausubstanz mit berücksichtigt.

2.2.2. Wärmedurchgangskoeffizienten

Entscheidend für die Gesamtwärmeverluste eines Gebäudes sind neben den Lüftungswärmeverlusten die Transmissionswärmeverluste. Diese treten durch einen Temperaturunterschied zwischen dem Gebäudeinneren und der Außenluft gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik auf. Dieser besagt, dass Wärme bei einem vorhandenen Temperaturgefälle stets vom höheren zum niederen Niveau strömt. Die Intensität des Wärmestroms wird dabei über den Wärmedurchgangskoeffizienten beschrieben. Dieser gibt an, welche Leistung von einer Fläche von einem Quadratmeter bei einem vorhandenen Temperaturgefälle von 1 K abgibt. Dieser Verlust wird dabei im Wesentlichen durch die Zusammensetzung des betreffenden Bauteils beeinflusst. Es ergeben sich werkstoffabhängig sogenannte Wärmeleitwiderstände. Diese beeinflussen wie bereits in der Studienarbeit 2 dargestellt, in großem Maße den Wärmedurchgang durch ein Bauteil, da sie dem auftretenden Wärmestrom in Abhängigkeit ihrer Schichtdicke als Widerstand entgegen stehen. Deshalb ist es entscheidend für die Verlustberechnung, den Aufbau der einzelnen Raumumschließungsflächen zu kennen. Dies stellt speziell bei Bestandsobjekten ein großes Problem dar, da hier oftmals nur begrenzte Kenntnis über die detaillierte Zusammensetzung besteht. In diesem Fall kann es notwendig werden, Gebäudetypologien, Bauteiltabellen und Materialkennndaten mit in die Bestandsaufnahme einfließen zu lassen, um fehlende Gebäudedaten ergänzen zu können. In diesem Zusammenhang wurden im Juli 2007 Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtent-

wicklung herausgegeben. Diese sollten als Ergänzung zur damals gültigen EnEV⁶ dienen und eine vereinfachte Bestandsaufnahme ermöglichen. Auch im vorliegenden Fall war für das Mehrzweckgebäude nur eine lückenbehaftet Dokumentation hinsichtlich der Struktur des Baukörpers vorhanden. Daher war es in erster Linie notwendig, in Zusammenarbeit mit der Deutsches Brennstoffinstitut Vermögensverwaltungs-GmbH die zur Berechnung der Norm-Heizlast heranzuziehenden Wärmedurchgangskoeffizienten zu ermitteln. Durch den Zusammenhang von Energieeinsparverordnung und der Heizlast nach DIN EN 12831 wurden diese Regeln auch bei dem vorliegenden Projekt herangezogen. Des Weiteren wurden zur Bestandsaufnahme vorhandene Bestandszeichnungen und zum Zeitpunkt der Bestimmung geltenden Richtlinien herangezogen. Zusätzlich wurden zur genaueren Bestimmung der Bauteilzusammensetzung Bauteilanalysen für einige bestehende Flächen durchgeführt.

Nachfolgende soll der Rechengang zur Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der äußeren Umschließungsflächen des Objektes beispielhaft dargestellt werden.

Somit wurde für die Außenwände der nachfolgend Schichtaufbau ermittelt. Sie bestehen aus 24 cm dickem mehrschaligem Mauerwerk aus Mauerziegeln MZ mit einer Steinrohddichte $\rho=1600 \text{ kg/m}^3$ und sind auf der Außen- und Innenseite mit einem Kalkzementputz versehen. Zwischen den beiden Ziegelschichten befindet sich eine zusätzliche Mörtelschicht. Somit ergibt sich eine Gesamtwanddicke von 30 cm

Unter Einbeziehung der Tabellen für Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit nach DIN V 4108-6 ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Werte für die einzelnen Schichten

Wandaufbau	Schichtdicke s [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Innenputz	0,020	1,00
Mauerziegel	0,120	0,68
Normalmörtel	0,020	1,20
Mauerziegel	0,120	0,68
Außenputz	0,020	1,00

Tabelle 1: Übersicht der Schichtdicke und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit für die Außenwände

⁶ Energieeinsparverordnung, welche am 1. Oktober 2007 in Kraft trat.

Daraus ergibt sich die nachfolgende Rechnung. Hierbei wurden nach DIN EN ISO 6946 die inneren bzw. äußeren Wärmeübergangswiderstände mit $R_{si}=0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ angesetzt.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{s}{\lambda} + R_{se}} \quad \text{Formel 2}$$

$$U = \frac{1}{0,13 \text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0,020 \text{ m}}{1,00 \text{ W/mK}} + \frac{0,120 \text{ m}}{0,68 \text{ W/mK}} + \frac{0,020 \text{ m}}{1,20 \text{ W/mK}} + \frac{1}{\frac{0,120 \text{ m}}{0,68 \text{ W/mK}} + \frac{0,020 \text{ m}}{0,87 \text{ W/mK}} + 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

$$\underline{U = 1,73 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Die separate Berechnung der U-Werte für jedes der zusammengesetzten Bauteile erfolgte mit Hilfe der Planungssoftware Dendrit Version 5.5 und ist der Anlage A2 zu entnehmen. Dabei wurde für die Außenwände der vorangegangene Schichtaufbau angesetzt. Die ermittelte Zusammensetzung aller anderen Bauteile kann ebenfalls der Anlage A2 entnommen werden.

Es ist zu beachten, dass für weiterführende Berechnungen schon die geplanten Umbaumaßnahmen, welche im Zuge der Sanierungsarbeiten an der Außenfassade und im Inneren durchgeführt werden, berücksichtigt wurden.

Somit wurden für die neuen Fenster im Bereich der äußeren Gebäudehülle⁷ die Wärmedurchgangskoeffizienten nach dem Angebot der Firma Fenster & Türen Bretschneider GmbH angesetzt. Für die verkleinerten Tore zwischen den Hallenbereichen und die Tür im Bereich der Galerie wurden die U-Werte ebenfalls einem durch die Rolladen & Metallbau Bretschneider GmbH dem Angebot beigefügten Datenblatt entnommen. Die durch die Verkleinerung der bestehenden Fenster und Türflächen entstehenden Öffnungen im Baukörper sollen durch eine Fachfirma mit Hohllochziegeln verschlossen werden. Die zur Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten notwendigen Wärmeleitwiderstände wurden dabei den Produktdatenblatt des Herstellers entnommen. Für die Außenwand ergab sich aus einer Bauteilanalyse und den herangezogenen Regeln des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadt-

⁷ Die genauen Bereiche können der Zeichnung Nr. 6 ff in Anlage A14 entnommen werden

entwicklung der bereits dargelegte Aufbau. Der Aufbau der zwischen den Hallenbereichen vorhandenen Trennwände entspricht dem der Außenwände. Eine Veränderung des Wärmedurchgangskoeffizienten im Bereich der Innenwände ergibt sich nur durch die nach DIN EN ISO 6946 unterschiedlichen Wärmeübergangswiderstände.

Der Schichtaufbau des bestehenden Hallendaches wurde durch die vorliegenden Bestandszeichnungen ermittelt. Im Zuge der Sanierungsmaßnahme ist es jedoch geplant, die Dachhaut mit einer neuen Wärmedämmung zu versehen. Daher wurde für diesen Fall die bestehende Zusammensetzung um die durch eine Fachfirma angebotene Wärmedämmung ergänzt und eine Berechnung mit Hilfe der erwähnten Planungssoftware durchgeführt. Der Aufbau des Bodens wurde analog dem Hallendach über eine Bestandszeichnung ermittelt und berechnet.

Für die Außentür und das zur Abgrenzung des Prüfraumes eingesetzte Trockenbausystem wurden die durch das DBI vorgegebenen Werte angesetzt.

Damit ergaben sich die nachfolgend aufgeführten U-Werte der einzelnen Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² K]
Außenfenster	Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung	1,60
Außentür	Einflügelige Metalltür (in NW Ausrichtung)	2,30
Außenwand I	Bestand	1,73
Außenwand II	Mit Thermopor Hochlochziegel verschlossene Öffnungen im Baukörper	1,25
Hallendach	Inkl. neuer Wärmedämmung (Polyisohartschaumplatte)	0,12
Innentür I	Doppeltür zwischen den Hallenbereichen	1,80
Innentür II	Doppeltür zum Prüfraum	2,00
Innentür II	Einflügelige Tür Galerie	1,80
Innenwand I	Trockenbausystem zur Abgrenzung des Prüfraumes	0,46
Innenwand II	Bestand (Trennwand zwischen Hallenbereichen)	1,49
Innenwand III	Stahlbetonträger	2,21
Innenwand IV	Mit Thermopor Hochlochziegel verkleinerte Türflächen zwischen den Hallenbereichen	1,66
Fußboden I	Hallenboden mit Duromit Hartestrich	0,98
Fußboden II	Boden im Prüfraum	0,87
Decke	Trockenbausystem zur Abgrenzung des Prüfraumes	0,43

Tabelle 2: Übersicht der projektspezifischen U-Werte

Die DIN 4108 definiert in ihrem Teil 2 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Damit soll neben der Minimierung der Wärmeverluste auch ein hygienisches Raumklima gewährleistet werden. Dafür ist es notwendig, eine unzulässige Kondensation im Bereich der inneren Oberfläche der Außenwände zu vermeiden, um einer Schimmelpilzbildung vorzubeugen.

Zur Tauwasserbildung kommt es dabei in allen Bereichen, in denen der Sättigungsdampfdruck⁸ der Luft erreicht wird. Da eine direkte Beziehung zwischen dem Dampfdruck und der Temperatur besteht, ergibt sich ein Zustandspunkt unterhalb dessen die Raumluft nicht mehr in der Lage ist, die in ihr enthaltene Feuchte zu binden. Dieser Zustandspunkt wird als Taupunkt bezeichnet. Unterhalb der Taupunkttemperatur beginnt der in der Luft enthaltene Wasserdampf auszukondensieren. Dies gilt es besonders in Bereichen mit kalten Oberflächen zu beachten, da es in diesen Bereichen zu einem unzulässigen Kondenswasseranfall kommen kann. So kann es speziell im Bereich der Außenwände und der Fensterfläche, welche an die Außenluft grenzen, durch eine zu hohe Auskühlung zu einer solchen Taupunktunterschreitung kommen. Diese ist unbedenklich, wenn sie innerhalb des Bauteiles auftritt, da die auftretende Feuchte durch das Bauteil aufgenommen und in Zeiträumen niedriger Feuchtigkeit wieder an die Luft abgegeben werden kann. Es ist aber zu gewährleisten, dass es zu keiner dauerhaften Durchfeuchtung des Bauteiles kommt und somit Schäden am Bauwerk auftreten. Ein solcher sorptiver Ausgleich⁹ ist jedoch im Bereich der Fensterflächen nicht möglich, da diese als diffusionsdicht¹⁰ angesehen werden können. In diesen Bereichen ist es daher besonders wichtig zu hohe Wärmeverluste zu vermeiden, um eine nach DIN 4108-2 geforderte maximal zulässige flächenbezogene Tauwassermasse von 0,5 kg/m² nicht zu überschreiten.

In diesem Zusammenhang werden in Tabelle 3 der DIN 4108-2 Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen definiert. Es stellt sich der nachfolgende Zusammenhang von Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient ein:

$$R_T = \frac{1}{U}$$

Formel 3

⁸ Umgebungsdruck, bis zu welchem die Luft in der Lage ist, Wasser in Form von Dampf aufzunehmen. (Gleichgewichtszustand)

⁹ Gleichgewicht zwischen Absorption (Wasseraufnahme) und Desorption (Wasserabgabe)

¹⁰ Bauteile mit einer zur Wasserdampfdiffusion äquivalenten Luftschichtdicke

Durch diesen direkten Zusammenhang von Wärmedurchgangskoeffizienten und Wärmedurchlasswiderständen lassen sich die zulässigen Wärmeverluste in Form von maximal U-Werten darstellen. Stellt man die **Formel 3** um, so erhält man den in **Formel 2** bereits dargestellten Ausdruck in zusammengefasster Form (**Formel 4**):

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad \text{Formel 4}$$

Im vorliegenden Fall ist dies speziell für die Außenwände von Relevanz, da diese mit 1,73 W/m²K über einen sehr hohen Wärmedurchgangskoeffizienten verfügen. Vergleicht man dies mit den in der Tabelle 2 der EnEV 2009 („Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden“) dargestellten Werte wird das noch deutlicher. So ist nach EnEV 2009 ein Wert für lichtundurchlässige Außenbauteile niedrig beheizter Räume von U= 0,50 W/m²K vorgeschrieben. Die nach DIN 4108-2 geforderten Maximalwerte fallen hingegen geringer aus. So ergibt sich unter Heranziehung des nach Tabelle 3 der DIN 4108-2 definierten Mindest-Wärmedurchlasswiderstandes für Außenwände (R= 1,2 m²K/W) und der **Formel 4** nachfolgender maximaler U-Wert:

$$U = \frac{1}{R_T}$$
$$U = \frac{1}{1,2 \frac{m^2K}{W}}$$

U = 0,83 W/m²K

Dies ist sowohl in energetischer Hinsicht kritisch zu betrachten als auch in Bezug auf die hygienischen und baulichen Anforderungen. Diesen in der Tabelle 3 der DIN 4108-2 definierten Werten wird jedoch eine Innentemperatur von 20°C zugrunde gelegt. Da der Hallenbereich als Kalthalle betrachtet wird und somit niedrigere Raumtemperaturen angesetzt werden, gelten in diesem Bereich spezielle Anforderungen. So wird im Abschnitt 5.2.3. („Anforderungen für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen“) der DIN 4108-2 der minimale Wärmedurchlasswiderstand für Außenwände auf R= 0,55 m²K/W herabgesetzt.

Damit verbunden ergibt sich nachfolgend auch ein neuer maximaler Wärmedurchgangskoeffizient.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{0,55 \frac{m^2K}{W}}$$

$$\underline{\underline{U = 1,82 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

Somit ist im Bereich der Außenwände des Hallenbereiches diese Mindestanforderung gewährleistet und keine Oberflächenkondensation und unzulässige Tauwasserbildung zu erwarten. Selbst in Bereichen, wo Wärmebrücken auftreten könnten und daher mit einem zusätzlichen Wärmeverlust zu rechnen ist, liegt der vorhandene Wert nur leicht oberhalb des Grenzwertes. Dabei wurde in vereinfachter Weise ein Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB}=0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ zugerechnet. Damit ergibt sich für die Außenwand ein U- Wert von $U=1,83 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Abweichung von $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ zum nach DIN 4108-2 errechneten maximalen Wärmedurchlasskoeffizienten kann dabei vernachlässigt werden, da zur Berechnung ein pauschaler Zuschlag gewählt wurde, welcher eine zusätzliche Sicherheit bedingt. Somit ist auch in Bereichen möglicher Wärmebrücken für den Hallenbereich keine unzulässige Tauwasserbildung zu erwarten.

Anders gestaltet sich die Situation jedoch für den Außenwandbereich des abgetrennten Prüfraumes. Für diesen wurde eine Raumtemperatur von 20°C vereinbart. Im bisherigen Zustand war der Prüfraum durch eine vorgesetzte Trockenbauwand von der Außenfassade getrennt. Diese soll jedoch im Zuge der Umbaumaßnahmen entfernt werden, um einen zusätzlichen Platzgewinn zu erzielen. Damit wird jedoch eine direkte Verbindung zwischen dem Prüfraum und der Außenwand hergestellt. Somit ergibt sich in diesem Bereich für die äußere Umschließungsfläche ein U-Wert von $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$. Da der Wandaufbau jedoch derselbe bleibt, liegt dieser mit einem Wärmeverlust von $1,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ deutlich oberhalb des Grenzwertes. In diesem Bereich ist daher mit einem unzulässigen Tauwasseranfall zu rechnen. Dieser würde die Wärmeleitung durch den Wandbereich verbessern und damit nicht mehr den Anforderungen des Mindestwärmeschutzes entsprechen. Damit wird es für diesen Bereich notwendig einen Tauwasser- Nachweis nach DIN 4108-3 („Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung“)

zu führen. Dazu wird verglichen, an welchen Stellen im Inneren eines Bauteiles der Wasserdampfdruck den Wasserdampf-sättigungsdruck erreicht. Ersterer wird auch als Partialdruck bezeichnet und ist eine Maß für die vorhandene Konzentration an Wasserdampf in einem definierten Luftvolumen. Der Wasserdampf-sättigungsdruck hingegen beschreibt die im festgelegten Luftvolumen mögliche Wasseraufnahme in Form von Dampf. Um nun ermitteln zu können, ob es zum Tauwasseranfall an der inneren Oberfläche des Bauteils bzw. im Bauteil selbst kommt, ist es notwendig beide Druckbedingungen über den Bauteilquerschnitt miteinander zu vergleichen. Dies wird mit Hilfe des Glaser-Diagramms durchgeführt. Dazu wird der temperaturabhängige Verlauf des Wasserdampf-sättigungsdruckes in Bezug auf die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke¹¹ grafisch dargestellt. Selbiges wird für den Wasserdampfdruck durchgeführt. Die Gerade ergibt sich dabei als Verbindungsgerade zwischen dem Äußeren und dem Inneren Partialdruck. Die Punkte, in denen sich die beiden Geraden schneiden stellen die Bereiche der Wand dar, in welchen ein Tauwasseranfall auftritt. Für den vorliegenden Wandaufbau der Außenwand des Prüfraumes wurde die Berechnung der Kurve des Wasserdampf-sättigungsdruckes durch die Planungssoftware Dendrit Version 5.5 übernommen. Dazu ist es jedoch notwendig die Randbedingungen genau zu definieren. So wurde die Berechnung bei den der DIN 4108-3 entnommenen, vereinfachten Klimabedingungen durchgeführt. Dabei muss bei der Betrachtung stets eine Trennung zwischen Verdunstungs- und Tauperiode erfolgen. Für Zweitere wurde nach der Tabelle A.1 der DIN 4108-3 eine Außentemperatur von -10°C angesetzt. Die in selbiger Tabelle angegebene Innentemperatur entsprach mit 20°C den real vorliegenden Bedingungen.

¹¹ Dicke einer Luftschicht, die dem durch Diffusion hervorgerufenen Wasserdampfstrom den selben Widerstand entgegen stellt wie das Bauteil selbst.

Damit ergab sich für die Tauperiode zunächst der nachfolgend dargestellte Temperaturverlauf in Abhängigkeit der jeweiligen Schichtdicken:

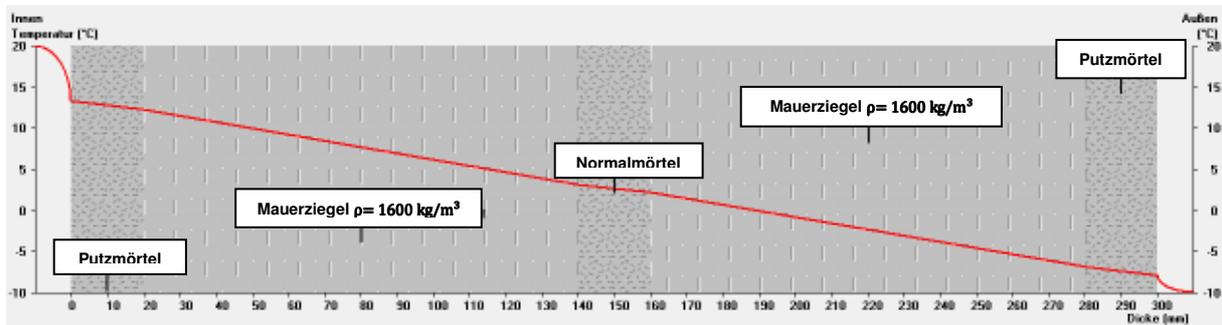


Abbildung 5: Temperaturverlauf innerhalb der Außenwand des Prüfraumes
(Quelle: Auszug aus der Planungssoftware Dendrit Version 5.5- Temperaturverlauf in der Tauperiode)

Aus diesem wiederum wurde über die Planungssoftware der in Abbildung 6 anhand der blauen Kurve dargestellte, temperaturabhängige Verlauf für den Wasserdampf-sättigungsdruck p_s ermittelt. Die in Abbildung 6 rosa dargestellte Gerade entspricht dem Verlauf des Wasserdampfteildruckes und wurde ebenfalls über die Planungssoftware ermittelt.

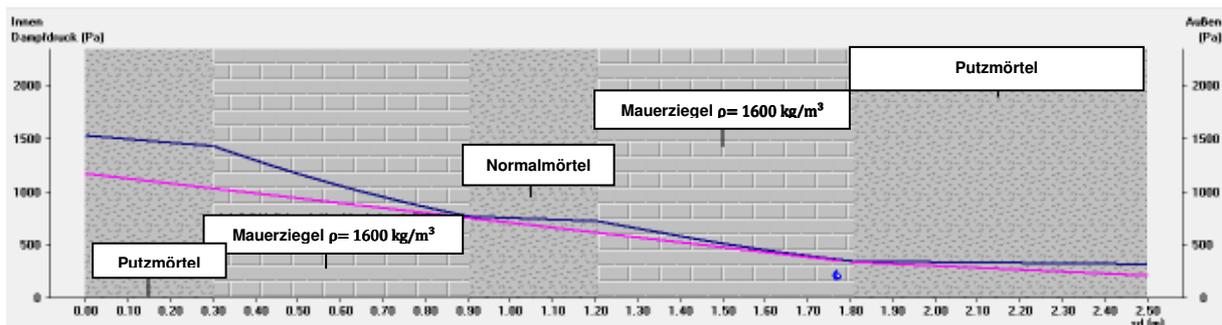


Abbildung 6: Verlauf des Sättigungsdampfdruckes und des Partialdruckes innerhalb der mehrschichtigen Außenwand
(Quelle: Auszug aus der Planungssoftware Dendrit Version 5.5- Glaser Diagramm für die Tauperiode)

Für die Partialdruckbedingungen wurden wiederum die vereinfachten klimatischen Bedingungen angesetzt. Die DIN 4108-3 definiert in Tabelle A.1 für die Tauperiode eine relative Feuchte der Außenluft von $\varphi_e=80\%$ und im Bereich der Innenluft von $\varphi_i=50\%$. Damit lassen sich über den in **Formel 5** dargestellten Zusammenhang die Wasserdampfteildrücke an der jeweiligen Stelle im Bauteil bestimmen.

$$p = \varphi \times p_s$$

Formel 5

Unter Berücksichtigung der, über die Planungssoftware ermittelten, jeweiligen Wasserdampf-sättigungsdrücke p_s ergeben sich die in Tabelle 3 dargestellten Wasser-

dampfteildrücke der Innen- und Außenluft. Trägt man beide Punkte in einem Glaser-Diagramm ab und verbindet sie, so erhält man eine Gerade, welche in einigen Bereichen oberhalb der Kurve des Sättigungsdruckes liegt. Da dies physikalisch jedoch nicht möglich ist, wird es notwendig, die Tangenten an die Kurve zu zeichnen. Die Punkte, in denen sich die beiden Geraden berühren, sind die Bereiche im Bauteil, in denen der Wasserdampf der Luft auskondensiert und es zur Bildung von Tauwasser kommt (in Abbildung 6 in Form eines Wassertropfens dargestellt). Im Anhang A2 sind dabei die durch die Planungssoftware ermittelten Partialdrücke zu den jeweiligen Sättigungsdampfdrücken aufgeführt. Erstere werden dort abweichend mit p_x bezeichnet. Vergleicht man die Werte, so lässt sich feststellen, dass der Taupunkt zwischen der zweiten Ziegelschicht und dem aufgetragenen Mörtel liegt, da in diesem Bereich Sättigungsdampfdruck und Partialdruck identisch sind. Im Bereich der Bauteiloberfläche liegt der Wasserdampfdruck wieder unterhalb des Wasserdampfsättigungsdruckes. Somit tritt bei der Außenwand raumseitig keine Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes auf.

Bereich	Relative Luftfeuchte φ	Wasserdampf-sättigungsdruck p_s (siehe Anlage A2)	Wasserdampfdruck p_i/p_e
Innen:	50%	2338 Pa	1169
Außen:	80%	260 Pa	208

Tabelle 3: Wasserdampfdrucke der Innen- bzw. Außenluft

Für die Verdunstungsperiode wurden diese Druckverteilungen analog ermittelt. Jedoch wurden hier andere Ausgangsparameter angesetzt. Auch für diesen Fall wurde auf die in der Tabelle A.1 der DIN 4108-3 definierten vereinfachten klimatischen Bedingungen zurückgegriffen. Hierbei werden jedoch für die Außen- und innenklimatischen Bedingungen die gleichen Werte angesetzt. Die Temperatur beträgt in beiden Fällen 12°C und es wird eine relative Feuchte φ von 70% zur Berechnung angesetzt. Somit wurde durch die Planungssoftware Dendrit Version 5.5 der in Abbildung 7 dargestellte Temperaturverlauf als Grundlage für den Sättigungsdampfdruck in Abbildung 8 (blaue Gerade) angesetzt.

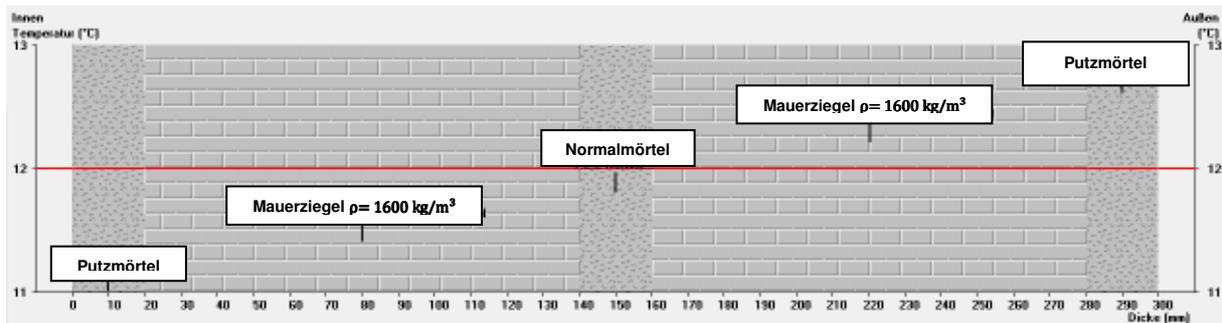


Abbildung 7: Temperaturverlauf innerhalb der Außenwand des Prüfraumes in der Verdunstungsperiode

(Quelle: Auszug aus der Planungssoftware Dendrit Version 5.5- Temperaturverlauf in der Verdunstungsperiode)

Der Abbildung 8 kann entnommen werden, dass in der Verdunstungsperiode die rosa dargestellte Partialdrucklinie anfangs ansteigt. Dies geschieht bis zu dem Punkt, in dem während der Tauperiode der Wasserdampf ausfällt. Während der Verdunstungsperiode nimmt die Luft die Feuchtigkeit im Baukörper auf, bis ihr Partialdruck gleich dem Sättigungsdampfdruck ist und transportiert diese durch Diffusionsvorgänge nach außen.

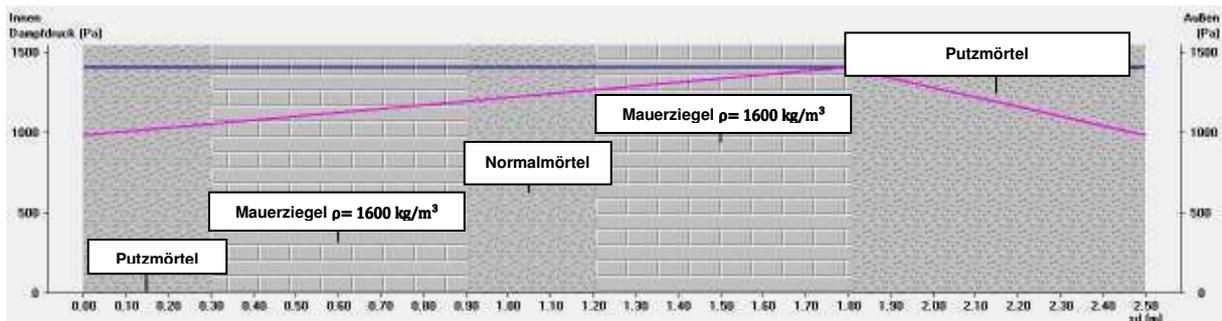


Abbildung 8: Verlauf des Sättigungsdampfdruckes und des Partialdruckes innerhalb der mehrschichtigen Außenwand

(Quelle: Auszug aus der Planungssoftware Dendrit Version 5.5- Glaser Diagramm für die Tauperiode)

Um gewährleisten zu können, dass sich keine dauerhafte Durchfeuchtung des Baukörpers einstellt, ist es notwendig zu überprüfen, ob in der Verdunstungsperiode die gesamte, durch den Baukörper aufgenommene Feuchte wieder abtransportiert werden kann. Die DIN 4108-3 definiert hinsichtlich der Dauer der einzelnen Abschnitte unterschiedliche Zeiträume. Entsprechend den Angaben der Tabelle A.1 wurde ein Zeitraum für die Tauperiode von 1440 h und für die Verdunstungsperiode von 2160 h angesetzt. Durch die Planungssoftware konnte ermittelt werden, dass während der Verdunstungsperiode 1,192 kg/m² Wasser abgeführt werden können. Während der Tauperiode treten aber nur 0,259 kg/m² Tauwasser auf. Damit ist gewährleistet, dass

es zu keiner dauerhaften Durchfeuchtung des Bauteiles kommt. Des Weiteren erfolgt auch keine unzulässig hohe Tauwasserbildung, welche Schäden am Baukörper zur Folge hätte, da die Tauwassermenge mit $0,259 \text{ kg/m}^2$ unterhalb des in der DIN 4108-3 festgeschriebenen Grenzwertes liegt. Die maximal zulässige Tauwassermenge ist in Abschnitt 4.2.1 der Norm mit $1,0 \text{ kg/m}^2$ definiert.

Somit sind auch im Bereich der Außenwand des Prüfraumes keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen im Zuge des Umbaus erforderlich, um einen nach DIN 4108-2 notwendigen Feuchteschutz zu gewährleisten. Jedoch erfüllt die Wand mit ihrem schlechten Wärmedurchgangskoeffizienten nicht die nach DIN 4108-2 gestellten Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz und entspricht daher nicht mehr dem Stand der Technik.

2.2.3. Gebäudekenngößen und Auslegungstemperaturen

Jedem Raum eines Objektes muss eine bestimmte Energiemenge zugeführt werden, um diesen auf eine bestimmte Temperatur aufzuheizen bzw. ihn auf seiner bestimmten Temperatur zu halten. Wie bereits beschrieben erfolgt mit der Heizlastberechnung eine Verlustberechnung hinsichtlich der abgegebenen Energie. Dies wird durch den Wärmedurchgang an den Umschließungsflächen und über einen lüftungsbedingten Kaltluftfall durch Undichtheiten am Baukörper hervorgerufen. Die Verluste müssen über das Heizungssystem kompensiert werden können. Da jedoch, mit zunehmendem Temperaturgefälle zwischen innen und außen, diese immer weiter zunehmen, ist es notwendig, einen ungünstigsten Fall zu definieren um die Anlage auf diesen Punkt auslegen zu können. Mit der nach DIN EN 12831 stationär erfolgenden Betrachtung ist dieser Punkt mit der geringsten Außentemperatur gleichzusetzen und wird als Auslegungspunkt bezeichnet. In dem Beiblatt 1 der DIN EN 12831, welche den Nationalen Anhang darstellt, werden für eine Vielzahl an Städten Norm-Außentemperaturen definiert. Für den Standort Freiberg ergibt sich so eine Außentemperatur am Auslegungspunkt von -16°C . Ferner sind in den Tabellen noch die Jahresmittel der Außentemperatur festgeschrieben, woraus sich für den Standort eine Temperatur von $6,3^\circ\text{C}$ ergibt. Je nach Gebäudemasse kann es jedoch zulässig sein, eine Korrektur der Außentemperatur durchzuführen. Damit soll die Speicherfähigkeit schwerer Bauelemente berücksichtigt werden, die es ermöglicht, einen Innentemperaturabfall durch geringe Außentemperaturen in einem bestimmten Bereich zu kompensieren. Dieser wird begrenzt durch die thermische Zeitkonstante des Gebäudes. Diese Konstante gibt an, wie lange es dem Gebäude möglich ist, im Heizbetrieb

die auftretenden Verluste zu kompensieren, sodass die Innentemperatur nicht mehr als 1K absinkt. Das vorliegende Hallengebäude besitzt durch seine dünnen Außenwände jedoch nur eine geringe Wärmekapazität im Verhältnis zu dem großen Raumvolumen. Resultierend daraus kann dem Objekt auch nur eine nach DIN EN 12831 Beiblatt 1 angegebene Wärmespeicherfähigkeit von 15 Wh/(m³K) zugeordnet werden. Bezogen auf das Brutto- Raum- bzw. Gebäudevolumen V_e des Objektes ergibt sich die wirksame Speicherfähigkeit des Hallenobjektes nach **Formel 6**.

$$C_{wirk} = 15 \frac{Wh}{(m^3 \times K)} \times V_e \quad \text{Formel 6}$$

$$C_{wirk} = 15 \frac{Wh}{(m^3 \times K)} \times 1554,9 m^3$$

$$\underline{C_{wirk} = 23324 Wh/K}$$

Bezogen auf die während der Absenkezeit auftretenden Verluste H_{Abs} durch Transmission und Lüftung ergibt sich die thermische Zeitkonstante τ nach der **Formel 7**

$$\tau = \frac{C_{wirk}}{H_{Abs}} \quad \text{Formel 7}$$

$$\tau = \frac{23324 \frac{Wh}{K}}{685,3 \frac{W}{K}}$$

$$\underline{\tau = 34 h}$$

Das bedeutet, das Hallengebäude wäre in der Lage während des Heizbetriebes und der für Freiberg vorliegenden Norm-Außentemperatur von -16°C die durch Transmission und Lüftung hervorgerufenen Verluste über einen Zeitraum von 34 h zu kompensieren. Dies reicht jedoch nicht aus um eine Außenlufttemperaturkorrektur durchzuführen, da laut Tabelle 2 des Beiblattes 1 der DIN EN 12831 eine Korrektur erst bei einer thermischen Zeitkonstante von $\tau \geq 100 h$ zulässig ist. Somit wird für weitere Berechnungen eine Auslegungstemperatur von -16°C angesetzt.

Des Weiteren hängen die energetischen Verluste des Objektes noch von der gewählten Innentemperatur ab. Dazu wurden durch das DBI für alle Räume erforderliche Innentemperaturen definiert. Diese entsprechen der operativen Raumtemperatur. Der Hallenbereich wurde aufgrund seines geringen Personenbegangs und der Nutzung

als Aufstellungsbereich für verschiedene Prüfstände mit einer Temperatur $\vartheta_i=12^\circ\text{C}$ festgelegt. Dies berücksichtigt unter anderem die in der Arbeitsstättenverordnung getroffenen Anforderungen an Arbeitsplätze. In der Arbeitsstättenrichtlinie Teil 6 werden bestimmte Raumtemperaturen vorgegeben. Im Bereich der Arbeitsplätze ist bei schwerer körperlicher Tätigkeit eine Temperatur von $+12^\circ\text{C}$ vorgeschrieben. Diese wird auch in Absprache mit dem DBI innerhalb der Hallen angesetzt. Für den Prüfraum hingegen wurden höhere Anforderungen hinsichtlich der Raumtemperatur gestellt, da hier mit einer höheren Personenfrequenz zu rechnen ist und auch die körperliche Tätigkeit geringer ausfällt. Für diesen Raum wurde eine Innentemperatur von $\vartheta_i=20^\circ\text{C}$ angesetzt. Damit lässt sich zur Berechnung der wirksamen Verluste an die äußere Umgebung eine Normtemperaturdifferenz $\Delta\vartheta_{ie}$ nach **Formel 8** berechnen.

$$\Delta\vartheta_{ie} = \vartheta_i - \vartheta_e$$

Formel 8

Für die Berechnung des Norm-Lüftungswärmeverlustes des Gebäudes sind zwei weitere Kenngrößen entscheidend. Dabei wurde bereits berücksichtigt, dass für das vorliegende Hallenobjekt keine mechanische Lüftung geplant ist. Somit gilt es in diesem Fall nur zwischen dem infiltrierenden Luftvolumenstrom und dem objektspezifischen Mindestvolumenstrom zu unterscheiden. Ersterer ist gekennzeichnet durch einen Kaltluft einfall durch Undichtheiten in der Gebäudehülle. Im Allgemeinen erfolgt die Betrachtung hinsichtlich der Luftdurchlässigkeit für das gesamte Gebäude. Da im vorliegenden Fall keine Abweichungen in der Dichtheit der Gebäudehülle vorhanden sind, werden auch hier keine raumweise veränderten Werte bei der Berechnung angesetzt. Die DIN EN 12831 definiert im Beiblatt 1 fünf Kategorien der Gebäudedichtheit mit unterschiedlichen Bemessungswerten. Da es sich bei dem Mehrzweckgebäude um ein nicht nach EnEV errichtetes Gebäude handelt, kommen nur die letzten drei Kategorien in Frage. Aufgrund dessen, dass im Zuge der Sanierungsmaßnahmen ein Großteil der alten Fensterflächen verschlossen wird und im Bereich der bestehenden ein Austausch erfolgt, wird das Objekt der Kategorie II der Tabelle 9 des Nationalen Anhangs der DIN EN 12831 zugeordnet. Im Bestandsobjekt traten durch die sehr großflächigen Fenster mit ihrer Industrieverglasung und den Metallrahmen große Undichtheiten auf. Durch die geplanten Sanierungsarbeiten lassen sich diese zu einem sehr großen Teil beseitigen und damit kann bei der Berechnung ein Bemessungswert für den durch Infiltration verursachten Luftwechsel von 4h^{-1} angesetzt werden. Mit Hilfe der zu definierenden Gebäudelage soll eine Korrektur dieses Wertes erfolgen. Dabei werden unter anderem verschiedene Abschirmklassen zugrunde

gelegt. Diese sollen eine standortabhängige Korrektur des Luftwechsels zulassen. In Abhängigkeit der Anzahl der Fensterflächen, welche über eine Öffnung verfügen, lässt sich der Wert um einen bestimmten Prozentsatz reduzieren. Hierbei erfolgt die Betrachtung raumweise. Da sich das Objekt in Immobilienkomplex des Deutschen Brennstoffinstitutes eingliedert kann man von einer moderaten Abschirmung ausgehen. Somit ergeben sich folgende Abschirmkoeffizienten e :

Hallenbereich:	Zwei dem Wind ausgesetzte Fassaden	$e=0,03$
Prüfraum:	Keine dem Wind ausgesetzte Fassade	$e=0,00$

Eine weitere Korrektur des infiltrierenden Luftvolumenstroms erfolgt unter Berücksichtigung der Höhe des jeweiligen Raumes. Mit steigender Höhe des Raumes über dem Erdboden nimmt der Windeinfluss zu. Dadurch kann es speziell bei hohen Gebäuden notwendig werden, eine Korrektur des infiltrierten Volumenstroms nach oben durchzuführen. Laut Tabelle 11 des Nationalen Anhangs der DIN EN 12831 wird eine Korrektur mit Hilfe des Höhenkorrekturfaktors ε erst ab einer Höhe von 10 m über dem Erdreich notwendig. Da die Entfernung von Raummitte bis Erdoberkante bei dem vorliegenden Hallenteil jedoch kleiner als 10 Meter ist, wird der Höhenkorrekturfaktor $\varepsilon=1$ gesetzt und bleibt damit unberücksichtigt.

Diesem durch Infiltrationen hervorgerufenen Luftvolumenstrom steht der objektspezifisch notwendige Mindestvolumenstrom gegenüber. Dieser muss dem Raum zugeführt werden, um die hygienischen Mindestanforderungen zu gewährleisten. Das bedeutet, dass dem Raum ein bestimmter Anteil Außenluft zugeführt werden muss um Schäden am Gebäude durch Schimmelbildung zu verhindern. Speziell für nachträglich abgedichtete Gebäude wird dies immer mehr von Bedeutung, da hier der notwendige Volumenstrom nicht mehr gewährleistet werden kann. In der Tabelle 8 des Beiblattes 1 der DIN EN 12831 sind zwar Mindestluftwechsel n_{min} definiert, jedoch wird es notwendig, für Räume mit einer Höhe vom über 3 Metern einen angemessenen Luftwechsel festzulegen. In Absprache mit dem Bauherrn wurde für den Hallenbereich des vorhandenen Objektes ein Mindestluftwechsel $n_{min}=1 \text{ h}^{-1}$ und für den Prüfraum $n_{min}=0,5 \text{ h}^{-1}$ angesetzt, um entsprechende maximal zulässige Arbeitsplatzkonzentrationen in den Bereichen einzuhalten.

2.2.4. Norm- Transmissionswärmeverluste

Der Norm-Transmissionswärmeverlust Φ_T berücksichtigt alle von einem Raum abgegebenen Verluste infolge von Transmission. Diese Verluste werden durch die Transmissionswärmeverlustkoeffizienten H_T und die Normtemperaturdifferenz im Auslegungszustand bestimmt. Ersterer setzt sich aus den nachfolgenden vier Einzelverlusten zusammen:

- Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes durch die Gebäudehülle an die äußere Umgebung ($H_{T,ie}$)
- Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes an einen benachbarten Raum mit anderer Innentemperatur ($H_{T,ij}$)
- Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes durch einen unbeheizten Raum an die äußere Umgebung ($H_{T,iue}$)
- Transmissionswärmeverlust eines beheizten Raumes an das Erdreich ($H_{T,ig}$)

Im konkreten Fall können die letzteren beiden jedoch vernachlässigt werden, da sich der betreffende Hallenteil zum einen im Obergeschoss des Objektes befindet und somit keine erdberührenden Flächen vorhanden sind und zum anderen nur von Räumen mit unterschiedlicher Temperatur umgeben ist. Daher entfallen die Summanden $H_{T,iue}$ und $H_{T,ig}$ auch in diesem Projekt bei der Berechnung.

So ergibt sich der Norm-Transmissionsverlust Φ_T eines Raumes i nach Formel 9.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ij}) \times (\vartheta_i - \vartheta_e)$$

Formel 9

Direkte Wärmeverluste über die Gebäudehülle beschreiben alle energetischen Verluste welche direkt über die Umschließungsflächen nach außen abgegeben werden. Sie werden im Wesentlichen nur durch die betreffende Bauteilfläche sowie deren Wärmedurchgangskoeffizient bestimmt. Zusätzlich müssen jedoch noch konstruktionsbedingte Verluste mit berücksichtigt werden. Für das vorliegende Hallengebäude wurde ein, im Beiblatt 1 der DIN EN 12831 enthaltener, Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} von 0,10 W/m²K angesetzt, da es sich um ein Bestandsobjekt handelt. Somit kann nicht davon ausgegangen werden, dass beim Bau des Objektes besondere Anforderungen zur Vermeidung von Wärmebrücken gestellt wurden.

Gemäß den Bestimmungen des Beiblattes 1 der DIN EN 12831 wurden witterungsbedingte Einflüsse auf die Transmissionswärmeverluste unberücksichtigt gelassen und die Korrekturfaktoren gleich 1 gesetzt.

Somit ergibt sich für die Berechnung der direkten Transmissionswärmeverlustkoeffizienten $H_{T,ie}$ nach außen die Formel 10.

$$H_{T,ie} = \sum A \times (U + \Delta U_{WB}) \quad \text{Formel 10}$$

Damit ergibt sich für den Transmissionswärmeverlust $\Phi_{T,e}$ an die äußere Umgebung die Formel 11.

$$\Phi_{T,ie} = \sum H_{T,e} \times (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad \text{Formel 11}$$

Eine bauteilspezifische Berechnung wurde mit der Planungssoftware Dendrit Version 5.5 ermittelt und ist der in Anlage A1 angefügten Übersicht zu entnehmen. Somit ergab sich in Summe für den Hallenbereich ein Gesamtwärmeverlust an die äußere Umgebung von 8321 W. Für den Prüfraum beträgt der Wert 1317 W.

Die im Grundriss der Halle (siehe Anlage A14) erkenntlichen Betonträger wurden bei den Transmissionswärmeverlusten nicht als übertragendes Bauteil berücksichtigt, da sie keine direkte Verbindung mit der Außenwand besitzen. In Bezug auf die beiden Trennwände zwischen den Hallenbereichen wurden sie hingegen als separater Wandabschnitt in die Betrachtung einbezogen, weil sie in diesen Bereichen voll mit in den Wandaufbau integriert sind.

Die Verluste gegen Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen stellen dabei den zweiten Schwerpunkt im Bereich der durch Transmission entstehenden Verluste dar. Auch hier werden aufgrund der vorhandenen Temperaturdifferenz Wärmeströme übertragen. Der Wärmeverlustkoeffizient $H_{T,ij}$ des Raumes wird analog dem vorangegangenen Absatz im Wesentlichen durch das Flächenmaß der jeweiligen Trennfläche sowie deren Wärmedurchgangskoeffizienten bestimmt. Im Unterschied zum vorangegangenen Abschnitt werden hier keine Wärmebrücken mit in die Betrachtung einbezogen und es wird der Berechnung eine andere Temperaturdifferenz zugrunde gelegt. So erfolgt hier eine Korrektur der Norm-Temperaturdifferenz über den nach Formel 12 errechneten Temperaturreduktionsfaktor f_{ij} .

$$f_{ij} = \frac{\vartheta_{i,i} - \vartheta_{i,j}}{\vartheta_{i,i} - \vartheta_e} \quad \text{Formel 12}$$

Dazu ist es notwendig die Innentemperatur $\vartheta_{i,j}$ des benachbarten Raumes zu kennen. Dies ist nicht zuletzt für die Trennflächen zwischen den unterschiedlichen Hal-

lenbereichen von Relevanz, sondern spielt auch im Bereich der Bodenplatte eine entscheidende Rolle. Für die angrenzenden Hallenteile 1 und 3 wurde durch das DBI die Vorgabe getroffen, diese über ein separates Heizungssystem zu beheizen. Für diese Bereiche sieht die DIN EN 12831 vor, die angrenzende Temperatur auf das Jahresmittel der Außentemperatur $\vartheta_{m,e}$ zu legen. Somit wird für die weiterführende Betrachtung eine Temperatur von 6,3°C angesetzt. Dies soll eine mögliche, nicht kontinuierliche Beheizung der Nachbarräume und die damit verbundenen höheren Wärmeverluste berücksichtigen. Für die unterhalb des Hallenbereiches befindlichen Büro und Laborräume wurde mit dem Bauherrn eine Raumtemperatur von 20°C vereinbart. Diese Räume werden ebenfalls durch ein eigenständiges Heizungssystem versorgt, so kann in diesen Bereichen jedoch von einer konstanten Beheizung ausgegangen werden.

Somit ergeben sich nach **Formel 12** die nachfolgenden dargestellten Temperaturreduktionsfaktoren:

Trennflächen zwischen:	Temperaturreduktionsfaktor f_{ij}
den Hallenbereichen	0,20
Unter- und Obergeschoss	-0,29
Hallenbereich und Prüfraum	-0,29

Tabelle 4: Temperaturreduktionsfaktoren zu Räumen unterschiedlicher Temperatur (Bezugsraum Hallenbereich 2)

Trennflächen zwischen:	Temperaturreduktionsfaktor f_{ij}
Prüfraum und Halle 1	0,38
Unter- und Obergeschoss	0,00
Halle 2 und Prüfraum	0,22

Tabelle 5: Temperaturreduktionsfaktoren zu Räumen unterschiedlicher Temperatur (Bezugsraum Prüfraum)

Unter Berücksichtigung aller genannten Einflussfaktoren ergibt sich der Wärmeverlustkoeffizient des jeweiligen Raumes nach Formel 13.

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} \times A_k \times U_k \quad \text{Formel 13}$$

In Verbindung mit der Norm-Temperaturdifferenz ergibt sich nach Formel 14 der Transmissionswärmeverlust zwischen den beiden beheizten Räumen unterschiedlicher Temperatur. Die Temperaturkorrektur erfolgt dabei schon bei der Berechnung des Verlustkoeffizienten.

$$\Phi_{T,i} = \sum H_{T,ij} \times (\vartheta_{i,i} - \vartheta_e) \quad \text{Formel 14}$$

Die bauteilspezifischen Verlustwerte wurden wiederum mit Hilfe der Planungssoftware Dendrit Version 5.5 ermittelt. Sie sind im Anhang A1 der Arbeit dargestellt und nach der jeweiligen Bauteilausrichtung aufgelistet. Summiert man sie, lässt sich für den Hallenbereich ein Gesamtwärmeverlust durch Transmission von 10,592 kW feststellen. Für den Prüfraum beträgt dieser 2,157 kW.

2.2.5. Norm-Lüftungswärmeverlust

Der Normlüftungswärmeverlust $\Phi_{V,i}$ ergibt sich aus dem Norm-Lüftungswärmeverlustkoeffizient $H_{V,i}$ und der Norm-Temperaturdifferenz für den betreffenden Raum über die **Formel 15**.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \times (\vartheta_{ii} - \vartheta_e) \quad \text{Formel 15}$$

Der Norm-Lüftungswärmeverlust-Koeffizient $H_{V,i}$ eines beheizten Raumes ergibt sich bei vereinfachter Betrachtung nach der Formel 16. Dabei werden sowohl die Dichte der Luft als auch ihre spezifische Wärmekapazität als Konstanten betrachtet und zum Faktor 0,34 zusammengefasst. Der thermisch relevante Volumenstrom \dot{V}_{therm} stellt dabei den wirklich wirksamen Luftvolumenstrom des betreffenden Raumes dar und richtet sich nach der Art der Lüftung.

$$H_{V,i} = 0,34 \times \dot{V}_{therm} \text{ bzw. } \dot{V}_i \quad \text{Formel 16}$$

Prinzipiell werden zwei Arten der Lüftung unterschieden. Zum einen die natürliche Lüftung die infolge von Infiltrationen über die Gebäudehülle auftritt und zum anderen die mechanische Lüftung die beim Einsatz einer raumluftechnischen Anlage, kurz RLT Anlage, zum Tragen kommt. Im vorliegenden Fall muss jedoch nur die natürliche Lüftung betrachtet werden, da für das Gebäude keine RLT- Anlage im Planungskonzept vorgesehen ist. Wie bereits im Abschnitt 2.2.3 dargelegt, werden der infiltrierte Luftvolumenstrom und der Mindestluftvolumenstrom miteinander verglichen.

Der Größere der beiden bildet dann den entsprechend thermisch relevanten Luftvolumenstrom des Raumes.

Nach den im Abschnitt 2.2.3 getroffenen Festlegungen über die Mindestluftwechsel der Räume ergeben sich nach der Formel 17 die notwendigen Mindestluftvolumenströme. Diese können, wie das aus den lichten Innenmaßen des Raumes ermittelte Raumvolumen V_i , dem im Anhang beiliegenden Berechnungsblatt entnommen werden.

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \times V_i \quad \text{Formel 17}$$

Über die vereinfacht angenommene Kontinuität der spezifischen Wärmekapazität und Dichte der Zuluft lässt sich der Wärmeverlust, der aus dem Mindestlüftungsvolumenstrom resultiert, nach der Formel 18 ermitteln.

$$\Phi_{V,min} = 0,34 \times \dot{V}_{min} \times (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad \text{Formel 18}$$

Der durch Infiltration auftretende Luftvolumenstrom des Raumes ergibt sich nach Formel 19. Die für die Berechnung vorliegenden Bedingungen wurden ebenfalls im Abschnitt unter 2.2.3. vorab festgelegt und sind im beiliegenden Berechnungsblatt (Anlage A1) aufgeführt.

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \times \dot{V}_i \times n_{50} \times e \times \epsilon \quad \text{Formel 19}$$

Die auftretenden Wärmeverluste aus Infiltrationen ergeben sich aus der nachfolgenden Formel 20 unter Berücksichtigung der Normtemperaturdifferenz.

$$\Phi_{V,inf} = 0,34 \times \dot{V}_{inf} \times (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad \text{Formel 20}$$

Da der Prüfraum über keine dem Wind ausgesetzte Fassade verfügt, ergibt sich für diesen ein Infiltrationsvolumenstrom von $\dot{V}_{inf,i}=0$. Damit stellt der Mindestlüftungsvolumenstrom den thermisch relevanten Luftvolumenstrom für diesen Raum dar. Dadurch ergibt sich ein Wärmeverlust von 1,209 kW für diesen Raum. Bei dem Hallenbereich stellt sich ein ermittelter Mindestluftvolumenstrom von 1456,2 m³/h ein. Dieser liegt deutlich oberhalb des durch Infiltration hervorgerufenen Volumenstroms von 349,5 m³/h. Ersterer stellt damit auch für den Hallenbereich den thermisch relevanten Volumenstrom dar und bedingt einen Wärmeverlust von 13,863 kW für den Raum.

2.2.6. Aufheizleistung

Für Räume mit einem unterbrochenen Heizbetrieb wird eine Aufheizleistung benötigt, um den aufgetretenen Temperaturabfall während der Heizpause in einem bestimmten Zeitintervall zu kompensieren. Diese zusätzliche Aufheizleistung ist jedoch nach DIN EN 12831 nicht Bestandteil der Norm-Heizlast und muss zusätzlich mit dem Bauherrn vereinbart und ausgewiesen werden. Dies erfolgt in den meisten Fällen nur raumweise. Da im vorliegenden Fall jedoch von einer Absenkung ausgegangen werden kann, ist bei der Berechnung eine Zusatzaufheizleistung für den Hallenbereich vereinbart wurden. Die Absenkung ergibt sich durch das Nutzungsprofil des Objektes. Dies sieht einen Nichtnutzungszeitraum von 14h vor. Die resultierende Aufheizleistung ist dabei im Anhang A1 für den Hallenbereich gesondert aufgeführt. Für den Prüfraum wurde keine Absenkung vereinbart. In diesem Fall kann von einer durchgängigen Beheizung ausgegangen werden. Somit ist es für diesen Raum auch nicht notwendig, einen zusätzlichen Leistungszuschlag zu berücksichtigen.

2.2.7. Norm-Heizlast

Die Norm-Heizlast kann entweder auf einen Raum oder ein Gebäude bzw. eine Gebäudeeinheit bezogen werden. Je nach Betrachtung ergeben sich unterschiedliche Wärmeströme, die in die Berechnung einfließen. So werden bei der Norm-Heizlast eines beheizten Raumes alle auftretenden Wärmeverluste betrachtet, wo hingegen bei einer gebäudeweisen Bestimmung der Wärmefluss zwischen beheizten Räumen einer Gebäudeeinheit, die über dieselbe Heizungsanlage versorgt werden, nicht berücksichtigt wird. Somit ergibt sich die Heizlast eines Raumes nach **Formel 21**.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad \text{Formel 21}$$

$$\Phi_{HL,Geb} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad \text{Formel 22}$$

Um bei einer raumweisen Betrachtung eine Vergleichbarkeit der errechneten Werte zu ermöglichen, wird aus der sogenannten Netto-Heizlast die flächen- bzw. raumbezogene Heizlast ermittelt. Die Netto-Heizlast errechnet sich analog der Formel 21, jedoch ohne Berücksichtigung der Aufheizleistung $\Phi_{RH,i}$. Es werden nur der Transmissionsverlust $\Phi_{T,i}$ und die Lüftungsverluste $\Phi_{V,i}$ des Raumes betrachtet.

Speziell für die weitere Dimensionierung der Heizflächen, aber auch des Wärmeerzeugers ist die Raumheizlast entscheidend. Durch das Berechnungsprogramm erga-

ben sich die im Berechnungsblatt in Anlage A1 angefügten Raumheizlasten. Für den Hallenbereich wurde so eine notwendige Gesamtleistung von 24,455 kW errechnet. Dies entspricht 135,9 W/m². Für den Prüfraum beträgt die Norm-Heizlast 3,366 kW, was wiederum einer flächenbezogenen Leistung von 34,1 W/m² entspricht.

2.3. Konzipierung eines projektspezifischen Anlagenkonzeptes

2.3.1. Prüfraum

Analog dem Abschnitt 2.1 muss auch für den Prüfraum zwischen einem konvektiv arbeitenden und einem strahlungsgebunden Heizungssystem unterschieden werden. Dabei stehen jedoch nicht die im Abschnitt 2.1 betrachteten Systeme im Vordergrund. Vielmehr muss bei der Wahl zwischen Flächenheizsystemen oder der klassischen Beheizung mit Hilfe von Heizkörpern unterschieden werden. Anders als im Unterpunkt „Systemvergleich und Systemauswahl“ sollen hier jedoch weniger die Vor- und Nachteile einzelner Systemvarianten dargestellt werden, sondern gleich eine konkrete Konzeptionierung einer für diesen Raum geeigneten Anlage erfolgen. Diese ergibt sich im konkreten Fall aus den baulichen Gegebenheiten und dem finanziellen Aufwand für die Installation. Behaglichkeits- Kriterien und energetische Betrachtungen hinsichtlich der Energieeffizienz dabei nur in untergeordneter Form eine Rolle spielen.

Der Prüfraum, welcher schon vor Beginn der Planungsarbeiten für die Sanierung des Mehrzweckgebäudes bestand, wurde wie bereits erwähnt schon im Jahre 2000 vom Rest des Hallenbereiches abgetrennt. Der Raum wurde über einen in Halle 1 aufgestellten Niedertemperaturkessel versorgt. Dieser war als Zentralgerät sowohl für die Versorgung der im Kopfbau befindlichen Räume zuständig als auch für einzelne Teile des Hallenbereiches 2 und 3. Die Beheizung des Prüfraumes erfolgte über Plattenheizkörper. Die Anordnung der bestehenden Heizflächen sowie deren Leitungsverlauf sind der Zeichnung Nr. 3 im Anhang A14 zu entnehmen. Die geplanten Sanierungsmaßnahmen gehen auch mit einer geplanten Umnutzung des Hallenbereiches 1 einher. Dementsprechend muss die bestehende Heizungsanlage überarbeitet und neu konzipiert werden. Dazu wird es notwendig, für den Prüfraum ein neues Anlagenkonzept zu erarbeiten. Da für diesen keine baulichen Änderungen vorgesehen sind entfällt der Einsatz einer Flächenheizung für die weiterführende Betrachtung. Die Beheizung des Raumes erfolgt also wie bisher über Heizkörper. Weil die beste-

henden Heizflächen nach Vorgabe des DBI erneuert werden sollen, ist im Zuge dieser Arbeit eine genaue Auslegung auf die geänderten baulichen Gegebenheiten geplant.

Wärmeerzeuger

Zuerst muss ein neuer Wärmeerzeuger und Aufstellungsort gewählt werden. Durch das DBI ist vorgesehen im Kopfbau des Objektes ein KWK- Schulungszentrum zu errichten. Um den Betrieb der aufgestellten Geräte wirtschaftlich zu gestalten, ist geplant, die während des Betriebs der Geräte frei werdende Wärme in einem dafür vorgesehenen Speicher zu puffern. Der zur Aufstellung vorgesehene Raum kann der Zeichnung Nr. 13 im Anhang A14 entnommen werden. Die gespeicherte Wärme soll dann im Bedarfsfall zur Beheizung der im Kopfbau befindlichen Räumlichkeiten genutzt werden. Um eine möglichst große Wärmeabnahme für die Geräte zu schaffen, bietet es sich an, die Beheizung des Prüfraumes ebenfalls mit über diese Geräte zu realisieren. Mit Ersatz des ursprünglich eingesetzten Niedertemperaturkessels durch eine solche Anbindung an eine KWK - Anlage würde nicht nur eine energetische Optimierung des vorhandenen Anlagensystems erfolgen. Gleichzeitig kann dadurch, im Hinblick auf betriebswirtschaftliche Aspekte, der Betrieb der KWK - Anlage verbessert werden. Da für den Kopfbau noch kein konkretes Heizkonzept erstellt wurde, wird für weitere Betrachtungen davon ausgegangen, dass der Prüfraum über einen eigenen Heizkreis versorgt wird. Dieser wird über den Speicher, welcher als hydraulische Weiche arbeitet, vom restlichen System getrennt.

Heizflächen

Um eine Auslegung der Heizflächen durchführen zu können, ist es notwendig, vorab Auslegungstemperaturen zu definieren. Im vorliegenden Fall wurden in Absprache mit Herrn Dipl.-Ing. Ranneberg folgende Auslegungsparameter definiert:

Vorlauftemperatur: 70 °C

Rücklauftemperatur: 55 °C

Raumtemperatur: 20 °C

Für die Auswahl der Heizflächen wurde der Produktkatalog der Firma Buderus herangezogen. Die Anordnung der Heizflächen ist durch Vorgabe des DBI nur im Bereich der nach Nord-Westen ausgerichteten Innenwand möglich. Für den Prüfraum wurde nach Abschnitt 2.2 eine Auslegungsheizlast von 2121 W ermittelt. Diese Leistung muss dem Raum über ausgewählte Heizflächen zugeführt werden. In den Pro-

duktunterlagen sind für bestimmte Norm-Auslegungstemperaturen entsprechende mögliche Übertragungsleistungen definiert.

So können die in Abhängigkeit der Übertragungsfläche möglichen Wärmeleistungen der Heizkörper direkt dem Produktdatenblatt in Anlage A3 entnommen werden. Eingesetzt werden sollen Flachheizkörper mit Ventilkompaktausführung. Das bedeutet für die Heizkörper ist keine zusätzliche Auswahl des Thermostatventiles notwendig da dies bereits integriert ist. Die mögliche Anordnung der Heizflächen bedingt dabei die nachfolgend aus den Herstellerunterlagen getroffene Auswahl:

Nr.	Heizkörperabmessung (Höhe X Länge)	Typ	Übertragungsleistung [W]
1	500 X 1200	22	1397
2	500 X 1200	22	1397

Tabelle 6: gewählte Heizkörperabmessung und resultierende Wärmeleistung bei 70/55/20 °C

Somit kann dem Raum in Summe eine Wärmeleistung von 2794 W zugeführt werden, welche oberhalb der notwendigen 2725 W liegt.

Dimensionierung Heizungsleitungen

Um diese Leistung über den Verbraucherkreis zu den Heizflächen zu transportieren, ist ein bestimmter Heizmittelmassenstrom notwendig. Dieser ergibt sich durch Umstellung der **Formel 23**.

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c \times \Delta\vartheta$$

Formel 23

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \times \Delta\vartheta}$$

Formel 24

Unter Berücksichtigung der **Formel 24** ergeben sich die notwendigen Heizmittelmassenströme über die Heizflächen. Dabei wird eine Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ zwischen Vor- und Rücklauf von 15 K angesetzt. Für die spezifische Wärmekapazität von Wasser wurde ein Wert von 4,19 kJ/(kgK) angesetzt. Die Berechnung erfolgt zunächst für die Verteilungsleitung. Die Heizmittelmassenströme sowie die Dimensionen mit den dazugehörigen Strömungsgeschwindigkeiten für die Vor- und Rücklaufleitung zu den einzelnen Heizkörpern können der Anlage A3 entnommen werden. Die gewählten Abmessungen gelten sowohl vor- als auch rücklaufseitig.

$$\dot{m} = \frac{2794 \text{ W}}{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times 15 \text{ K}}$$

$$\dot{m} = \underline{\underline{160,04 \text{ kg/h}}}$$

Durch diese bereitzustellenden Heizmittelmassenströme lassen sich über den nach **Formel 25** dargestellten Zusammenhang die notwendigen Volumenströme ermitteln:

$$\rho = \frac{\dot{m}}{\dot{V}} \quad \text{Formel 25}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad \text{Formel 26}$$

$$\dot{V} = \frac{160,04 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{982,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\dot{V} = \underline{\underline{0,163 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Als Dichte ρ wurde die Dichte von Wasser bei einer mittleren Medientemperatur von 62 °C angesetzt.¹²

Durch Umstellen der Kontinuitätsgleichung **Formel 27** ergibt sich der notwendige Rohrrinnendurchmesser. Dieser entspricht dem freien Querschnitt der Rohrleitung und lässt sich unter Berücksichtigung des eben ermittelten Durchflusses für die Verteilungsleitung nach **Formel 28** berechnen.

$$\dot{V} = \frac{\pi}{4} \times d_i^2 \times w \quad \text{Formel 27}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times \dot{V}}{w \times \pi}} \quad \text{Formel 28}$$

¹² Günther, 2007, S.45

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times 0,159 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$\underline{d_i = 0,0076 \text{ m} = 7,6 \text{ mm}}$$

Für die Strömungsgeschwindigkeit wurde ein Richtwert von $w = 1,0 \text{ m/s}$ ¹³ angenommen. Damit wurde ein Innendurchmesser von 7,6 mm ermittelt. Nach DIN 1057:2010 für nahtloses Kupferrohr entspricht dies jedoch keiner standardisierten Abmessung. Für die Verteilungsleitung wurde daher ein Rohr mit einer Abmessung 15 x 1 (Außendurchmesser x Wanddicke in mm) gewählt. Dies entspricht laut vorangegangener Norm einer Nennweite DN 12 mit einem Innendurchmesser $d_i = 13 \text{ mm}$. Im Hinblick auf eine Kostenreduzierung und der Anschlussgröße der Heizkörper wird dies auch als kleinste mögliche Abmessung angesetzt. Damit wird es jedoch notwendig durch Umstellen der **Formel 27** auf die reale Strömungsgeschwindigkeit zurückzurechnen.

$$w_{real} = \frac{4 \times \dot{V}}{d_i^2 \times \pi}$$

Formel 29

$$w_{real} = \frac{4 \times 0,159 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{(0,013 \text{ m})^2 \times \pi}$$

$$\underline{w_{real} = 0,33 \text{ m/s}}$$

Auslegung der Pumpe

Die Auswahl der Pumpe erfolgt mit dem Auswahlprogramm Wilo Select, Version 3.1.8 DE 01/2009. Grundlage dafür bilden der maximale Volumenstrom des Heizkreises und der Druckverlust des ungünstigsten Heizkörpers im Heizkreis. Der maximale Volumenstrom entspricht in diesem Fall dem für die Verteilungsleitung ermittelten Durchfluss von 0,159 m³/h.

Um den für die Auslegung relevanten Druckverlust zu ermitteln, müssen die Druckverluste der geraden Rohrleitung und der darin befindlichen Formstücke berücksich-

¹³ Tiator, 2006, S.256

tigt werden. Neben den Einzelwiderständen müssen zusätzlich noch der Druckverlust der eingebauten Heizkörper und der Druckverlust über das voll geöffnete Thermostatventil berücksichtigt werden. Der Druckverlust des Wärmeerzeugers ist im vorliegenden Fall nicht von Bedeutung, da der Erzeugerkreis über den als hydraulische Weiche arbeitenden Speicher vom Verbraucherkreis hydraulisch getrennt ist. Er besitzt also eine separate Pumpe, deren Auslegung aber nicht Teil dieser Arbeit ist. Der Heizkreis des Prüfraumes wird über einen an den Speicher angeschlossenen Verteiler versorgt. Der vor- und rücklaufseitige Eintritt wird bei der Druckverlustberechnung auf die Einzelwiderstände angerechnet.

Im vorliegenden Fall lässt sich überblicken, dass der Heizkörper 2 des Prüfraumes aufgrund des längsten Leitungsweges den größten Gesamtdruckverlust besitzt. Dieser lässt sich über die nachfolgenden Formeln berechnen. Der Gesamtdruckverlust des zweiten Heizkörpers ist der Vollständigkeit halber im Anhang A3 dargestellt.

Der Druckverlust $R \times l$ des geraden Rohres wird dabei über die Formel 30 bestimmt.

$$R \times l = \lambda \times \frac{l}{d} \times w_{real}^2 \times \frac{\rho_m}{2} \quad \text{Formel 30}$$

Für den vorliegenden Fall wurde vorab definiert, dass für die Installation Kupferrohr der Firma Geberit verwendet werden soll. Dementsprechend konnte für die Berechnung auf die Druckverlusttabellen des Installationssystems „Mapress Kupfer“ zurückgegriffen werden.¹⁴ In diesen Tabellen wird das Rohrreibungsdruckgefälle in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit und des Heizmittelmassenstroms vorgegeben. Für den vorliegenden Fall wurden die Tabellen für eine mittlere Temperatur von 60 °C verwendet. So wird eine Korrektur der Tabellenwerte auf die tatsächlich vorhandene mittlere Heizmitteltemperatur notwendig. Dazu wird ein Korrekturfaktor f nach **Formel 31** angesetzt. Das reale Rohrreibungsdruckgefälle ergibt sich aus der Division des Tabellenwertes durch den Korrekturfaktor.

$$f = \frac{\vartheta_{Tabelle}}{\vartheta_{vorhanden}} \quad \text{Formel 31}$$

Damit konnten für die Heizungsleitung zum Heizkörper 2 die folgenden Werte ermittelt werden. Da die Vor- und Rücklaufleitungen über dieselbe Abmessung verfügen

¹⁴Geberit Vertriebs GmbH: Druckverlusttabellen Mapress Kupfer, 2010, S.42

und parallel verlaufen, wurden die Leitungslängen in Tabelle 7 zusammengefasst dargestellt.

Nennmaße d x s [mm]	Heizmittel- massenstrom [kg/h]	vorhandenes Druckgefälle [Pa/m]	Leitungslänge [m]	Druckverlust des geraden Rohres [Pa]
15 x 1	160,04	168	62	12096
15 x 1	80,02	42	38	1596

Tabelle 7: Druckverlust des geraden Rohres zum Heizkörper 2

Für die Verteilungsleitung wurde ein Zuschlag von 5 m auf die Leitungslänge vorgenommen. Dies ist notwendig, da der genaue Aufstellungsort des Verteilers und des Speichers im Raum zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch nicht fest stand. Deshalb wurde für die Leitungen ein Übergabepunkt definiert. Dieser ist der Zeichnung Nr. 13 in Anlage A14 zu entnehmen. Für die vor- und rücklaufseitige Anschlussleitung zwischen Verteiler und Speicher wurde ebenfalls ein Zuschlag von jeweils 1000 Pa angesetzt.

Der Druckverlust der Einzelwiderstände Δp_z im Leitungsweg ergibt sich nach **Formel 32**.

$$\Delta p_z = \sum \zeta \times w^2 \times \frac{\rho_m}{2}$$

Formel 32

Die Zusammenstellung der Widerstandsbeiwerte ζ für die jeweilige Teilstrecke kann der tabellarischen Übersicht des Blattes 2 der Anlage A3 entnommen werden. Um die noch nicht feststehende Anbindung auch hier zu berücksichtigen, wurde für die Teilstrecke 1 und 6 wiederum ein Zuschlag in Form von je vier zusätzlichen Bögen veranschlagt.

Ebenfalls gilt es zu berücksichtigen, dass vorlaufseitig noch zwei Kugelhähne zum absperren der Pumpe eingebaut sind. Des Weiteren wird rücklaufseitig ein Kugelhahn vorgesehen um den Strang im Bedarfsfall vom Gesamtsystem zu trennen. Der Druckverlust des Leitungsweges über den Heizkörper 2 ergibt sich somit wie folgt:

Teil- strecke	Einzel- widerstände $\sum \zeta$	Druckverlust aus Einzel- wider- ständen [Pa]	Summe der Druckverluste aus Rohrreibung und Ein- zelwiderständen der Teil- strecke [Pa]	Gesamtdruckverlust des Leitungsabschnit- tes inklusive der 1000 Pa Zuschlag [Pa]
1	10,5	596	6644	7644
2	7	99	897	8541
3	7	99	897	9438
6	9,5	539	6587	<u>17025</u>

Tabelle 8: Gesamtdruckverlust des Leitungsweges über den Heizkörper 2

In Summe entsteht über die Rohrleitungen des Heizkörpers 2 also ein Gesamtdruckverlust Δp_{TS} von 17025 Pa. Hinzu kommt noch der Druckverlust des Heizkörpers Δp_{HK} . Dieser hängt vom Heizmittelmassenstrom ab und wurde für den Heizkörper 2 mit $\Delta p_{HK} = 45 \text{ Pa}^{15}$ angesetzt. Des Weiteren muss die Pumpe noch Verluste über das Heizkörperventil Δp_V sowie den Druckverlust über die eingesetzten Rücklaufverschraubungen Δp_{RLV} realisieren. Bei den ausgelegten Flachheizkörpern der Firma Buderus kommen folgende Heizkörper-Thermostatventile zum Einsatz¹⁶:

- Standarteinbauventil „N“
 $k_V=0,71 \text{ m}^3/\text{h}$ und Regelabweichung $X_P=1$
- Feinreguliertventil „U“
 $k_V=0,43 \text{ m}^3/\text{h}$ und Regelabweichung $X_P=1$

Der Druckverlust bei voll geöffnetem Ventil (Standarteinbauventil) ergibt sich aus der nachstehenden Formel 33 für den Heizkörper 2 wie folgt.

$$\Delta p_V = \left[\frac{\dot{V}}{k_V} \right]^2$$

Formel 33

¹⁵ Buderus: 2009, S.23

¹⁶ Buderus: 2009, S.24

$$\Delta p_V = \left[\frac{0,082 \frac{m^3}{h}}{0,71 \frac{m^3}{h}} \right]^2$$

$$\underline{\Delta p_V = 1333 Pa}$$

Für das Feinregulierventil ergibt sich nach Formel 33 ein Druckverlust über das voll geöffnete Ventil von $\Delta p_V = 3637 Pa$. Um die Regelfähigkeit des Systems zu erhalten, sollte der Verlust zwischen $4000 Pa$ und $20000 Pa$ liegen. Würde der Wert außerhalb liegen so ist es nicht möglich die gewünschte Regelabweichung von einem Kelvin zu erzielen. Daher wird für die weiterführenden Betrachtungen der Mindestdruckverlust von $4000 Pa$ angesetzt. Um diesen zu erreichen ist es notwendig für den Heizkörper 2 das Standardventil einzusetzen und an diesem eine Voreinstellung auf den Wert 6 vorzunehmen. Dieser Wert ergibt sich über die Formel 35 und die Herstellerunterlagen wie folgt.¹⁷

$$k_V = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p_V - \Delta p}}$$

$$k_V = \frac{0,082 \frac{m^3}{h}}{\sqrt{(4000 - 1333) Pa}}$$

$$\underline{k_V = 0,50 m^3/h}$$

Somit werden über das Thermostatventil zusätzlich zu den $1333 Pa$ Druckverlust noch $2667 Pa$ gedrosselt um die Regelfähigkeit gewährleisten zu können.

Nach VOB/C - DIN 18380: 2010 sind absperrbare und entleerbare Verschraubungen an jedem Heizkörper vorzusehen. Für die in diesem Fall eingesetzten Rücklaufverschraubungen wurde den Berechnungen ein k_V -Wert von $1,8 m^3/h$ zugrunde gelegt.¹⁸ Über die Formel 33 stellt sich somit nachfolgend ein Druckverlust Δp_{RLV} für den Heizkörper 2 ein.

¹⁷ Buderus: 2009, S.27

¹⁸ Danfoss: 2008, S.1

$$\Delta p_{RLV} = \left[\frac{\dot{V}}{k_V} \right]^2$$

$$\Delta p_{RLV} = \left[\frac{0,082 \frac{m^3}{h}}{1,8 \frac{m^3}{h}} \right]^2$$

$$\underline{\Delta p_{RLV} = 208 Pa}$$

So ergibt sich die zur Pumpenauswahl notwendige Pumpenförderhöhe nach der Formel 34 wie folgt. Sie entspricht dem Druckverlust des ungünstigsten Leitungsweges.

$$\Delta p_U = \Delta p_{LW2}$$

Formel 34

$$\Delta p_{LW2} = \Delta p_{TS} + \Delta p_{HK} + \Delta p_V + \Delta p_{RLV}$$

$$\Delta p_{LW2} = (17025 + 45 + 4000 + 208) Pa$$

$$\underline{\Delta p_{LW2} = 21278 Pa}$$

Nachfolgend sollen noch einmal die zur Pumpenauswahl notwendigen Parameter dargestellt sein:

Pumpenförderstrom: $\dot{V} = 0,163 m^3/h$

Pumpenförderhöhe: $H = 21278 Pa \approx 2,1m$

Über das Auswahlprogramm Wilo Select, Version 3.1.8 DE 01/2009 wurde mit diesen Auswahlparametern die Pumpe „Stratos-PICO“ gewählt. Das Datenblatt liegt in Anlage A6 bei.

Hydraulischer Abgleich

Nach VOB/C - DIN 18380: 2010 und Absatz 3.1.1 ist für jede Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich durchzuführen. Dabei wird über das Thermostatventil des Heizkörpers der Druckverlust künstlich erhöht, bis er dem Verlust des ungünstigsten Leitungsweges entspricht. Damit wird gewährleistet, dass der Durchfluss über beide Heizkörper gleich ist und eine Unterversorgung ausgeschlossen wird. Die Drosselung erfolgt maßgeblich über das eingebaute Thermostatventil. In diesem Fall beträgt der

Druckverlust zum Heizkörper 2 wie vorangegangen berechnet 21275 Pa, die Verluste zum Heizkörper 1 hingegen nur 19740 Pa. Es besteht also eine Druckdifferenz $\Delta p_{1/2}$ von 5646 Pa, welche über das Thermostatventil des Heizkörpers 1 gedrosselt werden muss. Dazu muss die Voreinstellung des Ventiles verändert werden. Nach den Herstellerunterlagen der Firma Buderus ist eine Veränderung der Voreinstellung zwischen 1 und 7 stufenlos realisierbar.

Der einzustellende Wert ergibt sich aus dem notwendigen Ventilkennwert. Dieser wird durch Umstellung der Formel 33 wie folgt berechnet:

$$k_V = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p_V + \Delta p_{1/2}}} \quad \text{Formel 35}$$

$$k_V = \frac{0,082 \frac{m^3}{h}}{\sqrt{(4000 + 1538)Pa}}$$

$$\underline{k_V = 0,348 m^3/h}$$

Um einen Abgleich der beiden Heizkörper untereinander durchführen zu können, muss laut Herstellerangaben der Firma Buderus am Thermostatventil des Heizkörpers 1 eine Voreinstellung auf den Wert 5 durchgeführt werden¹⁹. Dies gilt nur unter der Voraussetzung das auch im Heizkörper 1 das Standardventil „N“ mit dem Danfoss Thermostatkopf RA eingesetzt wird. Damit fließt über beide Heizkörper der notwendige Volumenstrom. Die Datenblätter für die Thermostatventile können der Anlage A4 entnommen werden.

Regelung

Die meiste Zeit des jährlichen Außentemperaturverlaufes weicht die Außentemperatur von der für die Leistungsauslegung gewählte Norm- Außentemperatur (für Freiberg -16 °C) ab. Da bei steigender Außentemperatur die Verluste über die Raumschließungsflächen abnehmen, ist es notwendig, auch die durch die Heizflächen bereit zu stellende Wärmemenge an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Damit wird gewährleistet, dass die Heizflächen immer mit der benötigten Energiemenge versorgt werden. Somit kann eine Überversorgung ausgeschlossen werden, was wiederum zur energetischen und betriebswirtschaftlichen Optimierung der Anlage führt. Für den

¹⁹ Buderus: 2009; S.24

Heizkreis über welchen der Prüfraum versorgt wird, ist deshalb eine witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung vorgesehen. Sie erfasst über einen Außentemperaturfühler die Außenlufttemperatur und regelt über einen Mischer die Vorlauftemperatur. Dies wird realisiert, indem kühleres Wasser aus dem Rücklauf dem Vorlauf beigemischt wird. Somit wird schließlich über die Heizflächen nur die Energiemenge zu Verfügung gestellt, welche auch tatsächlich benötigt wird. Damit ergibt sich für die beiden Heizkörper die in Zeichnung Nr. 15 der Anlage A14 dargestellte Heizkreisregelung.

2.3.2. Halle 2

Anders als im Prüfraum ist für den Hallenbereich keine Beheizung des gesamten Raumvolumens notwendig. Hier soll die Beheizung nur in den in Zeichnung Nr. 6 des Anhanges A14 erkenntlichen Arbeitsbereichen erfolgen. Wie bereits in Abschnitt 2.1.4 („Vorauswahl eines projektspezifischen Anlagensystems“) festgestellt wurde, kommt im vorliegenden Fall nur der Einsatz eines Dunkelstrahlersystems in Frage. Aus der Heizlastberechnung in Anhang A1 wird erkenntlich, dass dem Hallenbereich eine Leistung von 33,058 kW zugeführt werden muss, um alle auftretenden Verluste zu kompensieren und um nach einer Absenkezeit von 14 h ein Wiederaufheizen gewährleisten zu können. Wie bereits erwähnt, soll die Leistungsbereitstellung in den Arbeitsbereichen erfolgen, um durch die Strahlungswärme ein thermisch behagliches Raumklima in diesen Bereichen zu schaffen. Damit teilt sich die Gesamtleistung des Hallenbereiches auf die beiden Bereiche auf. Bei dem Projekt sollen Dunkelstrahler der Firma Schwank zum Einsatz kommen. Dazu wurden aus den Herstellerunterlagen zwei Strahler des Systems „calorSchwank D 20 U“ gewählt. Diese decken mit einer jeweiligen Nennwärmebelastung von 19 kW die gesamte raumseitige Heizlast ab. Die genauen Daten können dem Datenblatt in Anlage A7 entnommen werden. Für das vorliegende Projekt wurden die Strahler als zweistufige Geräte gewählt. Aus den Abmessungen der jeweiligen Strahler ergab sich eine Anbringung unterhalb der Galerie als sinnvoll. Dementsprechend müssen die Geräte schräg angebracht werden, um mit dem Strahlungsfeld den gesamten Arbeitsbereich abdecken zu können. Der genaue Aufstellungsort der Geräte ist der Zeichnung Nr. 13 im Anhang A14 zu entnehmen. Die Befestigung soll mit Hilfe von Wandkonsolen erfolgen, die eine schräge Anbringung ermöglichen. Der Betrieb der Geräte soll mit Erdgas H erfolgen. Dazu ist es notwendig, bauseits einen Gasanschluss mit entsprechendem Anschlusswert zur Verfügung zu stellen. Als Anschlussbedingung wird durch die Firma Schwank ein verfügbarer Eingangsdruck von 50 mbar definiert Die Dimensionierung

der Gasstrecke erfolgt im Abschnitt 4.1. Die Regelung der Geräte erfolgt über eine angebotene Universalregelung der Firma Schwank. Über die „ThermoControl Plus 2 Regelung“ (die Daten können dem Datenblatt in Anlage A8 entnommen werden) ist es möglich, die Geräte zweistufig zu betreiben und eine Nacht- und Frostschutztemperatur für den Hallenbereich zu definieren. Damit kann gewährleistet werden, dass auch innerhalb längerer Absenkphasen eine Frostfreihaltung für den vorliegenden Hallenbereich realisiert werden kann.

Die Strahler sollen als raumluftunabhängige Geräte betrieben werden. In diesem Zusammenhang ist es notwendig, in der Galerie bauseits Öffnungen vorzusehen. Die Abgasführung soll dabei für jedes Gerät über ein konzentrisches Abgassystem direkt über Dach erfolgen. Herstellerseitig ist dafür ein Rohr im Rohrsystem mit einem Durchmesser von 100 mm vorgesehen.²⁰ Die geplanten Bereiche, in denen das Luft-Abgassystem durch die Galerie und über Dach geführt werden soll, sind dabei in der Zeichnung Nr. 7 im Anhang A14 ersichtlich.

²⁰ Schwank: Datenblatt für Infrarot Dunkelstrahler calorSchwank D Anlage A7

3. Energetische Optimierung des Hallenbereiches durch bauphysikalische Änderung der Umschließungs- flächen

3.1. Grundlagen

Im Zuge der weltweiten Verknappung fossiler Energieträger und einer ständigen Zunahme des Energieverbrauchs ist es notwendig, die Effizienz eingesetzter Versorgungssysteme zu erhöhen und den Einsatz erneuerbarer Energien weiter voranzutreiben. Zu diesem Zweck wird auf nationaler Ebene eine Vielzahl von Lösungsansätzen erarbeitet, welche eine Verknüpfung zwischen der Nutzung regenerativer Energiesysteme und der Senkung anlagenbedingter Energieaufwendungen schaffen sollen. Speziell für Deutschland werden dazu stetig neue Verordnungen auf den Weg gebracht und bestehende im Hinblick auf die einzuhaltenden Grenzwerte verschärft. Eine der wichtigsten Verordnungen für diese Verknüpfung bildet, neben dem Erneuerbare – Energie – Wärmegesetz (EEWärmeG), dabei die seit 1. Oktober 2009 bundesweit gültige Energieeinsparverordnung (EnEV). In ihr werden, unter Berücksichtigung weiterer nationaler und internationaler Normen und Richtlinien, Anforderungen an die energetische Beschaffenheit von Gebäuden definiert. Dabei werden neben Wohngebäuden auch Nichtwohngebäude hinsichtlich ihres Energiebedarfs bewertet. Speziell für Nichtwohngebäude ist schon seit 2007 ein bedarfsorientierter Nachweis der Gesamtenergieeffizienz nach DIN V 18599 vorgeschrieben. Dieser umfasst dabei neben dem Neubau auch zu einem wesentlichen Teil den Bereich der Bestandsgebäude. Diese weisen im Verhältnis zu Neubauten ein großes Potential hinsichtlich energetischer Einsparungen auf. Die DIN V 18599 verknüpft zur Energetischen Bewertung des Gesamtobjektes den Energiebedarf von Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwassererwärmung und Beleuchtung miteinander. Durch diese Vielzahl an Bewertungsfaktoren gestaltet sich das Nachweisverfahren und die damit verbundene Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs als sehr komplex und soll nicht als Bestandteil dieser Arbeit gelten. Vielmehr sollen hier die im Zuge der Sanierungsmaßnahmen möglichen Veränderungen an der Gebäudehülle aufgezeigt werden und deren Einfluss auf die Transmissionswärmeverluste dargestellt werden. Weitere Optimierungsmöglichkeiten können aufgrund ihrer Fülle im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht dargestellt werden. Die Verminderung der Norm-Heizlast durch Änderungen der

Bauphysik des Objektes lässt jedoch das größte Einsparpotential zu. Daher sollen im Folgenden die geplanten baulichen Änderungen dargelegt werden.

3.2. Bauliche Änderungen

Um für die Sanierungsmaßnahmen einen Überblick über die am Gesamtwärmeverlust des Hallenbereiches 2 anteiligen Wärmeverluste im Bestand zu erhalten wurde die nachfolgende Grafik entwickelt.

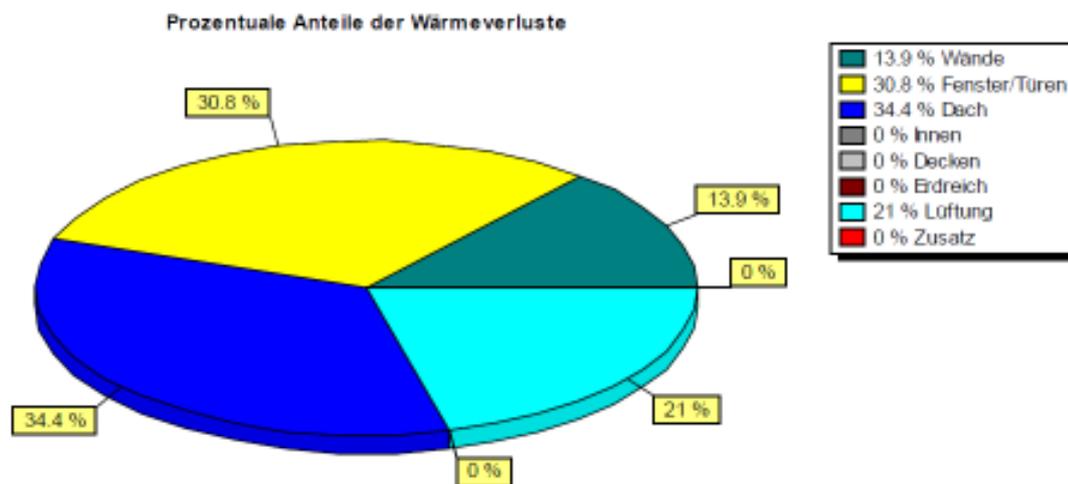


Abbildung 9: Prozentualer Anteil der Wärmeverluste

(Quelle: Auszug aus der Planungssoftware Dendrit Version 5.5)

Der Aufstellung wurde eine Normgebäudeheizlast vor den Sanierungsmaßnahmen von 34,5 kW zugrunde gelegt. Diese liegt rund 13 kW über der in Anhang A1 dargestellten Heizlast, welche unter Berücksichtigung der nachfolgenden dargelegten Umbaumaßnahmen ermittelt wurde. Wie die Abbildung 9 erkennen lässt, treten die größten Verluste über den Dachbereich auf. Diese ergaben sich vor allem durch die durchfeuchtete Dämmschicht im Bereich der Dachkonstruktion. Durch festgestellte Undichtheiten kam es über die Jahre hinweg zu einer Feuchteeinlagerung innerhalb der auf die Stahlbetonfertigteildecke aufgeschäumten Dämmschicht. Somit ging der Dämmeffekt durch eine stetige Verminderung des Wärmeleitwiderstandes immer weiter verloren. Für die Berechnung der Norm-Heizlast im Bestandsobjekt wurde diese unberücksichtigt gelassen, womit sich ein Wärmdurchgangskoeffizient von $U=2,250 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für das Dach ergab. Das hätte nach **Formel 10** und **Formel 11** in Ab-

schnitt 2.2.4 („Norm- Transmissionswärmeverluste“) eine Verlustleistung von annähernd 12 kW nur über die Dachfläche zur Folge gehabt. Aus diesem Grund und schon allein um Bauschäden am Gebäude zu vermeiden, ist es notwendig, im Zuge der Sanierungsmaßnahmen bauliche Änderungen an der Dachhaut vorzunehmen. Dabei soll die aus Fertigelementen bestehende Grundkonstruktion bestehen bleiben und eine neue Dämmschicht aufgebracht werden. Dazu sollte nach dem Angebot der Dachdeckermeister- Firma H. Müller eine Dämmung aus Polyiso- Hartschaumplatten (Datenblatt liegt im Anhang A2 bei) mit einer Schichtdicke von 140 mm zum Einsatz kommen. Nach der **Formel 4** im Abschnitt 2.2.2 („Wärmedurchgangskoeffizienten“) lässt sich mit der im Anhang A2 angegebenen Wärmeleitfähigkeit von $\lambda=0,024$ W/(mK) ein neuer U- Wert von 0,119 W/(m²K) ermitteln. Damit lassen sich wie im Anhang A1 dargestellt die auftretenden Leistungsverluste über die Dachfläche auf 1,1 kW begrenzen.

Der zweite große prozentuale Anteil an Wärmeverlusten im Objekt tritt über die bestehenden Fensterflächen auf. Dies ist zum einen bedingt durch den großen flächenmäßigen Gesamtanteil an der äußeren Fassade und zum anderen durch den schlechten Wärmedurchgangskoeffizienten der alten Industrieverglasung. Die bestehende Fassadengestaltung inklusive der ursprünglichen Industrieverglasung soll in Abbildung 10 noch einmal dargestellt werden. In der Abbildung wird der große Fensteranteil deutlich.



Abbildung 10: Außenfassade des Objektes in Südostausrichtung

Für die Betrachtung wurde wiederum eine Temperaturdifferenz von 28 K angesetzt. Diese resultiert aus **Formel 8** wie folgt:

$$\Delta\vartheta_{ie} = \vartheta_i - \vartheta_e$$

$$\Delta\vartheta_{ie} = 12^{\circ}\text{C} - (-16^{\circ}\text{C})$$

$$\underline{\underline{\Delta\vartheta_{ie} = 28\text{K}}}$$

Da für die bestehenden Flächen keine genauen U- Werte vorlagen, wurde bei der nachfolgenden Betrachtung ein Wert von 4,300 W/(m²K) angesetzt.²¹ Dieser ergibt sich bedingt durch den aus Metall bestehenden Rahmenanteil. Bei einer Fensterfläche von rund 84 m² entspricht dies nach **Formel 10** und **Formel 11** in Abschnitt 2.2.4 („Norm- Transmissionswärmeverluste“) einem Wärmeverlust von 10,4 kW. Um diesen Wert minimieren zu können müssen entweder die Fensterflächen verkleinert werden oder die U- Werte verbessert werden. Um möglichst große Einsparungen zu erzielen, sollen für die Sanierungsarbeiten beide Maßnahmen miteinander verbunden werden. Zum einen sollen die Fenster auf die nach Zeichnung Nr. 7 und Nr. 8 der Anlage A14 festgelegten Abmessungen verkleinert werden und zum anderen die bestehende Industrieverglasung durch Kunststofffenster mit einer Wärmeschutzverglasung ersetzt werden. Für die Wärmeschutzverglasung wurde nach Angebot der Firma Fenster und Türen Bretschneider GmbH ein Wärmedurchgangskoeffizient von 1,100 W/(m²K) angesetzt. In Absprache mit Herrn Dipl. Ing. Ranneberg ergab sich somit für die neuen Fenster ein gesamter U- Wert von 1,600 W/(m²K). Damit bertragen die Verluste über die Fensterflächen nach der Sanierung nur noch 1,8 kW. Dazu kommen aber noch die Verluste über die nachträglich verschlossenen Bereiche der Außenwand. In diesen treten nach den Sanierungsmaßnahmen noch Verluste von 1,8 kW auf. In Summe würden sich die Verluste im Bereich der ehemaligen Fensterfläche nach den Umbaumaßnahmen also auf 3,6 kW belaufen. Somit würde sich eine flächenspezifische Reduzierung der Heizlast von 66% in diesen Bereichen erreichen lassen.

Da der Hallenbereich 2 als eigenständige Gebäudeeinheit gesehen werden kann, lässt sich eine weitere Reduzierung der Norm- Gebäudeheizlast über den Austausch der bestehenden Hallentore erreichen. In Absprache mit Herrn Dipl.-Ing. Ranneberg kann im Zuge der Umbaumaßnahmen auch eine Veränderung der Abmessungen

²¹ Vgl. Ornth, 2007, S.7

erfolgen. In diesem Sinne ist es sinnvoll, die bestehenden Metalltore durch neue, gedämmte Stahltüren zu ersetzen und diese auf die in Zeichnung Nr. 6 und Nr. 8 des Anhanges A14 dargestellten Abmaße zu verkleinern. Des Weiteren sollen sowohl die Außentür im Bereich der nach Nordwesten ausgerichteten Außenwand, als auch die Innentür im oberen Bereich der Galerie ersetzt werden. So lassen sich die Verluste in diesen Bereichen von anfangs 1,0 kW auf 0,3 kW absenken. Dabei sollen nachfolgend in Tabelle 9 die einzelnen Veränderungen gegenübergestellt werden:

Orientierung	Bauteil	Bauteilfläche (Ist) ²²	U-Wert (Ist)	Bauteilfläche (Soll) ²³	U- Wert (Soll)
NW	Außentür	2,00 m ²	4,0	2,00 m ²	2,30
NO	Innentür	9,10 m ²	3,8	5,90 m ²	1,80
NO	Innenwand	-	Siehe Tür	3,20 m ²	1,66
SW	Innentür	9,10 m ²	3,8	5,90 m ²	1,80
SW	Innenwand	-	Siehe Tür	3,20 m ²	1,66
SW	Innentür	1,80 m ²	3,8	1,80 m ²	1,80

Tabelle 9: Übersicht über Veränderungen im Bereich der Tore/Türen

Den dritten Bereich für mögliche Energieeinsparungen bilden die Außenwände. Auch hier treten, bedingt durch den schlechten Wärmedurchgangskoeffizienten, hohe Transmissionswärmeverluste auf. Nach Vorgabe der Deutsches Brennstoffinstitut Vermögensverwaltungs-GmbH sollen für diese Bereiche jedoch zunächst keine Veränderungen vorgesehen werden. Daher werden mögliche Energieeinsparungen durch Anbringung einer Außendämmung in Absprache mit Herrn Dipl.-Ing. Ranneberg im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Es wurde der Hinweis geäußert, dass im Hinblick auf die Energieeinsparverordnung bei Änderung an Außenbauteilen mit einem flächenmäßigen Anteil von über 10% die entsprechenden Anforderungen eingehalten werden müssen.²⁴ Zum jetzigen Zeitpunkt sollen solche Änderungen der Außenfassade wie bereits beschrieben nicht berücksichtigt werden. Dabei gilt es zu beachten, dass durch nachträgliche Änderungen in diesen Bereichen

²² Entspricht den Gegebenheiten vor Beginn der Sanierungsarbeiten

²³ Entspricht dem geplanten Zustand nach Beendigung der Umbaumaßnahmen

²⁴ Vgl. Energieeinsparverordnung (EnEV) §9, 2009, S.8 ff.

die im Rahmen der Heizlastermittlung nach Abschnitt 2.2 ermittelte Wärmeverluste deutlich geringer ausfallen würden. Dies hätte zur Folge, dass die in Abschnitt 2.3.2 für den Hallenbereich konzipierte Beheizung deutlich überdimensioniert wäre und dies wiederum unnötig hohe Betriebskosten mit sich bringen würde.

3.3. Gegenüberstellung der Transmissionswärmeverluste

Die im vorhergehenden Abschnitt dargestellten baulichen Veränderungen sollen in der nachfolgenden Übersicht in Tabelle 10 noch einmal hinsichtlich der energetischen Verlustminimierung verglichen werden.

Umschließungsfläche	Transmissionswärmeverlust vor Sanierungsmaßnahmen [W]	Transmissionswärmeverlust nach den geplanten Sanierungsmaßnahmen [W]	Verlustminderung %
Türen/ Tore	1040	334	68
Fensterflächen	10359	3549	66
Dachhaut	11844	1102	91
Σ	23243	4985	79

Tabelle 10: Vergleich des Transmissionswärmeverlustes der geplanten zu verändernden Bauteilflächen

Aus der Übersicht lässt sich erkennen, dass sich durch die geplanten Sanierungsmaßnahmen die Verlustleitung in Summe um 79% senken lässt. Damit verringert sich die Norm-Heizlast des Gebäudes. Daraus resultierend fällt die bei der Auslegung geplante zu installierende Geräteleistung wesentlich geringer aus. Dies führt neben sinkenden Investitionskosten auch dazu, dass sich auf Dauer gesehen die jährlichen Betriebskosten in Form von Brennstoffkosten um ein Vielfaches vermindern. Dabei gilt es zu beachten, dass aufgrund der verminderten Fensterflächen auch die solaren Gewinne zurückgehen. Diese stellen jedoch im Vergleich zu den hohen Transmissionswärmeverlusten nur einen verhältnismäßig geringen Anteil an

der Gesamtenergiebilanz des Objektes dar. Gerade im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz lassen sich somit aber auch unzulässige Erhöhungen der Raumtemperatur außerhalb der Heizperiode vermeiden. Eine detaillierte zahlenmäßige Aufschlüsselung kann nur durch das Bilanzierungsverfahren der DIN V 18599 erfolgen. Wie im Abschnitt 0 bereits dargelegt, stellt es aufgrund seiner Komplexität jedoch keinen Bestandteil dieser Arbeit dar. Somit wird davon ausgegangen, dass die in Tabelle 10 dargestellten Werte aufgrund der hohen Verminderung der Verluste von 79% zu einer dauerhaften Verminderung der Betriebskosten führen.

4. Konzipierung der Medienversorgung

4.1. Gasversorgung

4.1.1. Dimensionierung der Gasanschlussstrecke

Das vorliegende Mehrzweckgebäude ist bereits im Bereich der Halle 3 mit einer Gasleitung ausgestattet. Die Systemgrenze stellt der in Zeichnung Nr 9 bzw. Nr. 10 des Anhanges A14 dargestellte Medienübergabepunkt dar. Für diesen Anschluss wird ein Versorgungsdruck von 100 mbar vorgegeben. Der geplante Leitungsverlauf zu den einzelnen Entnahmepunkten sowie die notwendigen Einbauteile sind dabei ebenfalls der Zeichnung zu entnehmen. Die Anordnung ergibt sich aus den Aufstellorten der Prüfstände.

Die Leitungen für die Gasversorgung selbst werden aus Stahlrohr nach DIN EN 10255: 2007 ausgeführt. Aufgrund der Ausführung aus Metall muss die Leitung zur Erdung an die Potentialausgleichsschiene angeschlossen werden.

Die Dimensionierung der Gasanschlussstrecke erfolgt über die maximale Nennwärmebelastung. Der Betrachtung wird zugrunde gelegt, dass die maximale Geräteleistung an der Entnahmestelle 120 kW nicht überschreiten darf. Um die Leitung dimensionieren zu können, ist es notwendig, den Gasdurchfluss bei Nennwärmebelastung zu gewährleisten. Dieser wird als Anschlusswert \dot{V}_A bezeichnet und ist abhängig von dem Heizwert des eingesetzten Gases. Als Berechnungsgrundlage wird Erdgas H angesetzt. Für dieses wird ein Heizwert $H_i=9,9 \text{ kWh/m}^3$ zugrunde gelegt.²⁵ Damit lässt sich nach Formel 36 der nachfolgende Anschlusswert für 120 kW ermitteln.

$$\dot{V}_A = \frac{\dot{Q}_{NB}}{H_{i,B}}$$

Formel 36

$$\dot{V}_A = \frac{120 \text{ kW}}{9,9 \text{ kWh/m}^3}$$

$$\dot{V}_A = \underline{\underline{12,12 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

²⁵ Vgl. DVGW-Arbeitsblatt G 600: 2008

Um den notwendigen Rohrdurchmesser, mit dem eine Maximalleistung von 120 kW übertragen werden kann, zu ermitteln, wird die **Formel 28** im Abschnitt 2.3.1. verwendet. Nach Vorgabe des DBI wurde für die Strömungsgeschwindigkeit ein Wert von 5 m/s angesetzt.

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times \dot{V}}{w \times \pi}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times 12,12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$\underline{\underline{d_i = 0,0293 \text{ m} = 29,3 \text{ mm}}}$$

Nach DIN EN 10255: 2007 entspricht dies keiner standardisierten Abmessung für Stahlrohr. Daher wird, in Anlehnung an diese Norm, Stahlrohr als mittelschweres Gewinderohr der Nennweite DN 32 (42,4 x 3,25) gewählt. Dies besitzt einen Innendurchmesser von 35,9 mm. Durch den größeren, freien Querschnitt wird die als zulässig gewählte Strömungsgeschwindigkeit nicht überschritten. So ist auch keine Rückrechnung auf die reale Geschwindigkeit notwendig. Für die Zuleitung zu den Dunkelstrahlern ist hingegen nur ein Innendurchmesser von 11,40 mm erforderlich. Um keine zusätzlichen Übergänge notwendig zu machen, wurde für diese Leitungen mittelschweres Gewinderohr der Nennweite DN 15 mit einem Innendurchmesser von 16 mm verwendet. Der höhere Durchfluss, welcher beim Betrieb der Dunkelstrahler im Bereich der Anschlussleitung für den Hallenbereich 2 auftritt, kann ebenfalls durch die Rohrdimension DN 32 abgedeckt werden, ohne die zulässige Strömungsgeschwindigkeit von 5 m/s zu überschreiten.

4.1.2. Einbauteile

Der Einbauort der notwendigen Einbauteile, sowie die einzelnen Entnahmepunkte können der Zeichnung entnommen werden. Der für die Auswahl zugrunde gelegte Volumenstrom entspricht dem im vorangegangenen Abschnitt ermittelten Anschlusswert für die Entnahmestellen von 12,12 m³/h. Dazu kommt noch der im Bedarfsfall auftretende Volumenstrom für die Strahlungsheizung. Dieser beträgt nach Formel 36 in Summe 3,84 m³/h. Die Auswahl der Geräte erfolgte herstellereinspezifisch nach den Vorgaben des DBI.

Gassicherheitsventil

Als Gassicherheitsventil wird hier ein Magnetventil beim Eintritt der Gasleitung in den Hallenbereich vorgesehen. Damit soll ermöglicht werden, den Hallenbereich im Bedarfsfall von der Gasversorgung zu trennen. Beim Anliegen einer Spannung an einer Spule entsteht aufgrund des induktiven Verhaltens ein Magnetfeld, welches dazu genutzt wird, das Magnetventil offen zu halten. Dies wird durch das Anlegen der normalen Netzspannung von 230 V erreicht. Wird diese Stromversorgung durch z.B. das Betätigen eines Not – Aus- Schalters unterbrochen, so schließt das Sicherheitsventil, da das Magnetfeld schlagartig zusammenbricht. Damit wird erreicht, dass in Notfallsituationen wie dem unkontrollierten Gasaustritt, der Hallenbereich schnell von der Gasversorgung getrennt werden kann.

Die Auswahl erfolgt anhand der Herstellerunterlagen der Firma Krom Schröder über den maximalen Volumenstrom. Dieser beträgt maximal 15,96 m³/h.

Nach der Abbildung 11 wurde das Sicherheitsventil „VG 25 R02..“ gewählt. Dabei wurde versucht den auftretenden Druckverlust über das Ventil so gering wie möglich zu halten. Das Sicherheitsventil besitzt die Größe DN 25 und einen maximal zulässigen Eingangsdruck von 0,2 bar. Weitere Daten zu dem eingesetzten Ventil können der Anlage A9 entnommen werden.

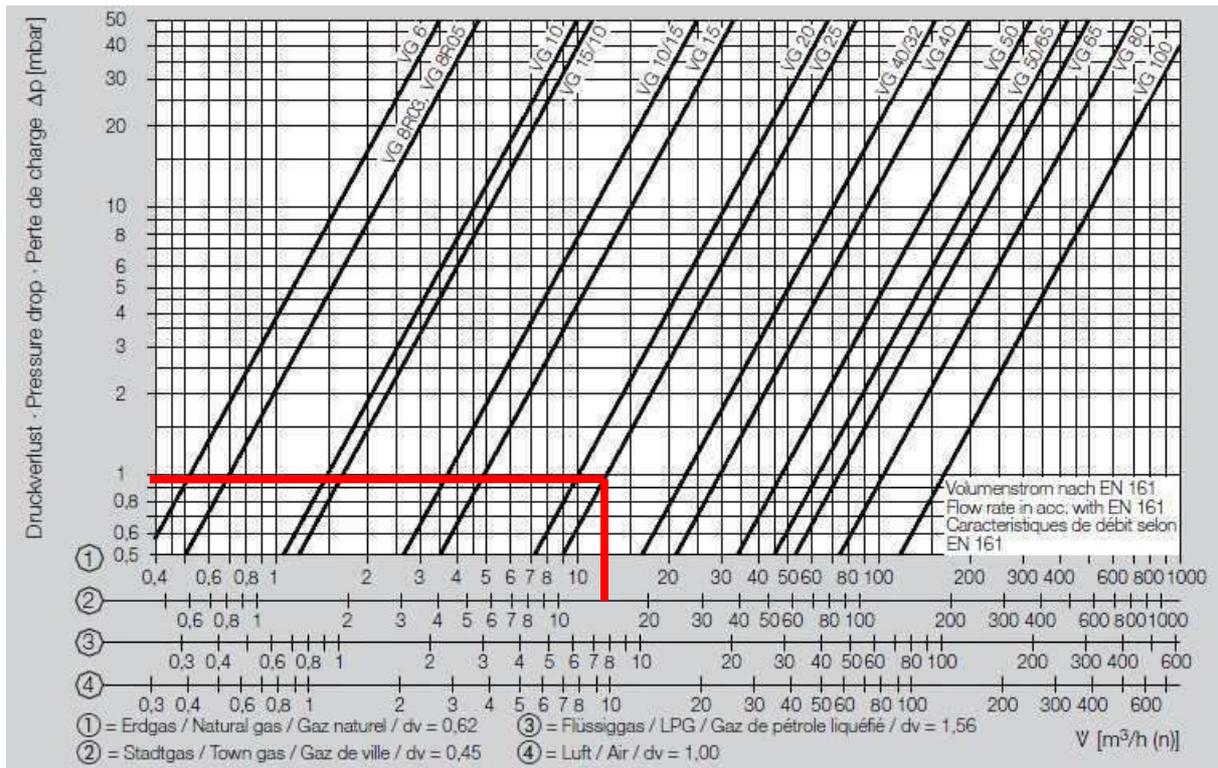


Abbildung 11: Gassicherheitsventil VG für niedrige Betriebsdrücke

(Quelle: Krom Schröder: Datenblatt für Gas- Magnetventil 3.1.1.6 Edition 12.06 D/GB/F)

Druckregler

Unmittelbar vor den Dunkelstrahlern wird ein Gasdruckregler eingebaut um den nach Herstellerangaben geforderten Eingangsdruck von 50 mbar (vgl. Anlage A7) zu realisieren. Dazu wird der Gasdurchfluss durch das Ventil von den 100 mbar auf den geforderten Wert gedrosselt. Aufgrund der eingangs- bzw. ausgangsseitigen möglichen Druckschwankungen oder sich ändernden Mengen muss der Regler, um einen konstanten Ausgangsdruck realisieren zu können, ständig öffnen bzw. schließen. Dabei erfolgt die Auswahl wiederum aus den Herstellerunterlagen der Firma Krom Schröder. Als Auswahlparameter dient neben dem für den Betrieb ermittelten notwendigen Volumenstrom von 1,92 m³/h zusätzlich noch ein fest vorgegebenes Druckgefälle über das Ventil. Dies ergibt sich aus dem maximalen Eingangsdruck von 100 mbar und dem erforderlichen Ausgangsdruck von 50 mbar. Das Regelventil muss also ein Druckgefälle von 50 mbar erzeugen. Anhand dieser Auswahlparameter ergab sich über die Abbildung 12 das Gas- Druckregelgerät VGBF 25 R40. Dieses Gerät hat eine Anschlussgröße DN 25 und einen Ausgangsbereich von 40 bis 60 mbar. Die Art des Anschlusses sowie weitere gerätespezifische Größen können der Anlage A10 entnommen werden.

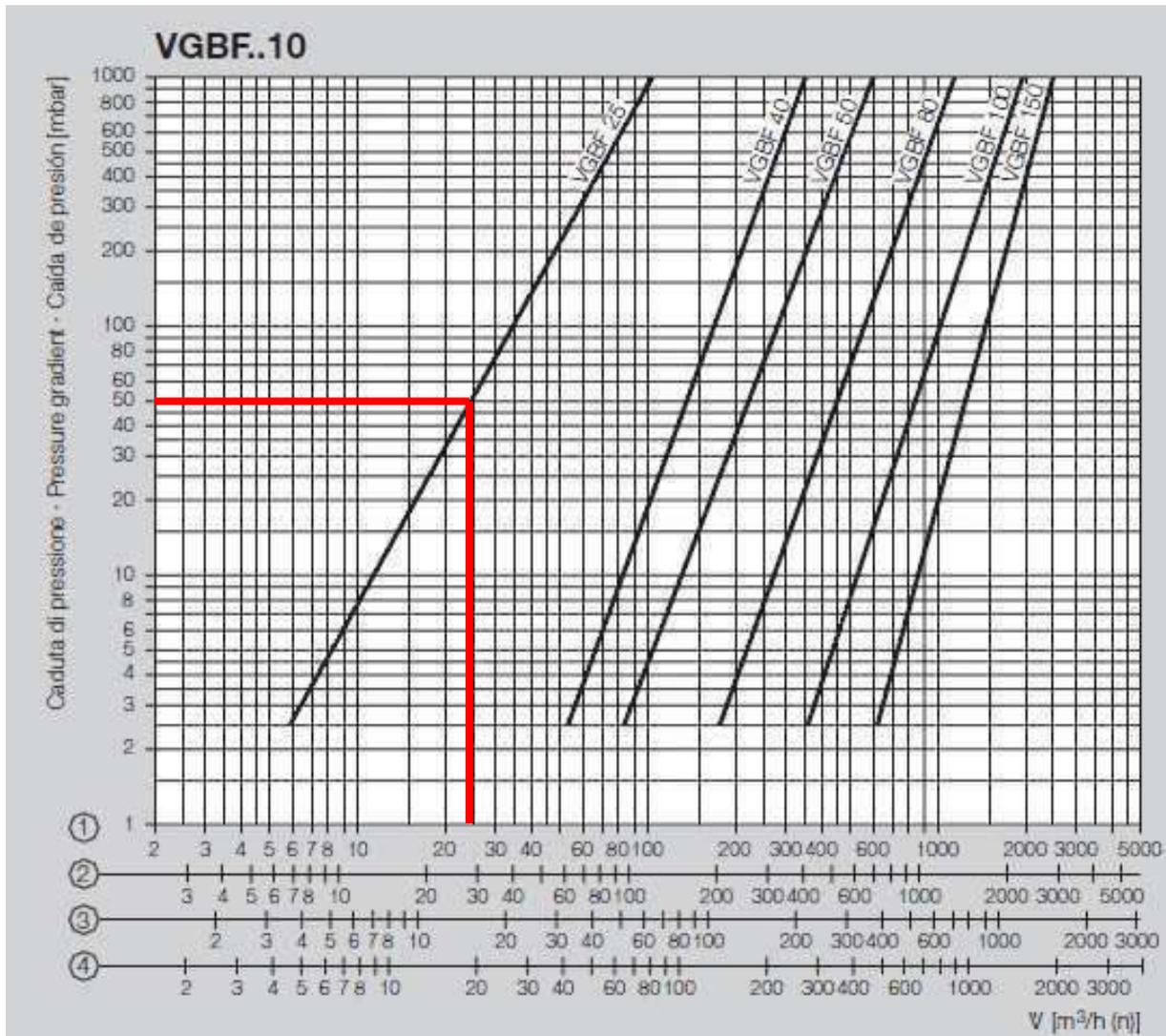


Abbildung 12: Auswahldiagramm Gasdruckregler VGBF...10

(Quelle: Krom Schröder: Datenblatt für Gas- Druckregler 2.1.1.8 Edition 05.09 D/GB/F)

Gaszähler

Da dieser Zähler nur als Zwischenzähler dienen soll, um die entsprechend verbrauchte Gasmenge des Hallenbereiches 2 zu erfassen, werden an diesen keine speziellen Anforderungen gestellt. Dem entsprechend sollte hier ein Balgengaszähler der Firma Elster GmbH zum Einsatz kommen. Aufgrund des hohen Volumenstroms wurde aus den Herstellerunterlagen der Gewerbebalgengaszähler BK- G 10 gewählt. Die obere Messgrenze liegt bei diesem Gerät bei einem Durchfluss von 16 m³/h. Die Anschlussgröße wurde entsprechend der Rohrleitungsdimension mit DN 32 gewählt. Alle weiteren Daten können dem Datenblatt in Anlage A11 entnommen werden. Das Messprinzip solcher Geräte beruht auf dem Prinzip der Verdrängungsmessung. Da-

bei werden zwei Messkammern wechselnd mit dem zu messenden Gas gefüllt. Die beiden Kammern sind über eine Mechanik miteinander gekoppelt. Dadurch wird beim Befüllen des einen der andere automatisch entleert. Somit kann ausgangsseitig ein konstanter Volumenstrom gewährleistet werden. Über eine magnetische Kupplung wird die Bewegung an das Zählwerk übertragen.

Absperrarmaturen

Als Absperrarmaturen für die Einzelentnahmestelle wurde ein von Hand betriebener Kugelhahn vorgesehen. Dieser wurde nicht herstellerspezifisch ausgewählt, da keine besonderen Anforderungen an ihn gestellt wurden. Vorgesehen ist ein Kugelhahn der Nennweiten DN 32, welcher über eine DIN DVGW Zulassung für Erdgas verfügt und bis zu einem Eingangsdruck von maximal 1 bar geeignet ist.

4.2. Wasserversorgung

Die Dimensionierung der Wasserleitung erfolgt für den in Zeichnung Nr. 11 und Nr. 12 des Anhanges A14 dargestellten Leitungsverlauf an Hand der zu erwartenden Spitzenvolumenströme \dot{V}_S . Die Leitungen sollen aus Kupferrohr entsprechend der DIN EN 1057:2010 ausgeführt werden. Der Leitungsverlauf ergab sich durch die vom DBI festgelegten Entnahmestellen. Dabei wurde ebenfalls festgelegt, dass im Hallenbereich 2 ein gleichzeitiger Dauerverbrauch an maximal vier Entnahmestellen erfolgt. Nach Vorgabe sollte je Auslaufventil eine maximale Entnahme von 1800 l/h möglich sein. Unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit ergibt sich somit ein Spitzenvolumenstrom am Medien- Übergabepunkt von 7200 l/h. Die entspricht ungefähr 7,2 m³/h. Damit lässt sich nach **Formel 28** im Abschnitt 2.3.1 der notwendige Querschnitt für die Anschlussleitung des Hallenbereiches 2 (Teilstrecke 1 in Zeichnung Nr. 12 der Anlage A14) wie folgt ermitteln.

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times \dot{V}}{w \times \pi}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times 7,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$\underline{\underline{d_i = 0,03191 \text{ m} = 31,91 \text{ mm}}}$$

In Anlehnung an die Tabelle 5 der DIN 1988-3: 1988 wurde für die Fließgeschwindigkeit w ein Wert von 2,5 m/s vereinbart. Somit wurde, entsprechend den nach DIN EN 1057: 2010 standardisierten Größen, für die Anschlussleitung Kupferrohr der Nennweite DN 32 gewählt. Die Abmessungen der restlichen Teilstrecken wurden nach dem gleichen Rechenalgorithmus ermittelt und können der Anlage A12 entnommen werden. Um den geforderten Volumenstrom bereitstellen zu können wurden Auslaufventile der Nennweite DN 15 vorgesehen. Das Auslaufventil am Ausgussbecken wurde mit einem Durchfluss von 0,15 l/s bemessen²⁶. Damit ergab sich eine Anschlussgröße von DN 12. Die Fließgeschwindigkeit sollte in allen Leitungsabschnitten eine Geschwindigkeit von 2,5 m/s nicht überschreiten²⁷. Der notwendige Mindestversorgungsdruck ergab sich aus der Berechnung des ungünstigsten Leitungsweges. Der Versorgungsdruck wird anhand der Vorgabe durch die Deutsches Brennstoffinstitut Vermögensverwaltungs-GmbH an dem definierten Übergabepunkt zur Verfügung gestellt. Aufgrund der übersichtlichen Gestaltung des Verteilungsnetzes des Hallenbereichs wurde der Leitungsweg zur Teilstrecke 17 als ungünstigster Leitungsweg festgelegt.

Für die Berechnung des vorhandenen Druckverlusts muss neben der Rohrleitung und aller Einbauteile noch der aus der geodätischen Höhe resultierende Druckverlust mit in die Betrachtung einfließen. Damit ergab sich für den ungünstigsten Leitungsweg der nachfolgend berechnete Druckverlust.

Der Druckverlust der Rohrleitung selbst wurde nach Formel 30 bestimmt. Das vorhandene Rohrreibungsdruckgefälle wurde vereinfacht über die Tabellen der

²⁶ Vgl. DIN 1988-3, 1988, S.16

²⁷ Vgl. DIN 1988-3, 1988, S.10

DIN 1988-3: 1988²⁸ ermittelt. In diesen wird das vorhandene Rohrreibungsdruckgefälle für Kupferrohr nach DIN 1786²⁹ in Abhängigkeit des Spitzendurchflusses angegeben. Damit ergeben sich die in Tabelle 11 dargestellten Verluste der einzelnen Teilstrecken des ungünstigsten Leitungsweges.

TS	\dot{V}_S [l/s]	Nennweite DN	Rohrreibungsdruckgefälle R [mbar/m]	Teilstreckenlänge l [m]	R x l [mbar]
1	2	32	19,5	4,10	80
3	2	32	19,5	3,50	68
9	2	32	19,5	19,00	371
11	2	32	19,5	0,70	13
13	1,5	32	11,7	0,70	8
15	1,0	25	18,5	0,70	13
17	0,5	20	15,7	0,70	11
				$\Sigma\Delta p$	564

Tabelle 11: vorhandenes Rohrreibungsdruckgefälle des ungünstigsten Leitungsweges

Aufgrund des geodätischen Höhenunterschiedes vom 0,6m ergibt sich ein Druckabfall Δp_{geo} von 60 mbar. Ein Druckverlust durch Apparate, wie Wasserzähler, Filter u.a., werden in diesem Fall nicht berücksichtigt, da dies nicht Teil des betrachteten Leitungsabschnittes ist. Zusätzlich muss noch der Mindestfließdruck $\Delta p_{min Fl}$ gewährleistet werden. Dieser entspricht dem statischen Überdruck, welcher an der Entnahmematur mindestens gewährleistet werden muss.³⁰ Dabei wird der Höchstwert für die Berechnung des notwendigen Versorgungsdruckes am Übergabepunkt angesetzt. Dieser beträgt im vorliegenden Fall 1,0 bar.³¹

Für die Einzelverluste wurden nach Tabelle 27 der DIN 1988-3: 1988 folgende Werte angesetzt.

²⁸ Vgl. DIN 1988-3, 1988, S.31

²⁹ Seit 1996 durch DIN EN 1057 ersetzt

³⁰ vgl. DIN 1988-3, 1988, S.2

³¹ vgl. DIN 1988-3, 1988, S.16

Einzelwiderstand	Verlustbeiwert ζ	Anzahl	$\Sigma \zeta$ [mbar/m]
Abzweig, Durchgang bei Stromtrennung	0,3	6	1,8
Richtungsänderung durch Bogen	0,7	7	4,9
Absperrventil DN 32 (Schrägsitz)	0,2	1	0,2
		$\Sigma \zeta$	6,9

Tabelle 12: Einzelwiderstände des ungünstigsten Leitungsweges

So ergibt sich über die **Formel 32** der nachfolgende Druckverlust aus den Einzelwiderständen.

$$\Delta p_z = \sum \zeta \times w^2 \times \frac{\rho_m}{2}$$

$$\Delta p_z = 7,6 \times \left(2,5 \frac{m}{s}\right)^2 \times \frac{999,7 \frac{kg}{m^3}}{2}$$

$$\underline{\underline{\Delta p_z = 0,215 \text{ bar}}}$$

Die Dichte wurde für eine mittlere Medientemperatur von 10°C mit 999,7 kg/m³ angesetzt. Für die Geschwindigkeit wurde die maximal zulässige Strömungsgeschwindigkeit von 2,5 m/s eingesetzt.

Unter Berücksichtigung aller Einzelverluste lässt sich nun für den ungünstigsten Leitungsweg ein Druckverlust nach Formel 37 berechnen.

$$\Delta p_{ges} = \Delta p_{RL} + \Delta p_{geo} + \Delta p_{minFl} + \Delta p_z \quad \text{Formel 37} \quad \text{Druckverlust der Einzelwiderstände}$$

$$\Delta p_{ges} = (0,564 + 0,06 + 1 + 0,215) \text{ bar}$$

$$\underline{\underline{\Delta p_{ges} = 1,84 \text{ bar}}}$$

Um also die Versorgung des Hallenbereiches zu gewährleisten, muss am Übergabepunkt Mindest-Versorgungsdruck von 1,84 bar gewährleistet werden. Die

Bereitstellung des selbigen stellt dabei keinen Bestandteil dieser Arbeit dar, da dies von der Hausverwaltung realisiert wird.

4.3. Entwässerung

Zur Entwässerung des Hallenbereiches ist es geplant bereits bestehende bauliche Gegebenheiten zu nutzen. So soll die Entwässerung über die bereits vorhandenen Bodenabläufe realisiert werden. Diese müssen im Zuge der Sanierungsmaßnahmen durch eine Installationsfirma geprüft und wenn notwendig in Stand gesetzt werden. Die vorhandenen Abläufe sind in ihrer Größe für die anfallende Schmutzwassermenge ausreichend dimensioniert. Die einzelnen Entwässerungsgegenstände, deren Größe sowie deren Anbindung an die Falleitungen können der Zeichnung Nr. 11 der Anlage A14 entnommen werden.

5. Bauablaufplan

Um einen reibungslosen Ablauf der Sanierungsmaßnahmen gewährleisten zu können, ist es notwendig, einen Bauablaufplan für die geplanten Sanierungsmaßnahmen zu entwickeln. Damit sollen die einzelnen Arbeiten zeitlich und organisatorisch aufeinander abgestimmt werden. Dazu werden die geplanten Leistungen Gewerken zugeordnet. Für das vorliegende Objekt ergab sich die nachfolgende Aufteilung an notwendigen Arbeiten:

- Abbrucharbeiten
- Maurerarbeiten
- Metallbauarbeiten
- Bodenbelagsarbeiten
- Trockenbauarbeiten
- Fliesenarbeiten
- Installationsarbeiten im Bereich Heizung und Sanitär
- Elektroinstallation
- Malerarbeiten
- Dachdeckerarbeiten

Anhand dieser wurde im Rahmen dieser Arbeit versucht eine grobe zeitliche Planung zu erstellen. Die Aufstellung kann der Anlage A13 entnommen werden. Eine detaillierte Zuordnung ist erst nach genauer Absprache mit den einzelnen Firmen möglich. Dem entsprechend können sich die im Rahmen dieser Arbeit vorgesehenen Zeiten noch einmal verschieben.

Als Baubeginn wurde der 3. Januar 2011 festgesetzt. Für die einzelnen Gewerke ergab sich damit die nach Anhang A13 dargestellte zeitliche Zuordnung.

6. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die Planungstechnischen Grundlagen für die Sanierungsmaßnahmen dargestellt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, die auftretenden Wärmeverluste durch Veränderungen der baulichen Gegebenheiten zu minimieren. Dabei wurden die Anforderungen des Bauherrn hinsichtlich der erforderlichen Nutzungsbereiche stets mit in Konzipierung einbezogen.

Resultierend aus den ermittelten wärmetechnischen Grundlagen wurden verschiedenen Systeme zur Beheizung des Hallenbereiches hinsichtlich ausgewählter Gesichtspunkte miteinander verglichen, um ein möglichst energieeffizientes und dennoch optimal abgestimmtes Anlagenkonzept zu erarbeiten. Durch die geplanten Veränderungen der baulichen Struktur des Gebäudes konnten die auftretenden Wärmeverluste verringert werden. Weiterhin konnten, durch die arbeitsplatzweise Beheizung mit Dunkelstrahlern, die energetischen Aufwendungen im Hallenbereich weiter minimiert werden. Für die Beheizung des Prüfraumes wurde das bestehende System überarbeitet und neu ausgelegt. Auch hier wurde durch die Einbindung der KWK- Anlagen eine energetisch günstigere Systemlösung zur Beheizung geschaffen.

Um die Versorgung der Prüfstände nach den vorgegebenen Anforderungen gewährleisten zu können, wurde neben der Gasversorgung auch die Wasserversorgung für den ausgewählten Hallenbereich konzipiert.

Um die geplanten Sanierungsmaßnahmen zeitlich koordinieren zu können, wurde nach Forderung des DBI ein Bauablaufplan erarbeitet in dem alle Umbaumaßnahmen aufeinander abgestimmt wurden.

Literatur- und Quellenverzeichnis

DVGW Arbeitsblatt G 638- 1

Technische Regel für Heizungsanlagen mit Heizstrahlern ohne Gebläse (Hellstrahler)

Planung – Installation – Betrieb und Instandsetzung

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.,
Bonn. November 2003

DVGW Arbeitsblatt G 638- 2

Technische Regel für Heizungsanlagen mit Dunkelstrahlern

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.,
Bonn. April 1995

DVGW Arbeitsblatt G 600

Technische Regel für Gasinstallation, DVGW-TRGI

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.,
Bonn. April 2008

DIN EN 13410,

Heizungsanlagen mit Gas-Infrarotstrahlern - Be- und Entlüftung von gewerblich und industriell genutzten Gebäuden; Deutsche Fassung EN 13410:2001, Beuth Verlag. e.V. Januar 2002

DIN V 4701- 10,

Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Beuth Verlag. e.V. August 2003

DIN V 4108- 2,

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

Beuth Verlag. e.V. Juli 2003

DIN V 4108- 3,

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung

Beuth Verlag. e.V. Juli 2001

DIN V 4108- 6,

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

Beuth Verlag. e.V. Juni 2003

DIN EN 12831,

Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast; Deutsche Fassung EN 12831:2003,

Beuth Verlag. e.V. August 2003

DIN EN 12831 Beiblatt 1,

Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Nationaler Anhang NA, Beuth Verlag. e.V. Juli 2008

DIN EN ISO 6946,

Bauteile-Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient- Berechnungsverfahren (ISO 6946:2007); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2007, Beuth Verlag. e.V. April 2008

DIN 1057,

Kupfer und Kupferlegierungen - Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen; Deutsche Fassung EN 1057:2006+A1:2010,

Beuth Verlag. e.V. Juni 2010

DIN EN 10255,

Rohre aus unlegiertem Stahl mit Eignung zum Schweißen und Gewindeschneiden - Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung prEN 10255:2007, Beuth Verlag. e.V. Juli 2007

DIN 18380,

VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen,
Beuth Verlag. e.V. April 2010

DIN V 18599,

Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger, Beuth Verlag. e.V. Februar 2007

DIN 1988- 3,

Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW,
Beuth Verlag. e.V. Dezember 1988

EnEV 2009,

Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung EnEV,
Bundesanzeiger Verlag, Köln, 29. April 2009

ORNTH Wolfgang:

Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 26.Juli 2007

(http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/energieausweis/DL3_NWG-Regeln-Energieverbrauchskennwerten.pdf)

TIATOR Ingolf:

Die neue Meisterprüfung- Heizungsanlagen,3. Aktualisierte und erweiterte Auflage, Würzburg 2006

GÜNTHER Christoph u.a

Anlagenmechanik für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Tabellen.
Braunschweig 2006

WEBER Konrad

Hallenheizung im Zeichen des Klimaschutzes

Gaswärme International, Gasanwendung in Industrie und Gewerbe

1-2 2009, Köln 2009

BUDERUS

Planungsunterlagen Flachheizkörper Logatrend, Ausgabe 07/2009

GEBERIT Vertriebs GmbH

Rohrnetzberechnung

Druckverlusttabellen Mapress

([http://www.geberit.de/geberit/inet/de/wcmsde.nsf/files/usr-pdf-Druckverlusttabellen.pdf/\\$file/Druckverlusttabellen.pdf](http://www.geberit.de/geberit/inet/de/wcmsde.nsf/files/usr-pdf-Druckverlusttabellen.pdf/$file/Druckverlusttabellen.pdf))

ELSTER KROM SCHRÖDER

Das Programmspektrum, 2010

SCHWANK

Technische Daten „calorSchwank“, April 2010

SCHWANK

Technische Daten „calorSchwank“, April 2010

Anlagenverzeichnis

- Anlage A1 Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1
- Anlage A2 Wärmedurchgangskoeffizienten-Ermittlung für das vorliegende Projekt
- Anlage A3 Konzipierung der Heizflächen und Dimensionierung der Leitungswege zur Beheizung des Prüfraumes
- Anlage A4 Datenblatt Thermostatventile
- Anlage A5 Datenblatt Rücklaufverschraubung
- Anlage A6 Datenblatt WILO Stratos PICO 25/ 1-4
- Anlage A7 Datenblatt Dunkelstrahler „calorSchwank D 20 U“
- Anlage A8 Datenblatt Dunkelstrahlerregelung ThermoControlPlus
- Anlage A9 Datenblatt Gas- Magnetventil R VG 25 R02..
- Anlage A10 Datenblatt Gas Druckregelgerätes VGBF 25 R40
- Anlage A11 Datenblatt Gaszähler BK- G 10
- Anlage A12 Dimensionierung des Trinkwassernetzes
- Anlage A13 Bauablaufplan
- Anlage A14 Zeichnungen

Ehrenwörtliche Erklärung

"Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich",

1. dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema

„Ermittlung wärmetechnischer Grundlagen zur Sanierung“

ohne fremde Hilfe angefertigt habe,

2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung

der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb

der Arbeit gekennzeichnet habe und

3. dass ich meine Studienarbeit bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Freiberg, 20.08.2010

Ort, Datum

Unterschrift

Ehrenwörtliche Erklärung

"Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich",

1. dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema

„Ermittlung wärmetechnischer Grundlagen zur Sanierung“

ohne fremde Hilfe angefertigt habe,

2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung

der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und

3. dass ich meine Studienarbeit bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Freiberg, 20.08.2010

Ort, Datum



Unterschrift

Anlagenverzeichnis

		Seiten/n
Anlage A1	Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1	9
Anlage A2	Wärmedurchgangskoeffizienten-Ermittlung für das vorliegende Projekt	9
Anlage A3	Konzipierung der Heizflächen und Dimensionierung der Leitungswege zur Beheizung des Prüfraum	4
Anlage A4	Datenblatt Thermostatventile	2
Anlage A5	Datenblatt Rücklaufverschraubung	4
Anlage A6	Datenblatt WILO Stratos PICO 25/ 1-4	1
Anlage A7	Datenblatt Dunkelstrahler „calorSchwank D 20 U“	2
Anlage A8	Datenblatt Dunkelstrahlerregelung ThermoControlPlus	1
Anlage A9	Datenblatt Gas- Magnetventil R VG 25	8
Anlage A10	Datenblatt Gas Druckregelgerätes VGBF 25 R40	8
Anlage A11	Datenblatt Gaszähler BK- G 10	2
Anlage A12	Dimensionierung des Trinkwassernetzes	1
Anlage A13	Bauablaufplan	1
Anlage A14	Zeichnungen	14

Anlage A1

Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 1

Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1: 2008-07

GEBÄUDEDATEN

KENNGRÖSSEN

Gebäude / Luftdichtheit der Gebäudehülle

- Kategorie Ia (nach EnEV mit raumluftechnischer Analge)
- Kategorie Ib (nach EnEV ohne raumluftechnische Analge)
- Kategorie 2 mit mittlerer Dichtigkeit
- Kategorie 3 mit wenig Dichtigkeit
- Kategorie 4 mit hoher Undichtigkeit

Gebäuelage

- gute Abschirmung
- moderate Abschirmung
- keine Abschirmung

Wirksame Gebäudemasse *

- leicht
- mittelschwer/schwer

Bezogene Werte * (gemäß:)

C_{wirk} 15.00 Wh/(m³K) oder C_{wirk} 23,324 Wh/K

H_{Abs} 665.2 W/K τ 35 h

* Nur ausfüllen, wenn eine Außenlufttemperaturkorrektur vorgenommen werden soll und/oder Wiederaufheizleistungen vorgesehen sind.
Pauschal nach 3.6.4 Beiblatt oder Wert aus Rechenverfahren nach EnEV(WSchV) oder genauer Berechnung.

TEMPERATUREN

Außentemperatur θ'_e -16 °C Jahresmittel der Außentemperatur $\theta_{e,m}$ 6.3 °C

Außentemperaturkorrektur $\Delta\theta_e$ 0 °C Innentemperatur nach

Norm-Außentemperatur θ_e -16 °C Norm Vereinbarung siehe Formblatt V

ABMESSUNGEN

Länge l_{Geb} 12.24 m Geschossanzahl N 2 -

Breite b_{Geb} 15.90 m Gebäudehöhe h_{Geb} 11.95 m

Grundfläche A_{Geb} 194.6 m²

ERDREICH

Tiefe der Bodenplatte * z 0.00 m Grundwassertiefe T 2.00 m

Erdreich berührter Umfang P 56.28 m Faktor Einfluss Grundw. G_W 1.15 -

Parameter * B' 6.92 m Faktor per. Schwankung f_{g1} 1.45 -

* Werte können raumweise abweichen

LÜFTUNG

Luftdurchlässigkeitswert aus Gebäuelage und Fensterdichte n_{50} 4.0 1/h

Gleichzeitig wirksamer Lüftungswärmeanteil ζ_V 1.0 -

Wirkungsgrad des Wärmerückgewinnungssystems (Herstellerangabe) η_V %

ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG

keine Berechnung

Berechnung aufgrund Nutzungsprofil (Beiblatt 3.6.3) Berechnung aufgrund Temperaturabfall (Beiblatt 3.6.3)

Absenkezeit t_{Abs} 12.0 h Innentemperaturabfall $\Delta\theta_{RH}$ K

Wiederaufheizzeit t_{RH} 2.0 h Wiederaufheizzeit t_{RH} h

Luftwechsel (Absenkephase) n_{Abs} 0.5 1/h Luftwechsel (Absenkephase) n_{Abs} 1/h

Wiederaufheizfaktor f_{RH} 29.0 W/m²

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 1

Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1: 2008-07

VEREINBARUNGEN

Raum-Nr.	Wohneinheit	Bezeichnung	Innen- temperatur θ_{int} (°C)	Mindest- Luftwechsel n_{min} (1/h)	Absenk- zeit t_{Abs} (h)	Wieder- aufheizzeit t_{RH} (h)
01.001	Obergeschoss	Halle 2	12	1	13.0	1.0
01.002	Obergeschoss	Prüfraum	20	0.5		

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 1

RAUM-HEIZLAST

Wohneinheit: Obergeschoss Raum-Nr.:01.001 Bez.: Halle 2

Innentemperatur	θ_{int}	12 °C	Infiltration		
Mindest-Luftwechsel	n_{min}	1.00 h ⁻¹	Luftdichtheit	n_{50}	4.00 h ⁻¹
Abmessungen			Koeffizient Abschirmklasse	e	0.03 -
Raubbreite	b_R	0.00 m	Höhe über Erdreich	h	7.65 m
Raumlänge	l_R	0.00 m	Höhen-Korrekturfaktor	ϵ	1.00 -
Raumfläche	A_R	180.00 m ²	Mechanische Belüftung		
Geschosshöhe	h_G	8.34 m	Zuluft-Volumenstrom	V_{su}	m ³ /h
Deckendicke	d	0.25 m	- Temperatur	θ_{su}	°C
Raumhöhe	h_R	8.09 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,su}$	-
Raumvolumen	V_R	1,456.20 m ³	Abluft-Volumenstrom	V_{ex}	m ³ /h
Erdreich			Überstr. Nachbarräume	$V_{mech,inf}$	m ³ /h
Tiefe unter Erdreich	z	m	- Temperatur	$\theta_{mech,inf}$	°C
Erdreich berührter Umfang	P	0.00 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,mech,inf}$	-
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	B'	m	Mech. Infiltration von außen	$V_{mech,inf,e}$	m ³ /h

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrektur-Faktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissions-Wärmeverlust
			m		m ²			g/ij	°C	f_{g2}/f_{ij}	W/(m ² ·K)			W/K	W
NW	AW	1	12.00	8.34	100.1	44.1	56.0	e			1.73	0.05	1.78	99.41	2,784
	AF	1	4.48	1.68	7.5		7.5	e			1.60	0.05	1.65	12.42	348
	AF	2	4.48	1.68	7.5		15.1	e			1.60	0.05	1.65	24.84	695
	AT	1	0.98	2.01	2.0		2.0	e			2.30	0.05	2.35	4.63	130
	AW	1	4.48	1.96	8.8		8.8	e			1.25	0.05	1.30	11.40	319
	AW	1	4.48	2.40	10.8		10.8	e			1.25	0.05	1.30	13.95	391
NW	IW	1	6.00	3.34	20.0	3.5	16.5	ij	20	-0.29	0.46		0.46	-2.17	-61
	IT	1	1.68	2.10	3.5		3.5	ij	20	-0.29	2.00		2.00	-2.02	-56
NO	IW	1	13.00	8.34	108.4	5.9	102.5	ij	6	0.20	1.49		1.49	31.17	873
	IT	1	2.00	2.95	5.9		5.9	ij	6	0.20	1.80		1.80	2.16	61
NO	IW	2	0.65	8.34	5.4		10.8	ij	6	0.20	2.21		2.21	4.88	137
NO	IW	2	0.80	8.34	6.7		13.3	ij	6	0.20	2.21		2.21	6.01	168
NO	IW	1	1.06	3.34	3.5		3.5	ij	20	-0.29	2.21		2.21	-2.24	-63
NO	IW	1	6.00	3.34	20.0		20.0	ij	20	-0.29	0.46		0.46	-2.63	-74

Mindest-Luftvolumenstrom	V_{min}	1,456.2 m ³ /h	13,863
aus natürlicher Infiltration	V_{inf}	349.5 m ³ /h	
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	$V_{su} \cdot f_{V,su}$	m ³ /h	
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$V_{mech,inf,e} + V_{mech,inf,ij} \cdot f_{V,mech,inf,ij}$	m ³ /h	

thermisch wirksamer Luftvolumenstrom	V_{therm}	1,456.2 m ³ /h		
LÜFTUNGSWÄRMEVERLUST	H_V / Φ_V	495.11	13,863	
NORM-HEIZLAST	Φ_{HL}	137.9 W/m ²	17.0 W/m ³	24,814
ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG	Φ_{RH}	f_{RH}	43.0 W/m ²	7,740
AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG	$\Phi_{HL,Ausleg}$			32,554

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 2

RAUM-HEIZLAST

Wohneinheit: Obergeschoss Raum-Nr.:01.001 Bez.: Halle 2

Innentemperatur	θ_{int}	12 °C	Infiltration		
Mindest-Luftwechsel	n_{min}	1.00 h ⁻¹	Luftdichtheit	n_{50}	4.00 h ⁻¹
Abmessungen			Koeffizient Abschirmklasse	e	0.03 -
Raubbreite	b_R	0.00 m	Höhe über Erdreich	h	7.65 m
Raumlänge	l_R	0.00 m	Höhen-Korrekturfaktor	ϵ	1.00 -
Raumfläche	A_R	180.00 m ²	Mechanische Belüftung		
Geschosshöhe	h_G	8.34 m	Zuluft-Volumenstrom	V_{su}	m ³ /h
Deckendicke	d	0.25 m	- Temperatur	θ_{su}	°C
Raumhöhe	h_R	8.09 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,su}$	-
Raumvolumen	V_R	1,456.20 m ³	Abluft-Volumenstrom	V_{ex}	m ³ /h
Erdreich			Überstr. Nachbarräume	$V_{mech,inf}$	m ³ /h
Tiefe unter Erdreich	z	m	- Temperatur	$\theta_{mech,inf}$	°C
Erdreich berührter Umfang	P	0.00 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,mech,inf}$	-
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	B'	m	Mech. Infiltration von außen	$V_{mech,inf,e}$	m ³ /h

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissions-Wärmeverlust
		m			m ²			g/ij	°C	f_{g2}/f_{ij}	W/(m ² ·K)			W/K	W
SO	AW	1	6.00	8.34	50.0	16.3	33.7	e			1.73	0.05	1.78	59.89	1,677
	AF	1	4.48	1.68	7.5		7.5	e			1.60	0.05	1.65	12.42	348
	AW	1	4.48	1.96	8.8		8.8	e			1.25	0.05	1.30	11.40	319
SO	AW	1	6.00	5.00	30.0	25.8	4.2	e			1.73	0.05	1.78	7.45	209
	AF	1	4.48	1.68	7.5		7.5	e			1.60	0.05	1.65	12.42	348
	AW	1	4.48	4.08	18.3		18.3	e			1.25	0.05	1.30	23.72	664
SW	IW	1	8.43	8.34	70.3		70.3	ij	6	0.20	1.49		1.49	21.37	598
SW	IW	1	5.21	8.34	43.5	7.7	35.8	ij	6	0.20	1.49		1.49	10.88	305
	IT	1	2.00	2.95	5.9		5.9	ij	6	0.20	1.80		1.80	2.16	61
	IT	1	0.84	2.10	1.8		1.8	ij	6	0.20	1.80		1.80	0.65	18
SW	IW	2	0.65	8.34	5.4		10.8	ij	6	0.20	2.21		2.21	4.88	137
SW	IW	2	0.80	8.34	6.7		13.3	ij	6	0.20	2.21		2.21	6.01	168
SW	IW	1	1.01	3.01	3.0		3.0	ij	6	0.20	1.66		1.66	1.03	29
SW	IW	1	3.01	0.06	0.2		0.2	ij	6	0.20	1.66		1.66	0.06	2

Mindest-Luftvolumenstrom	V_{min}	1,456.2 m ³ /h	13,863
aus natürlicher Infiltration	V_{inf}	349.5 m ³ /h	
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	$V_{su} \cdot f_{V,su}$	m ³ /h	
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$V_{mech,inf,e} + V_{mech,inf,ij} \cdot f_{V,mech,inf,ij}$	m ³ /h	

thermisch wirksamer Luftvolumenstrom	V_{therm}	1,456.2 m ³ /h	
LÜFTUNGSWÄRMEVERLUST	H_V / Φ_V	495.11	13,863
NORM-HEIZLAST	Φ_{HL}	137.9 W/m ²	17.0 W/m ³
ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG	Φ_{RH}	f_{RH}	43.0 W/m ²
AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG	$\Phi_{HL,Ausleg}$	32,554	

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 3

RAUM-HEIZLAST

Wohneinheit: Obergeschoss Raum-Nr.:01.001 Bez.: Halle 2

Innentemperatur	θ_{int}	12 °C	Infiltration		
Mindest-Luftwechsel	n_{min}	1.00 h ⁻¹	Luftdichtheit	n_{50}	4.00 h ⁻¹
Abmessungen			Koeffizient Abschirmklasse	e	0.03 -
Raubbreite	b_R	0.00 m	Höhe über Erdreich	h	7.65 m
Raumlänge	l_R	0.00 m	Höhen-Korrekturfaktor	ϵ	1.00 -
Raumfläche	A_R	180.00 m ²	Mechanische Belüftung		
Geschosshöhe	h_G	8.34 m	Zuluft-Volumenstrom	V_{su}	m ³ /h
Deckendicke	d	0.25 m	- Temperatur	θ_{su}	°C
Raumhöhe	h_R	8.09 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,su}$	-
Raumvolumen	V_R	1,456.20 m ³	Abluft-Volumenstrom	V_{ex}	m ³ /h
Erdreich			Überstr. Nachbarräume	$V_{mech,inf}$	m ³ /h
Tiefe unter Erdreich	z	m	- Temperatur	$\theta_{mech,inf}$	°C
Erdreich berührter Umfang	P	0.00 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,mech,inf}$	-
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	B'	m	Mech. Infiltration von außen	$V_{mech,inf,e}$	m ³ /h

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissions-Wärmeverlust
		n	b	l/h	A_{Brutto}	A_{Abzug}	A_{Netto}	e/u	θ_u/θ_{ij}	e/b_u	U	ΔU_{WB}	$U_{c/equiv}$	H_T	Φ_T
			m		m ²			g/ij	°C	f_{g2}/f_{ij}	W/(m ² ·K)			W/K	W
H	FB	1	0.00	0.00	35.0		35.0	ij	20	-0.29	0.43		0.43	-4.30	-120
H	FB	1	0.00	0.00	145.0		145.0	ij	20	-0.29	0.27		0.27	-11.08	-310
H	DA	1	0.00	0.00	180.0		180.0	e			0.12	0.05	0.17	30.36	850
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST H_T / Φ_T													391.11	10,951	

Mindest-Luftvolumenstrom	V_{min}	1,456.2 m ³ /h	13,863
aus natürlicher Infiltration	V_{inf}	349.5 m ³ /h	
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	$V_{su} \cdot f_{V,su}$	m ³ /h	
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$V_{mech,inf,e} + V_{mech,inf,ij} \cdot f_{V,mech,inf,ij}$	m ³ /h	
thermisch wirksamer Luftvolumenstrom V_{therm}		1,456.2 m³/h	
LÜFTUNGSWÄRMEVERLUST H_V / Φ_V			495.11 13,863
NORM-HEIZLAST Φ_{HL}		137.9 W/m ²	17.0 W/m ³ 24,814
ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG Φ_{RH}		f_{RH}	43.0 W/m ² 7,740
AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG $\Phi_{HL,Ausleg}$			32,554

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 4

RAUM-HEIZLAST

Wohneinheit: Obergeschoss Raum-Nr.:01.002 Bez.: Prüfraum

Innentemperatur	θ_{int}	20 °C	Infiltration		
Mindest-Luftwechsel	n_{min}	0.50 h ⁻¹	Luftdichtheit	n_{50}	4.00 h ⁻¹
Abmessungen			Koeffizient Abschirmklasse	e	0.00 -
Raubbreite	b_R	5.53 m	Höhe über Erdreich	h	5.16 m
Raumlänge	l_R	5.76 m	Höhen-Korrekturfaktor	ϵ	1.00 -
Raumfläche	A_R	31.85 m ²	Mechanische Belüftung		
Geschosshöhe	h_G	3.34 m	Zuluft-Volumenstrom	V_{su}	m ³ /h
Deckendicke	d	0.24 m	- Temperatur	θ_{su}	°C
Raumhöhe	h_R	3.10 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,su}$	-
Raumvolumen	V_R	98.74 m ³	Abluft-Volumenstrom	V_{ex}	m ³ /h
Erdreich			Überstr. Nachbarräume	$V_{mech,inf}$	m ³ /h
Tiefe unter Erdreich	z	m	- Temperatur	$\theta_{mech,inf}$	°C
Erdreich berührter Umfang	P	0.00 m	- Korrekturfaktor	$f_{V,mech,inf}$	-
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	B'	m	Mech. Infiltration von außen	$V_{mech,inf,e}$	m ³ /h

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissions-Wärmeverlust
		m			m ²			g/ij	°C	f_{g2}/f_{ij}	W/(m ² ·K)			W/K	W
NW	IW	1	6.00	3.34	20.0	3.4	16.7	ij	12	0.22	0.46		0.46	1.70	61
	IT	1	1.68	2.01	3.4		3.4	ij	12	0.22	2.00		2.00	1.50	54
NO	IW	1	5.39	3.34	18.0		18.0	ij	12	0.22	0.46		0.46	1.84	66
NO	IW	1	1.06	3.34	3.5		3.5	ij	12	0.22	2.21		2.21	1.74	63
SO	AW	1	6.00	3.34	20.0		20.0	e			1.73	0.05	1.78	35.58	1,281
SW	IW	1	5.39	3.34	18.0		18.0	ij	6	0.38	1.49		1.49	10.23	368
SW	IW	1	1.06	3.34	3.5		3.5	ij	6	0.38	2.21		2.21	2.98	107
H	DE	1	0.00	0.00	35.0		35.0	ij	12	0.22	0.43		0.43	3.34	120
H	FB	1	0.00	0.00	35.0		35.0	ij	20		0.27		0.27	0.00	0
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST													H_T / Φ_T	58.92	2,121

Mindest-Luftvolumenstrom	V_{min}	49.4 m ³ /h	604
aus natürlicher Infiltration	V_{inf}	m ³ /h	
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	$V_{su} \cdot f_{V,su}$	m ³ /h	
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$V_{mech,inf,e} + V_{mech,inf,ij} \cdot f_{V,mech,inf,ij}$	m ³ /h	
thermisch wirksamer Luftvolumenstrom	V_{therm}	49.4 m³/h	
LÜFTUNGSWÄRMEVERLUST	H_V / Φ_V		16.79
NORM-HEIZLAST	Φ_{HL}	85.6 W/m ²	27.6 W/m ³
ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG	Φ_{RH}	f_{RH}	W/m ²
AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG	$\Phi_{HL,Ausleg}$		2,725

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 1

Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1: 2008-07

RAUMLISTE

Raum-Nr./Bez.	Wohneinheit	θ_{int}	A	$\Phi_{T,e}$	Φ_T	$\Phi_{V,min}$	$\Phi_{V,inf}$	$\Phi_{V,su}$	$\Phi_{V,m,inf}$	Φ_{HL}	Φ_{RH}	$\Phi_{HL,Ausl.}$
01.001/Halle 2	Obergeschoss	12	180.0	11,635	10,951	13,863				24,814	7,740	32,554
01.002/Prüfraum	Obergeschoss	20	31.9	1,756	2,121	604				2,725		2,725
Summen für Gebäude			211.9	13,392	13,072	14,467				27,539	7,740	35,279

Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 1

Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1: 2008-07

Gebäudezusammenstellung

WÄRMEVERLUST-KOEFFIZIENTEN			W/K
Transmissionswärmeverlust-Koeffizient	$\Sigma H_{T,e}$		464.3
Lüftungswärmeverlust-Koeffizient	ΣH_V		255.9
Gebäude-Wärmeverlust-Koeffizient	H_{Geb}		720.3

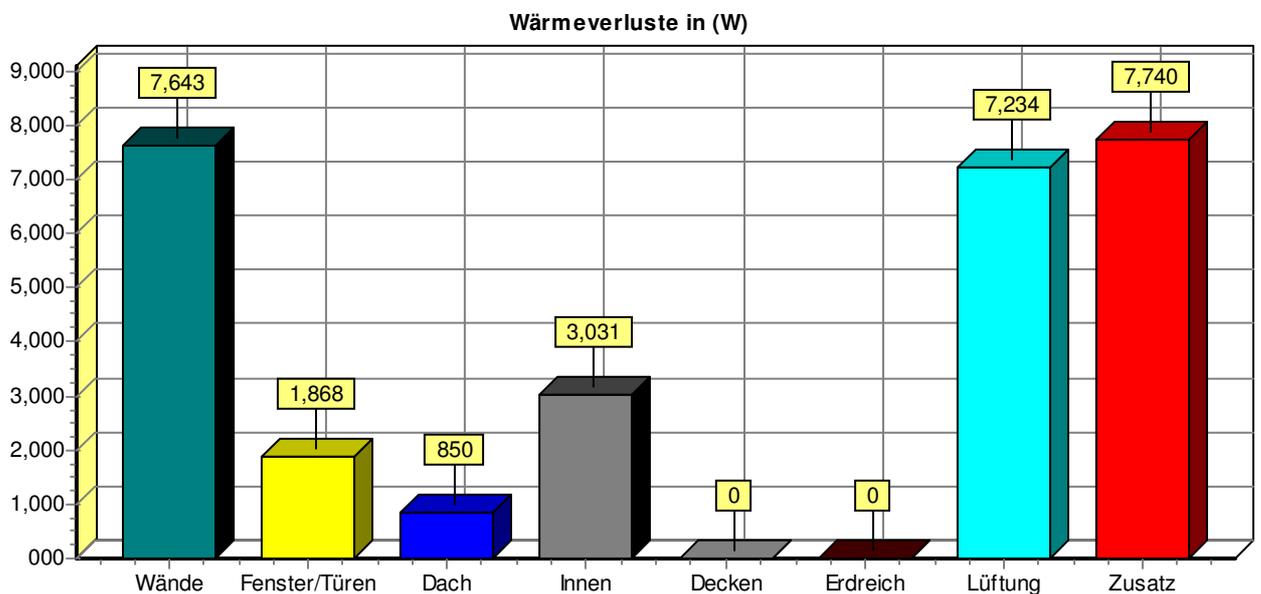
WÄRMEVERLUSTE			W
Transmissionswärmeverluste (nach außen)	$\Phi_{T,Geb}$		13,392
Mindest-Luftvolumenstrom	$\Phi_{V,min,Geb} = 0,5 \cdot \Sigma \Phi_{V,min}$	7,234	
aus natürlicher Infiltration	$\Phi_{V,inf,Geb} = \zeta \cdot \Sigma \Phi_{V,inf}$		
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	$\Phi_{V,su,Geb}$		
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$\Phi_{V,mech,inf,Geb}$		
Lüftungswärmeverluste	$\Phi_{V,Geb}$		7,234
Verluste durch hohe Räume	$\Phi_{h,Geb}$		0

NORM-GEBÄUDEHEIZLAST	$\Phi_{HL,Geb}$	20,625 W
-----------------------------	-----------------------------------	-----------------

ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG	$\Phi_{RH,Geb}$	7,740 W
-------------------------------	-----------------------------------	----------------

AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG	$\Phi_{Ausleg,Geb}$	28,365 W
--------------------------------	---------------------------------------	-----------------

BEZOGENE WERTE				
Heizlast / beheizte Gebäudefläche	$A_{N,Geb}$	211.9 m ²	$\Phi_{HL,Geb} / A_{N,Geb}$	97.4 W/m ²
Heizlast / beheiztes Gebäudevolumen	$V_{N,Geb}$	1,554.9 m ³	$\Phi_{HL,Geb} / V_{N,Geb}$	13.3 W/m ³
wärmeübertragende Umfassungsfläche	A	675.5 m ²		
Spezifischer Transmissionswärmeverlust	H_T'			0.69 W/(m²·K)



Kurzname: TO4 (Wird-Zustand)

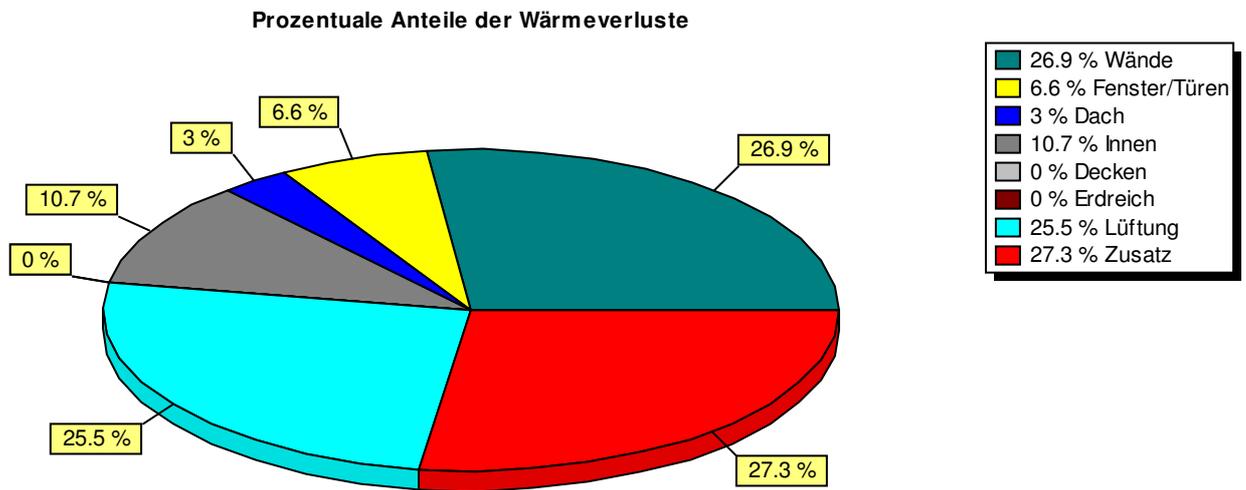
Datum: 7/12/2010

Bezeichnung: Sanierung TO4

Seite: 2

Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 Bbl 1: 2008-07

Gebäudezusammenstellung



Anlage A2

Wärmedurchgangskoeffizienten-Ermittlung für
das vorliegende Projekt

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 1

U-Werte

Kurzbezeichnung : AW-00
 Beschreibung : Außenwand Halle 2

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = 460 \%$

$s_d = 2.50 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = -10 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 50 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 80 \%$

$W_T = 0.259 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 70 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 70 \%$

$W_V = 1.192 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m ² ·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.130		20.0	2338	
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20.0	1.000	0.020	0.30	13.3	1525	1169
4.1.2.3	Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel	120.0	0.680	0.176	0.60	12.2	1425	1031
1.2.2	Normalmörtel NM	20.0	1.200	0.017	0.30	3.1	763	755
4.1.2.3	Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel	120.0	0.680	0.176	0.60	2.2	718	617
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20.0	1.000	0.020	0.70	-6.9	341	341
	R_{se}			0.040		-7.9	312	208
						-10.0	260	

**Keine Oberflächenkondensation raumseitig.
 Keine unzulässige Tauwasserbildung nach DIN 4108-3.**

Dicke = 300.0 mm
 spez. Gewicht = 492.0 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$R_T = 0.580 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = 1.725 $\frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 2

U-Werte

Kurzbezeichnung : AW-02
 Beschreibung : Verschlussene Fensterflächen

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = 219 \%$

$s_d = 2.70 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = -10 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 50 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 80 \%$

$W_T = 0.424 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 70 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 70 \%$

$W_V = 0.930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m ² ·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.130		20.0	2338	
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	30.0	1.000	0.030	0.45	14.8	1685	1169
4.1.3.18	Hochlochziegel mit Lochung A und B nach DIN V 105-2 bzw....	240.0	0.420	0.571	1.20	13.6	1559	925
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	30.0	1.000	0.030	1.05	-9.2	279	279
	R_{se}			0.040		-10.4	251	174
						-10.0	218	

**Keine Oberflächenkondensation raumseitig.
 Keine unzulässige Tauwasserbildung nach DIN 4108-3.**

Dicke = 300.0 mm
 spez. Gewicht = 324.0 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$R_T = 0.801 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = 1.248 $\frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 3

U-Werte

Kurzbezeichnung : DA-01
 Beschreibung : Hallendach (neu)

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = -\%$

$s_d = 0.00 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = -10 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 50 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 80 \%$

$W_T = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 70 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 70 \%$

$W_V = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m²·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.100		20.0	2338	----
3.5	Stahlbetonfertigteildecke (ohne Aufbeton, ohne Putz) im Mittel	250.0	0.890	0.281	0.00	19.6	2284	----
7.6	Zwischenlage als Dampfdruckausgleichslage Typ Bauder KSK	2.0	0.001	2.000	0.00	18.6	2137	----
5.04.6	Polyiso-Hartschaumplatte nach DIN EN 13165	140.0	0.024	5.833	0.00	11.0	1309	----
7.7	PYE PV 200 S5 Polymerbitumen Schweißbahn	4.0	0.023	0.174	0.00	-11.2	234	----
	R_{se}			0.040		-11.8	221	----
						-10.0	218	----

Das Glaserdiagramm konnte nicht berechnet werden!

Dicke = 396.0 mm
 spez. Gewicht = $0.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$R_T = 8.428 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = $0.119 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 4

U-Werte

Kurzbezeichnung : IW-01
 Beschreibung : Trennwand zwischen Hallenbereichen

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = -\%$

$s_d = 2.10 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 15 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 50 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 80 \%$

$W_T = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 70 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 70 \%$

$W_V = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m ² ·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.130		20.0	2338	
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20.0	1.000	0.020	0.30	19.0	2201	1169
4.1.2.3	Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel	120.0	0.680	0.176	0.60	18.9	2181	1197
1.2.2	Normalmörtel NM	20.0	1.200	0.017	0.30	17.6	2008	1253
4.1.2.3	Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel	120.0	0.680	0.176	0.60	17.4	1992	1281
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20.0	1.000	0.020	0.30	16.1	1832	1336
	R_{se}			0.130		16.0	1815	1364
						15.0	1705	

**Keine Oberflächenkondensation raumseitig.
 Keine unzulässige Tauwasserbildung nach DIN 4108-3.**

Dicke = 300.0 mm
 spez. Gewicht = 492.0 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$R_T = 0.670 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = 1.493 $\frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 5

U-Werte

Kurzbezeichnung : IW-02
 Beschreibung : Stahlbetonträger

Taupunkt = 9.3 °C

W_V/W_T = - %

s_d = 28.60 m

Tauperiode

t_T = 1440 h

θ_{innen} = 20 °C

$\theta_{au\beta en}$ = 15 °C

ϕ_{innen} = 50 %

$\phi_{au\beta en}$ = 80 %

W_T = 0.000 $\frac{kg}{m^2}$

Verdunstungsperiode

t_v = 2160 h

θ_{innen} = 12 °C

$\theta_{au\beta en}$ = 12 °C

ϕ_{innen} = 70 %

$\phi_{au\beta en}$ = 70 %

W_V = 0.000 $\frac{kg}{m^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m ² ·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.130		20.0	2338	
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20.0	1.000	0.020	0.30	18.6	2138	1169
2.1.5	Beton, armiert (mit 1% Stahl)	350.0	2.300	0.152	28.00	18.3	2109	1171
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20.0	1.000	0.020	0.30	16.7	1896	1362
	R_{se}			0.130		15.0	1705	

**Keine Oberflächenkondensation raumseitig.
 Keine unzulässige Tauwasserbildung nach DIN 4108-3.**

Dicke = 390.0 mm
 spez. Gewicht = 877.0 $\frac{kg}{m^3}$

R_T = 0.452 $\frac{m^2 \cdot K}{W}$
 ΔU = 0.000 $\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$

U-Wert = 2.212 $\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 6

U-Werte

Kurzbezeichnung : IW-03
 Beschreibung : Trennwand (neu)

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = -\%$

$s_d = 4.20 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 15 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 50 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 80 \%$

$W_T = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{innen}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{außen}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{innen}} = 70 \%$

$\phi_{\text{außen}} = 70 \%$

$W_V = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m ² ·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.130		20.0	2338	
4.1.3.18	Hochlochziegel mit Lochung A und B nach DIN V 105-2 bzw. ...	30.0	0.420	0.071	0.15	18.9	2186	1169
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	240.0	1.000	0.240	3.60	18.3	2107	1176
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	30.0	1.000	0.030	0.45	16.3	1857	1343
	R_{se}			0.130		15.0	1705	

**Keine Oberflächenkondensation raumseitig.
 Keine unzulässige Tauwasserbildung nach DIN 4108-3.**

Dicke = 300.0 mm
 spez. Gewicht = 513.0 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$R_T = 0.601 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = 1.663 $\frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 7

U-Werte

Kurzbezeichnung : FB-01 (Fußboden)
 Beschreibung : Hallenboden

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = -\%$

$s_d = 0.00 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{oben}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{unten}} = 15 \text{ °C}$

$\phi_{\text{oben}} = 50 \%$

$\phi_{\text{unten}} = 80 \%$

$W_T = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{oben}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{unten}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{oben}} = 70 \%$

$\phi_{\text{unten}} = 70 \%$

$W_V = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m ² ·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.170		20.0	2338	----
5.13	Mineralwolleplatte	15.0	0.030	0.500	0.00	19.8	2307	----
5.01.3	Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162	100.0	0.040	2.500	0.10	19.1	2216	----
8.10.9	Luftschicht; Wärmestrom aufwärts; 300 mm	300.0		0.160	0.30	15.9	1808	----
3.5	Stahlbetonfertigteildecke (ohne Aufbeton, ohne Putz) im Mittel	250.0	0.890	0.281	0.00	15.7	1785	----
1.4.4	Hartestrich	175.0	1.800	0.097	0.00	15.3	1744	----
	R_{se}			0.170		15.2	1730	----
						15.0	1705	----

Das Glaserdiagramm konnte nicht berechnet werden!

Dicke = 840.0 mm
 spez. Gewicht = $0.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$R_T = 3.878 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = $0.258 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Kurzname : TO4 (WIRD-ZUSTAND)
 Bezeichnung : Sanierung TO4

Datum : 7/12/2010
 Seite : 8

U-Werte

Kurzbezeichnung : FB-02 (Fußboden)
 Beschreibung : Boden Prüfraum

Taupunkt = 9.3 °C

$W_V/W_T = -\%$

$s_d = 0.00 \text{ m}$

Tauperiode

$t_T = 1440 \text{ h}$

$\theta_{\text{oben}} = 20 \text{ °C}$

$\theta_{\text{unten}} = 15 \text{ °C}$

$\phi_{\text{oben}} = 50 \%$

$\phi_{\text{unten}} = 80 \%$

$W_T = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Verdunstungsperiode

$t_V = 2160 \text{ h}$

$\theta_{\text{oben}} = 12 \text{ °C}$

$\theta_{\text{unten}} = 12 \text{ °C}$

$\phi_{\text{oben}} = 70 \%$

$\phi_{\text{unten}} = 70 \%$

$W_V = 0.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Schichtaufbau

Bst.-Nr.	Baustoff-Bezeichnung	Dicke mm	λ_R W/(m·K)	R m²·K/W	s_d m	θ °C	p_s Pa	p_x Pa
	R_{si}			0.170		20.0	2338	----
5.13	Mineralwolleplatte	15.0	0.030	0.500	0.00	19.8	2307	----
5.01.3	Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162	100.0	0.040	2.500	0.10	19.1	2217	----
8.12.9	Luftschicht; Wärmestrom horizontal; 300 mm	300.0		0.180	0.30	15.9	1811	----
3.5	Stahlbetonfertigteildecke (ohne Aufbeton, ohne Putz) im Mittel	250.0	0.890	0.281	0.00	15.7	1785	----
1.4.4	Hartestrich	175.0	1.800	0.097	0.00	15.3	1744	----
8.7.1	Platten, Keramik/Porzellan	5.0	1.300	0.004	5000.00	15.2	1730	----
						15.2	1729	----
	R_{se}			0.170		15.0	1705	----

Das Glaserdiagramm konnte nicht berechnet werden!

Dicke = 845.0 mm
 spez. Gewicht = $11.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$R_T = 3.902 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
 $\Delta U = 0.000 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

U-Wert = $0.256 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Übersicht der projektspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten

Bauteil	Beschreibung	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² K]
Außenfenster	Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung	1,60
Außentür	Einflügelige Metalltür (in NW Ausrichtung)	2,30
Außenwand I	Bestand	1,73
Außenwand II	Mit Thermopor Hochlochziegel verschlossene Öffnungen im Baukörper	1,25
Hallendach	Inkl. neuer Wärmedämmung (Polyiso- Hartschaumplatte)	0,12
Innentür I	Doppeltür zwischen den Hallenbereichen	1,80
Innentür II	Doppeltür zum Prüfraum	2,00
Innentür II	Einflügelige Tür Galerie	1,80
Innenwand I	Trockenbausystem zur Abgrenzung des Prüfraumes	0,46
Innenwand II	Bestand (Trennwand zwischen Hallenbereichen)	1,49
Innenwand III	Stahlbetonträger	2,21
Innenwand IV	Mit Thermopor Hochlochziegel verkleinerte Türflächen zwischen den Hallenbereichen	1,66
Fußboden I	Hallenboden mit Duromit Hartestrich	0,98
Fußboden II	Boden im Prüfraum	0,87
Decke	Trockenbausystem zur Abgrenzung des Prüfraumes	0,43

Anlage A3

Konzipierung der Heizflächen und Dimensionierung der
Leitungswege zur Beheizung des Prüfraum



Höhe 500 mm

CE			Typ 10	Typ 11	Typ 21	Typ 22	Typ 33	
Höhe mm	Länge mm	Grundartikelnummer ¹⁾	7 306 1..	7 306 4..	7 306 3..	7 306 6..	7 306 7..	
	Variantennummer	Wärmeleistung \dot{Q} in Watt bei 70/55/20 °C / 55/45/20 °C						
500	400	. . . . .04	\dot{Q} in W Preis €	174/112 108,75 U	254/163 123,10 U	349/222 157,70 U	466/297 170,— U	650/412 227,95 U
	500	. . . . .05	\dot{Q} in W Preis €	218/140 115,45 U	318/204 131,75 U	437/278 172,40 U	582/371 185,— U	813/515 251,15 U
	600	. . . . .06	\dot{Q} in W Preis €	261/168 122,15 U	381/244 140,40 U	524/333 187,05 U	699/445 199,95 U	976/618 274,35 U
	700	. . . . .07	\dot{Q} in W Preis €	305/196 128,85 U	445/285 149,— U	611/389 201,75 U	815/519 214,95 U	1138/721 297,55 N
	800	. . . . .08	\dot{Q} in W Preis €	348/224 135,55 U	508/326 157,65 U	699/444 216,40 U	932/593 229,95 U	1301/824 320,75 N
	900	. . . . .09	\dot{Q} in W Preis €	392/252 142,25 U	572/366 166,25 U	786/500 231,10 U	1048/667 244,95 U	1464/927 343,95 N
	1000	. . . . .10	\dot{Q} in W Preis €	435/280 148,95 U	635/407 174,90 U	873/555 245,75 U	1164/741 259,95 N	1626/1030 367,15 N
	1200	. . . . .12	\dot{Q} in W Preis €	522/336 162,35 U	762/489 192,15 U	1048/666 275,10 U	1397/890 289,95 N	1951/1236 413,55 N
	1400	. . . . .14	\dot{Q} in W Preis €	609/392 175,75 U	890/570 209,40 U	1223/777 304,45 N	1630/1038 319,95 N	2277/1442 459,95 N
	1600	. . . . .16	\dot{Q} in W Preis €	696/447 189,15 U	1017/651 226,70 U	1397/888 333,80 N	1863/1186 349,90 N	2602/1648 506,35 N
	1800	. . . . .18	\dot{Q} in W Preis €	783/503 202,55 U	1144/733 243,95 N	1572/999 363,15 N	2096/1334 379,90 N	2927/1854 552,75 N
	2000	. . . . .20	\dot{Q} in W Preis €	870/559 215,95 U	1271/814 261,20 N	1747/1110 392,50 N	2329/1483 409,90 N	3252/2059 599,15 N
	2300	. . . . .23	\dot{Q} in W Preis €	1001/643 236,05 U	1461/936 287,10 N	2009/1277 436,55 N	2678/1705 454,90 N	3740/2368 668,75 N
	2600	. . . . .26	\dot{Q} in W Preis €	1131/727 256,15 U	1652/1058 313,— N	2271/1443 480,55 N	3028/1928 499,85 N	4228/2677 738,35 N
	3000	. . . . .30	\dot{Q} in W Preis €	1305/839 282,95 N	1906/1221 347,50 N	2620/1665 539,25 N	3493/2224 559,85 N	4879/3089 831,15 N

Rabattgruppe 186

Liefer- und Bauartweise: = Ab Regionallager (24 h) = Ab Zentrallager = Bestellware
 = Linksausführung ab Zentrallager verfügbar
 Abholsortiment in der Niederlassung auf Anfrage

Nähere Erläuterungen zu den Liefer- und Bauartweisen finden Sie bei den Nutzungshinweisen ⇒ Umschlaginnenseite.

Ventilausführung: U = Einbauventil „U“, N = Einbauventil „N“

Bestellnummer bestehend aus Grundartikelnummer und Variantennummer

Heizkörper werden standardmäßig in rechter Ausführung geliefert. Linke Ausführung (Typ 10, 11, 30, 33) auf Anfrage lieferbar
 Zweilagige Heizkörper (Typen 20, 21, 22) drehbar und damit in rechter und linker Ausführung identisch einsetzbar
 Dreilagige Heizkörper (Typen 30, 33) drehbar und damit in rechter und linker Ausführung einsetzbar (geänderten Wandabstand beachten)

¹⁾ Alle Bestellnummern sind für rechte Ausführung in Standardfarbe Verkehrsweiß (RAL 9016), linke Ausführung mit Grundartikelnummer 7 302
 Sonderausführung (abweichende Farben, o.ä.) auf Anfrage mit Grundartikelnummer 7 316 .../ 7 312 ...

Höhe 500 mm – Preise je Heizkörpermeter und Stückzuschlag

⇒ Seite 109

Unverbindliche Preisempfehlung. Nicht für den Endverbraucher bestimmt, lediglich Berechnungsgrundlage. Ohne die gesetzliche Mehrwertsteuer.

Ermittlung der Rohrdurchmesser

Bauvorhaben:	Sanierung des Hallenbereiches 2 im Teilobjekt 4			Datum:	12.08.2010	Blatt:	1
Firma:	DBI Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg	Bearbeiter:	Kai Nitzsche				
Strang:	I (Prüfraum)						
Systemtemperatur:	70/55/20 °C	Rohrart:	Mapress Kupferrohr nach DVGW- Arbeitsblatt G 392 und DIN EN 1057				
mittlere Medientemperatur:	62,5 °C						
Dichte des Mediums:	981,5 kg/m ³						

Teilstrecke	Länge	Wärmestrom/ Massenstrom	Volumenstrom	Abmessung	Innen- durchmesser	Rechnerische Fließ- geschwindigkeit	Rohrreibungs- druckgefälle	Druckverlust aus Rohrreibung	Einzelwider- stände	Druckverlust t aus Einzelwider- ständen Z	R*I+Z
TS	l [m]	[W] / [kg/h]	[m ³ /h]	[mm]	[mm]	[m/s]	R [Pa/m]	R*I [Pa]		Z [Pa]	[Pa]
1 inkl. 5m Zuschlag	36	2794 / 160,04	0,163	15 x 1	13	0,34	168	6048	10,5	596	6644
2	19	1397 / 80,02	0,082	15 x 1	13	0,17	42	798	7	99	897
3	19	1397 / 80,02	0,082	15 x 1	13	0,17	42	798	7	99	897
4	1,7	1397 / 80,02	0,082	15 x 1	13	0,17	42	71,4	4	57	128
5	1,7	1397 / 80,02	0,082	15 x 1	13	0,17	42	71,4	4	57	128
6 inkl. 5m Zuschlag	36	2794 / 160,04	0,163	15 x 1	13	0,34	168	6048	9,5	539	6587

Ermittlung der Einzelwiderstände

Bauvorhaben: Sanierung des Hallenbereiches 2 im Teilobjekt 4		Firma: DBI Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg		Bearbeiter: Kai Nitzsche	Datum: 12.08.2010	Blatt: 2
Strang:	I (Prüfraum)	Rohrart:	Mapress Kupferrohr nach DVGW- Arbeitsblatt G 392 und DIN EN 1057			
Systemtemperatur:	70/55/20 °C					
mittlere Medientemperatur:	62,5 °C					
Dichte des Mediums:	981,5 kg/m³					

Einzelwiderstand	Zetawert	Teilstrecke					
		1	2	3	4	5	6
Bogen r/d=1	0,5	7 St.+ 4 Zuschlag	8 St.	8 St.	2 St.	2 St.	9 St. + 4 Zuschlag
Gegenlauf Vereinigung	3,0	---	---	1 St.	---	1 St.	---
Gegenlauf Trennung	3,0	---	1 St.	---	1 St.	---	---
Absperrhahn >DN15	2,0	2 St.	---	---	---	---	1 St.
Verteiler	1,0	1 St.	---	---	---	---	1 St.
	Summe Zeta:	10,5	7	7	4	4	9,5
$\Delta p_z = \sum \zeta \times w^2 \times \frac{\rho_m}{2}$		596 Pa	99 Pa	99 Pa	57 Pa	57 Pa	539 Pa

Übersicht der Druckverluste der einzelnen Leitungswege des Stranges I (Prüfraum)

Bauvorhaben:	Sanierung des Hallenbereiches 2 im Teilobjekt 4	Datum:	12.08.2010
Firma:	DBI Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg	Blatt:	3
Bearbeiter:	Kai Nitzsche		

Leitungsweg zum Heizkörper 1					
Strang	TS	Druckverlust in Pa			
		Δp_{TS}	Δp_V	Δp_{HK}	Δp_{RLV}
I	1	6644			
	4	128	4000	45	208
	5	128			
	6	6587			
	Anbindung	2000			
Druckverlust zum Heizkörper		=19740 Pa			

Leitungsweg zum Heizkörper 2					
Strang	TS	Druckverlust in Pa			
		Δp_{TS}	Δp_V	Δp_{HK}	Δp_{RLV}
I	1	6644			
	2	897	4000	45	208
	3	897			
	6	6587			
	Anbindung	2000			
Druckverlust zum Heizkörper		=21278 Pa			

Differenzdruck zwischen den Leitungswegen	
Druckverlust zum Heizkörper 2	21278 Pa
- Druckverlust zum Heizkörper 1	19740 Pa
$\Delta p_{1/2} =$	<u>1538 Pa</u>

Anlage A4

Datenblatt Thermostatventile

Kennlinie Einbauventil U

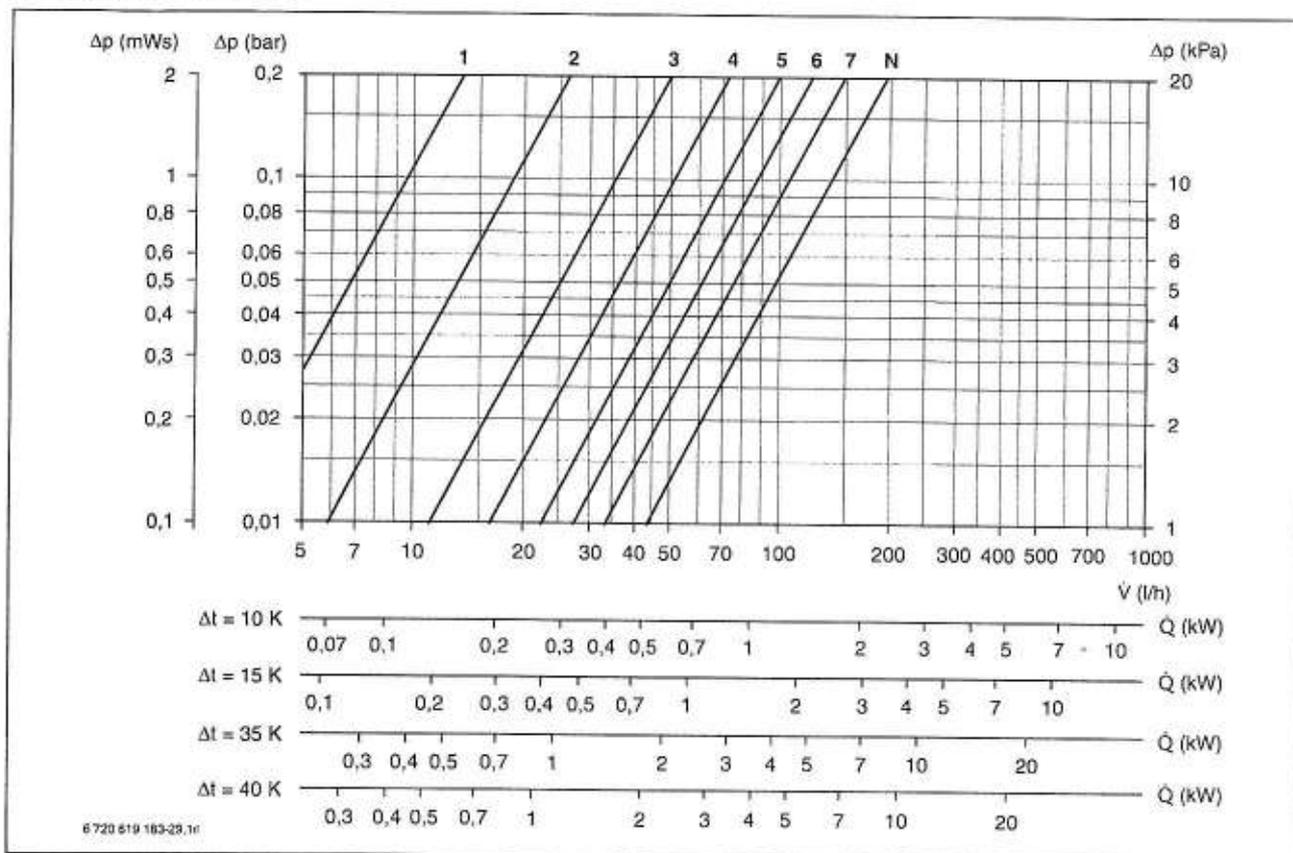


Bild 10 Kennlinie Einbauventil U

Δp Druckverlust
 \dot{Q} Wärmeleistung
 \dot{V} Volumenstrom

Einstellungen		1	2	3	4	5	6	7	N
k_v-Wert		0,03	0,06	0,11	0,16	0,22	0,27	0,33	0,43
AP-Abweichung		0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Max. Wärmeleistung des Heizkörpers in W bei $\Delta p = 0,1$ bar	$\Delta t = 10$ K	110	220	400	580	800	990	1210	1570
	$\Delta t = 15$ K	160	330	600	880	1200	1480	1810	2360
	$\Delta t = 20$ K	220	441	800	1170	1610	1980	2420	3150

Tab. 13 Einstellungen Einbauventil U in Verbindung mit Danfoss Thermostatkopf RA (Gasfühlerelement)

Einstellungen		1	2	3	4	5	6	7	N
k_v-Wert		0,03	0,06	0,11	0,16	0,21	0,25	0,30	0,38
AP-Abweichung		0,5	0,7	1,0	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
Max. Wärmeleistung des Heizkörpers in W bei $\Delta p = 0,1$ bar	$\Delta t = 10$ K	110	220	400	580	770	910	1100	1390
	$\Delta t = 15$ K	160	330	600	880	1150	1370	1650	2090
	$\Delta t = 20$ K	220	440	800	1170	1540	1830	2200	2790

Tab. 14 Einstellungen Einbauventil U in Verbindung mit Flüssigkeitsfühlerelement

Kennlinie Einbauventil N

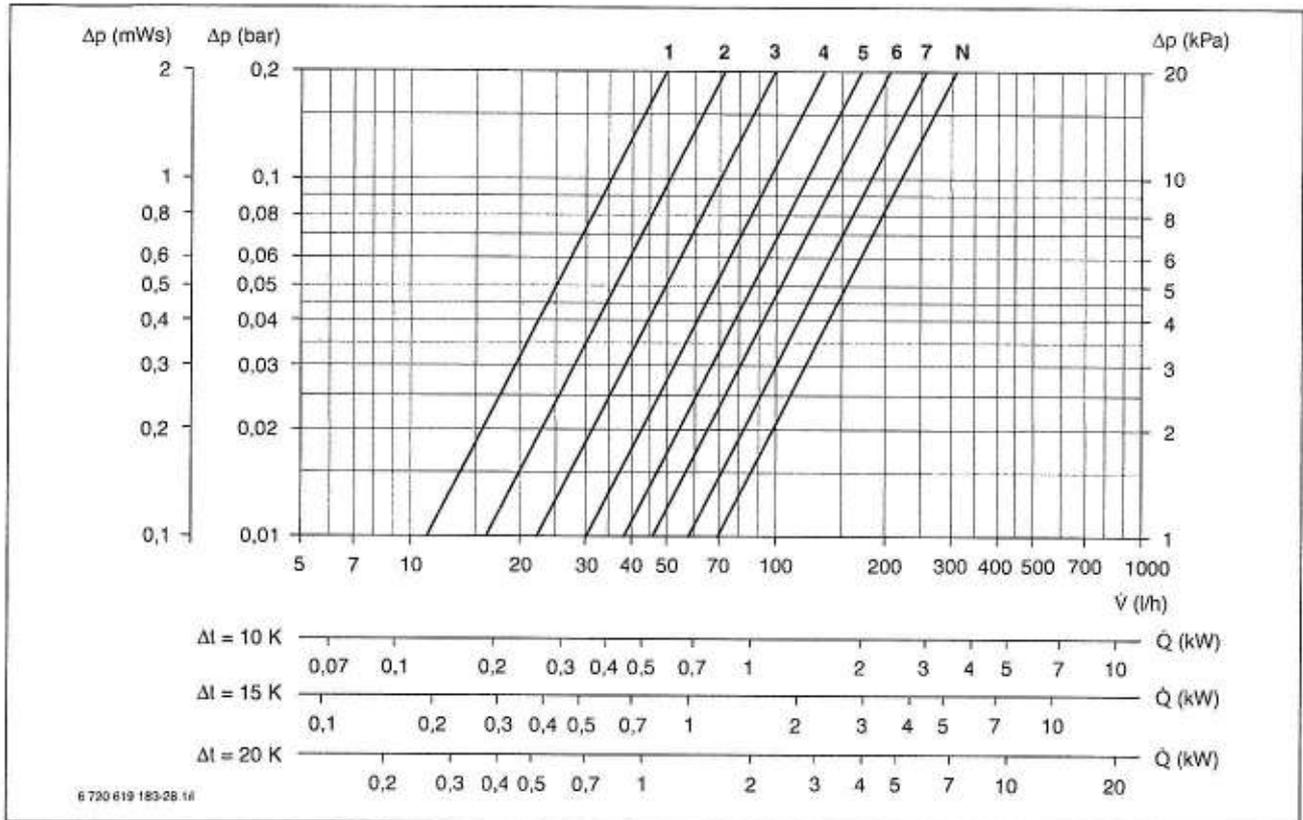


Bild 11 Kennlinie Einbauventil N

Δp Druckverlust
 Q Wärmeleistung
 V Volumenstrom

Einstellungen		1	2	3	4	5	6	7	N
k_v-Wert		0,11	0,16	0,22	0,30	0,38	0,47	0,57	0,71
AP-Abweichung		0,5	0,6	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Max. Wärmeleistung des Heizkörpers in W bei $\Delta p = 0,1$ bar	$\Delta t = 10\text{ K}$	400	580	800	1100	1390	1720	2090	2600
	$\Delta t = 15\text{ K}$	600	880	1210	1650	2090	2580	3130	3910
	$\Delta t = 20\text{ K}$	800	1170	1610	2200	2790	3450	4180	5210

Tab. 15 Einstellungen Einbauventil N in Verbindung mit Danfoss Thermostatkopf RA (Gasfühlerelement)

Einstellungen		1	2	3	4	5	6	7	N
k_v-Wert		0,09	0,14	0,21	0,28	0,36	0,44	0,54	0,67
AP-Abweichung		0,5	0,6	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Max. Wärmeleistung des Heizkörpers in W bei $\Delta p = 0,1$ bar	$\Delta t = 10\text{ K}$	330	510	770	1020	1320	1610	1980	2460
	$\Delta t = 15\text{ K}$	490	770	1150	1540	1980	2420	2970	3690
	$\Delta t = 20\text{ K}$	660	1020	1540	2040	2640	3230	3960	4920

Tab. 16 Einstellungen Einbauventil N in Verbindung mit Flüssigkeitsfühlerelement

Anlage A5

Datenblatt Rücklaufverschraubung

Datenblatt

Rücklaufverschraubung Typ RLV Absperrbare und regulierbare Verschraubungen mit Anschlussmöglichkeit für eine Entleerungsarmatur

Anwendung



Mit Hilfe der Rücklaufverschraubung Typ RLV kann jeder Heizkörper individuell abgesperrt werden. Damit lassen sich z.B. Wartungsarbeiten oder Reparaturen problemlos und ohne Beeinträchtigung anderer Heizkörper in der Anlage durchführen.

Die Rücklaufverschraubung Typ RVL wird vernickelt in Eck und Durchgang, als RLV-CX in DN 15 auch in verchromter Ausführung angeboten.

Die Kapazitäten:
RLV 10: $k_{vs} = 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$
RLV 15: $k_{vs} = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$
RLV 20: $k_{vs} = 3,0 \text{ m}^3/\text{h}$

Die werksseitige Einstellung ist ganz offen.
Die Abmessungen entsprechen der DIN 3842-1.

Als Zubehör ist für RLV eine Entleerungsarmatur zur Entleerung bzw. Füllung des Heizkörpers lieferbar.



Zur Entleerung wird zunächst die Abdeckkappe von der Rücklaufverschraubung abgeschraubt und die Rücklaufverschraubung abgesperrt. Nach Aufschrauben der Entleerungsarmatur kann diese durch Linksdrehung des Vierkants geöffnet werden. Die mitgelieferte Schlauchtülle ist anwendergerecht frei nach allen Seiten drehbar. Die Entleerungsarmatur ist unvernickelt.

Zur Vermeidung von Steinbildung und Korrosion sollte die Zusammensetzung des Heizwassers der VDI Richtlinie 2035 "Korrosionsschutz in Wasserheizungsanlagen" entsprechen.

Anlagenprinzip



Bestellung und Daten

Typ	Bestell-Nr. Vernickelt	Bestell-Nr. Verchromt	Ausführung	Anschluss ISO 7-1		k_v -Werte (m^3/h) bei Anzahl Umdrehungen der Einstellschraube										Max. Betriebsdruck	Prüfdruck bar	Max. Vorlauf-temp.	
				Anl.	HK	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4				k_{vs}
RLV 10	003L0141		Eck	R 3/8	R _p 3/8	0,15	0,35	0,45	0,6	0,9	1,2	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	10	16	120
RLV 10	003L0142		Durchgang																
RLV 15	003L0143		Eck	R 1/2	R _p 1/2	0,2	0,4	0,5	0,65	1,0	1,3	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5			
RLV 15	003L0144		Durchgang																
RLV-CX 15		003L0273	Eck	R 1/2	R _p 1/2	0,2	0,4	0,5	0,65	1,0	1,3	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5			
RLV-CX 15		003L0274	Durchgang																
RLV 20	003L0145		Eck	R 3/4	R _p 3/4	0,2	0,4	0,6	0,8	1,3	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0			
RLV 20	003L0146		Durchgang																

Typ	Bestell-Nr.	Anlage	Heizkörper
RLV, DN 15, Eck	003L0363	G 3/4	R 1/2
RLV, DN 15, Durchgang	003L0364		

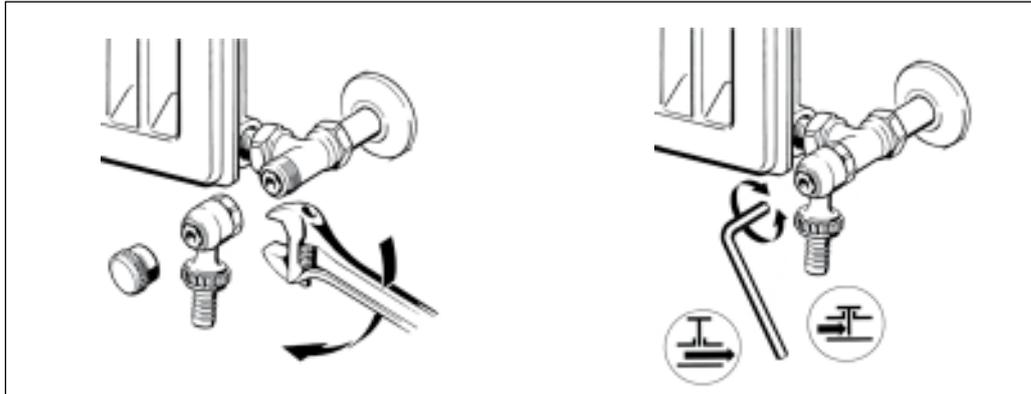
Ausführungen mit Außengewinde für den Direktanschluss von Klemmverbindern

Technische Daten und Abmessungen entsprechen RLV 15 mit Innengewinde.

Zubehör und Ersatzteile

Produkt	Bestell-Nr.
 <p>Füll- und Entleerungsarmatur mit 3/4" Außengewinde und Schlauchtülle</p>	003L0152
 <p>Handrad (für Differenzdruck bis 10 bar) Bei der Entleerung des Heizkörpers muss das Fühlerelement sicherheitshalber vorübergehend durch ein Handrad ersetzt werden.</p>	013G3300

Montage



RLV
RLV ist für die Montage im Rücklauf des Heizkörpers vorgesehen. Um eine spätere Entleerung des Heizkörpers zu vereinfachen, sollte die Rücklaufverschraubung mit der Abdeckkappe nach vorne montiert werden.

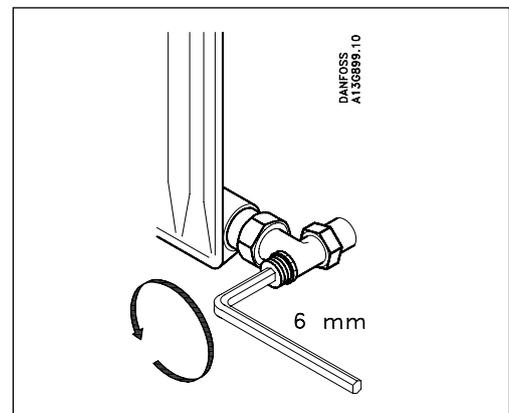
Füll- und Entleerungsarmatur
Zur Montage und Bedienung der Entleerungsarmatur empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Thermostatventil absperren.
Sicherheitshalber muss das Fühlerelement vorübergehend gegen ein Handrad ersetzt werden.
Bestell.-Nr. 013G3300.
2. Abdeckkappe abschrauben und Verschraubung mit einem Innensechskantschlüssel absperren.
3. Anschrauben der Entleerungsarmatur und Ausrichten der Entleerungsarmatur, die in alle Richtungen drehbar ist. Siehe Abb.
4. Das Öffnen der Entleerungsarmatur zur Entleerung oder Füllung des Heizkörpers erfolgt mit Hilfe eines Innensechskantschlüssels. Siehe Abb.

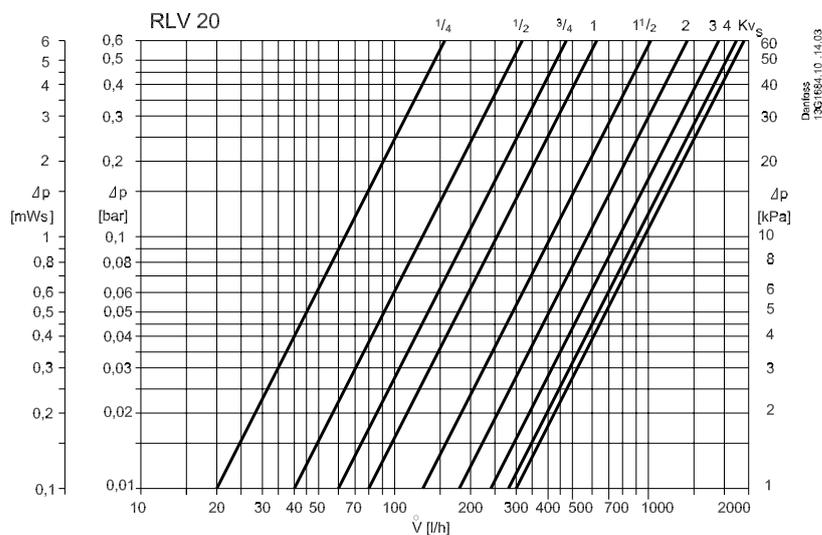
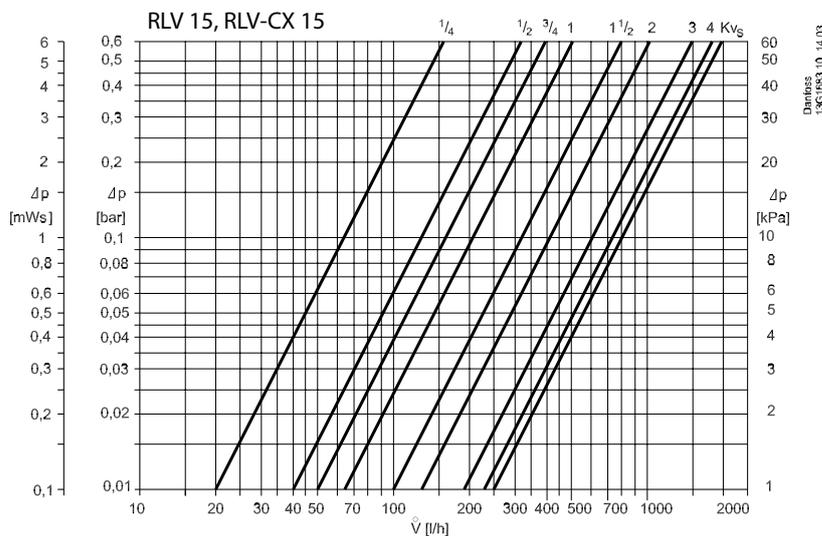
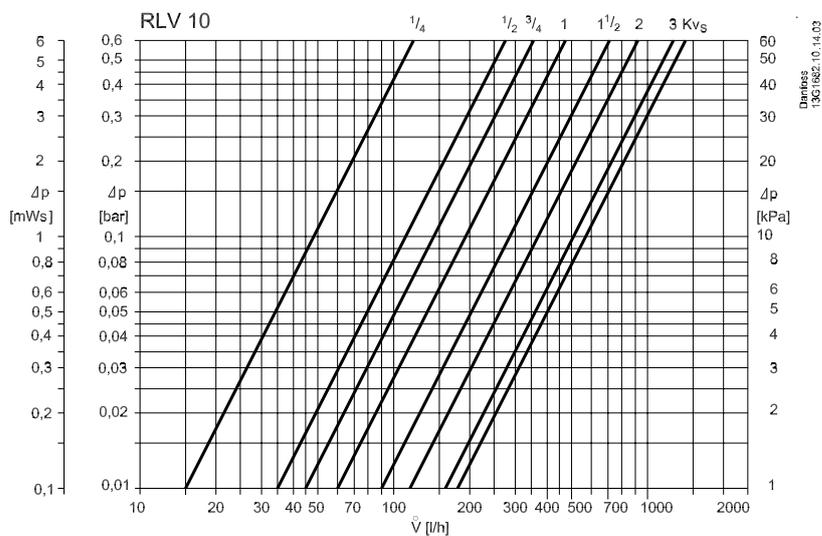
Einstellung und Regulierung

RLV ist regulierbar. In Anlagen mit Thermostatventilen ohne Voreinstellung kann eine gewünschte Wassermenge einreguliert werden. Dies erfolgt in 2 Phasen:

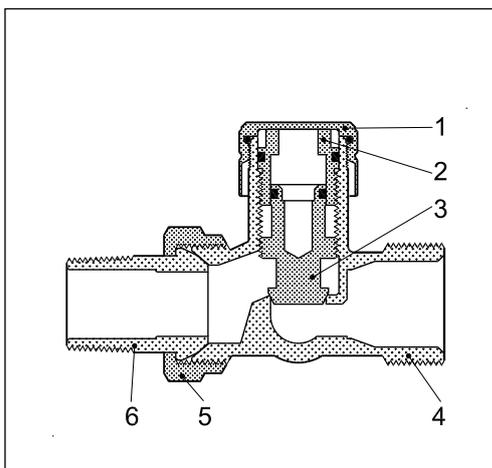
- A Ehe die eigentliche Regulierung erfolgt, muss die Rücklaufverschraubung mit einem 6 mm Innensechskantschlüssel abgesperrt werden.
- B Die Einstellung der gewünschten Wassermenge erfolgt durch stufenloses Öffnen der Rücklaufverschraubung mit Hilfe des Sechskantschlüssels. Welche Einstellung erforderlich ist, um die gewünschte Wassermenge einzuregulieren, kann mit Hilfe der k_v -Wert-Tabelle oder der Kapazitätsdiagramme bestimmt werden.
Die werksseitige Einstellung ist ganz offen.



Kapazität



Konstruktion

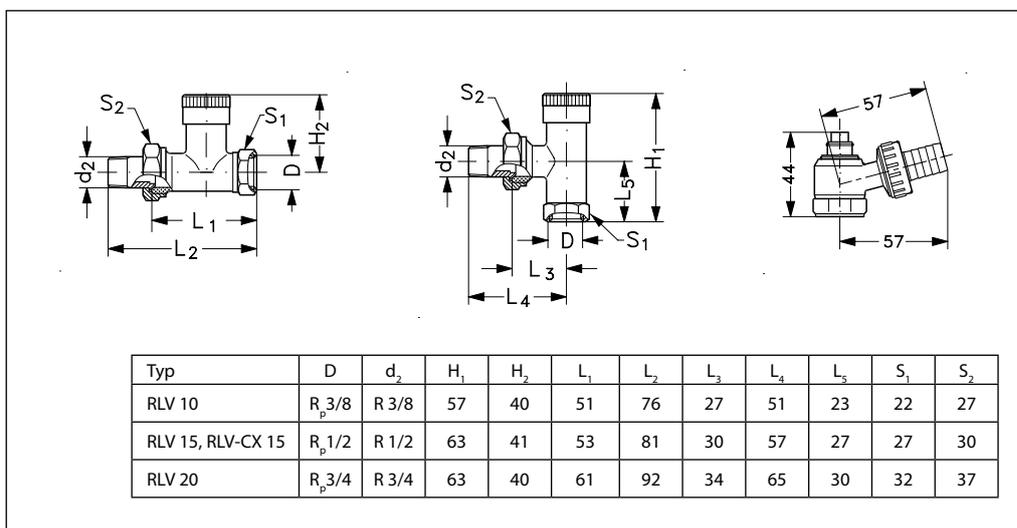


Materialien der wasserberührten Teile

Ventilgehäuse & übrige Metallteile	Ms 58
O-Ring	NBR

- 1. Abdeckkappe
- 2. Führungshülse
- 3. Absperrkegel
- 4. Ventilgehäuse
- 5. Überwurfmutter
- 6. Nippel

Abmessungen



Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss-Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss-Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.



Danfoss GmbH

Bereich Wärmeautomatik
Postfach 10 04 53, 63004 Offenbach
Carl-Legien-Straße 8, 63073 Offenbach
Telefon: (069) 4 78 68 - 500
Telefax: (069) 4 78 68 - 599
E-Mail: waerme@danfoss.com
www.danfoss-waermeautomatik.de

Außenbüros:

Mommensenstraße 71
 10629 Berlin
 Telefon: (030) 6 11 40 10
 Telefax: (030) 6 11 40 20

Eberhard-Bauer-Straße 36-60
 73734 Esslingen
 Telefon: (0711) 3 51 84 99
 Telefax: (0711) 3 51 84 61

Herner Straße 299
 44809 Bochum
 Telefon: (0234) 5 40 90 38
 Telefax: (0234) 5 40 93 36

Anlage A6

Datenblatt WILO Stratos PICO 25/ 1-4

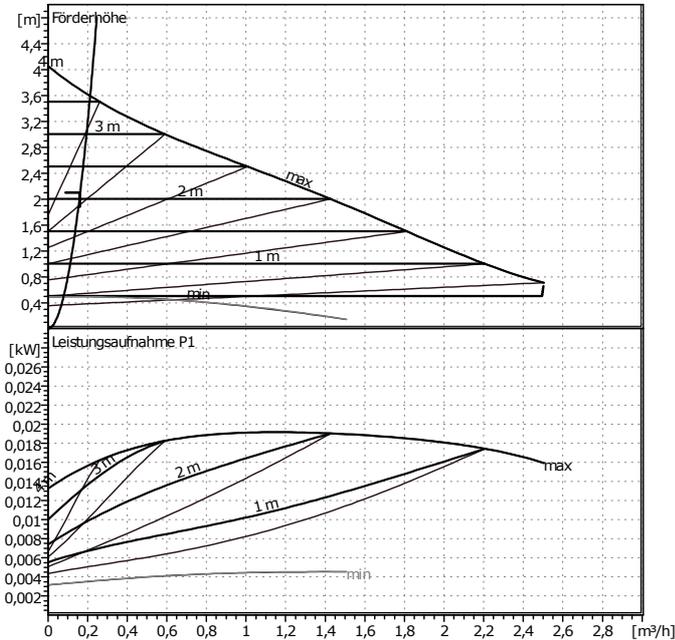


Kunde
 Kunden Nr.
 Ansprechpartner
 Bearbeiter

Projekt
 Projekt Nr.
 Positions-Nr.
 Einbauort

Datum 18.08.2010

Seite 1 / 1



Betriebsdatenvorgabe

Förderstrom	0,163	m³/h
Förderhöhe	2,1	m
Fördergut	Wasser	
Fluidtemperatur	62,5	°C
Dichte	0,9819	kg/dm³
Kinematische Viskosität	453,5	mm²/s
Dampfdruck	0	bar

Pumpendaten

Fabrikat	WILO
Typ	Stratos PICO 25/1-4
Anlagenart	Einzelpumpe
Betriebsart	dp-c
Nenndruckstufe	PN10
Min. Fluidtemperatur	2 °C
Max. Fluidtemperatur	110 °C

Hydraulische Daten (Betriebspunkt)

Förderstrom	0,163	m³/h
Förderhöhe	2,1	m
Leistungsaufnahme P1	0,00975	kW
Leistungsaufnahme * Pumpenanzahl		

Mindestzulaufhöhe

Temperatur	50	95	110		°C
Mindestzulaufhöhe	0,5	3	10		m

Werkstoffe / Dichtung

Pumpengehäuse	EN-GJL 200
Laufgrad	PP + G/F 40 %
Welle	Edelstahl
Lager	Kohle, metallimprägniert

Abmessungen pro Pumpe

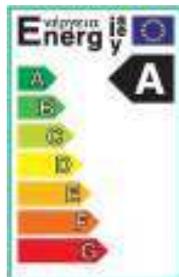
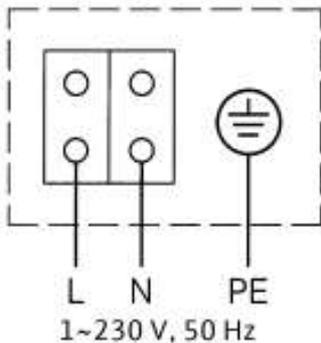
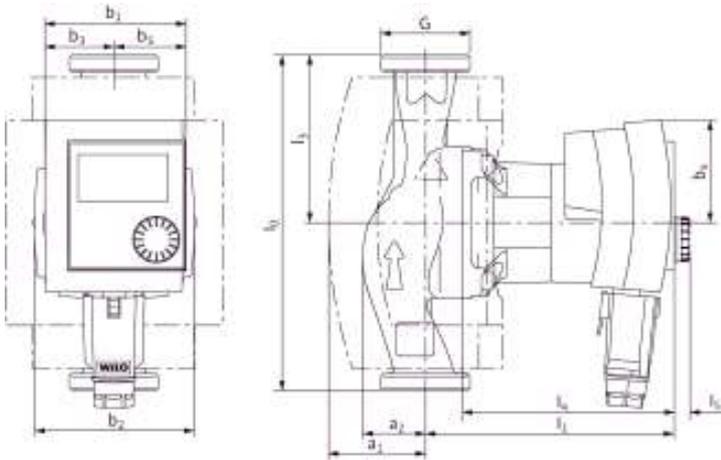
mm						
a1	52	b4	55	l4	112	
a2	34	b5	37	l5	8	
b1	75	l0	180	G	25	
b2	81	l1	132			
b3	51	l3	90			

Saugseite	Rp 1/G 1½	/ PN10
Druckseite	Rp 1/G 1½	/ PN10
Gewicht	2,2	kg

Motordaten pro Motor/Pumpe

Energieeffizienzklasse	A
Leistungsaufnahme P1	0,02 kW
Nennzahl	3495 1/min
Nennspannung	1~230 V, 50 Hz
Max. Stromaufnahme	0,19 A
Schutzart	IP 44
Zulässige Spannungstoleranz +/-	10%

Artikelnr. der Standardversion 4132452



Anlage A7

Datenblatt Dunkelstrahler „calorSchwank D 20 U“

... weil isolieren Energie spart.

Infrarot Dunkelstrahler: calorSchwank D Form U



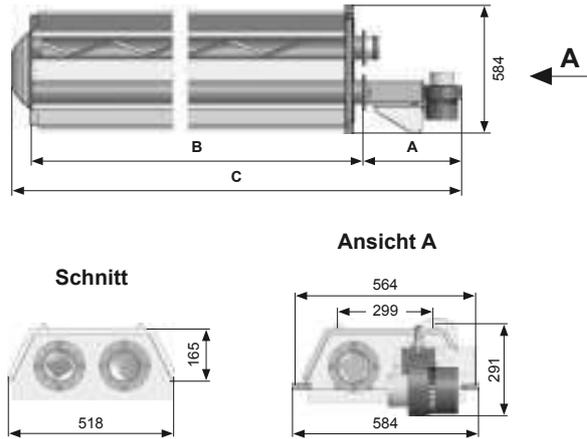
Schwank
WÄRME FÜR HALLEN



Infrarot Dunkelstrahler

calorSchwank D Form U

- 2-stufig erhältlich – das spart Energie und erhöht den Komfort
- Keramisch isoliert – hohe Energieeffizienz (nur calorSchwank)
- Leise
- Lange Flamme – dadurch hoher Wirkungsgrad
- Brenner: Drückend, nicht ziehend – das erhöht die Lebensdauer
- Montagefreundlich; auch Hotline-Unterstützung
- Qualität „Made in Germany“



Maße (in mm)		15 U	20 U	30 U	40 U	50 U	60 U
A		445	445	445	445	470	470
B		3050	4540	6100	9150	12050	13540
Maß B setzt sich wie folgt zusammen: (Anzahl Rohre x Länge Rohre in mm)		1 x 3050	1 x 4540	2 x 3050	3 x 3050	2 x 3050 1 x 5950	1 x 3050 1 x 4540 1 x 5950
C		3582	5072	6632	9682	12608	14098
Gasart		15 U	20 U	30 U	40 U	50 U	60 U
Erdgas H / G 20	Nennwärmebelastung in kW	15,0	19,0	29,0	39,0	49,0	60,0
	(Hi,n = 9,97 kWh/m³) Anschlußwert in m³/h	1,50	1,91	2,91	3,91	4,92	6,02
Erdgas L / G 25	Nennwärmebelastung in kW	15,0	19,0	29,0	39,0	49,0	60,0
	(Hi,n = 8,57 kWh/m³) Anschlußwert in m³/h	1,75	2,22	3,38	4,55	5,72	7,00
Propan / G 31	Nennwärmebelastung in kW	15,0	19,0	29,0	39,0	49,0	60,0
	(Hi,n = 12,87 kWh/kg) Anschlußwert in kg/h	1,17	1,48	2,25	3,03	3,81	4,66
Gewicht in kg		68	95	119	171	221	245
Anschluß Zuluft/Abgas in mm		Ø 100					
Stromverbrauch in W		104				91	
Schutzklasse		IP 20					
Gasanschluß (außen)		R½"	R½"	R½"	R½"	R¾"	R¾"
Elektr. Anschluß in V		230 V/ 50 Hz ~					
Zündung/Überwachung		Funkenzündung und Ionisationsüberwachung durch Feuerungsautomat					
CE-Identifikation		CE-0085BO0037					

1-stufig oder 2-stufig regelbar (optional)

Anwendung

- als Einzelgerät mit individuellem Ventilator
- als System mit mehreren Geräten und zentralem Abgasventilator

Luft-/Abgasführung

- für raumluftabhängigen Betrieb (Art. B)
- für raumluftunabhängigen Betrieb (Art. C)

min. Anschlußdruck

	15 U - 50 U	60 U
Erdgas H:	15 mbar	20 mbar
Erdgas L:	20 mbar	30 mbar
Propan:	40 mbar	40 mbar

max. Anschlußdruck

Erdgas und Propan: 60 mbar

Deutschland

Schwank GmbH

Bremerhavenerstr. 43 ▪ 50735 Köln
Tel. +49-(0)221-7176 0 ▪ Fax +49-(0)221-7176 288
E-mail: info@schwank.de ▪ www.schwank.de

Österreich

Schwank Ges.m.b.H

Ketzergasse 75 ▪ 1230 Wien
Tel. +43-(0)1-609 1320 ▪ Fax +43-(0)1-609 1260
E-mail: schwank@schwank.at ▪ www.schwank.at

Anlage A8

Datenblatt Dunkelstrahlerregelung ThermoControlPlus

Technische Daten

Auf einen Blick

ThermoControl Plus		
Relaisausgänge:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bis zu 8 Relais [1 bis 8 Heizkreise] ▪ bis zu 4 Ventilatorrelais ▪ 1 Fehlerrelais 	
Belastung:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ max. 10A 230V/50Hz [induktiv] 	
Eingänge:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperaturfühler: 2-Leiter Anschluss <ul style="list-style-type: none"> ▫ Raumtemperaturfühler ▫ Außentemperaturfühler ▪ Kontakteingänge: spannungsfreie Kontakte [geschlossen, wenn unbenutzt] <ul style="list-style-type: none"> ▫ Alarmkontakt ▫ Remote: Tagesbetriebsart, Fernsteuerkontakt oder Signaleingang Störung [wählbar] 	
Einstellbereiche:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ je Zone unabhängig einstellbar <ul style="list-style-type: none"> ▫ Tag +3...+35 °C ▫ Nacht +3...+35 °C ▫ Frostschutz +3...+20 °C 	
Urlaubsprogramm:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 8 programmierbare Perioden 	
Regelung:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1-stufig, 2-stufig oder modulierend, auswählbare Hysterese: +0,2 ... +2,0 °C ▪ Proportionalbereich [nur bei 2-stufiger Regelung]: +0,5 ... +3,0 °C ▪ Integralbeiwert [nur bei 2-stufiger Regelung]: 10 ... 99 Minuten ▪ Fühlerkorrektur: -9,9 ... +9,9 °C ▪ Ventilator Verzögerungszeit: 0 ... 60 Minuten 	
Uhr, Kalender:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spannungsversorgung der Uhr: Batterie 1,5 V AA; Lebensdauer: ca. 3 Jahre ▪ automatische Sommer/Winterzeit-Umschaltung: +/- 1 Stunde 	
Zeitprogramm:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ unabhängiges Wochenprogramm je Heizkreis: 19 Schaltpunkte ▪ gespeichert in geschütztem EEPROM-Memory 	
Spannung:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 230V/50Hz, N, PE, Pmax [Regler]: 3,2 VA 	
Sicherung:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F1 5x20mm 6,3 A [Standard] 	
Sicherheitsstandards:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 601010-1, EN 55011, EN 50082-2 	
Betriebstemperatur:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0...+50 °C 	
Lagertemperatur:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ -10...+60 °C 	
Schutzartklasse:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IP65 [Staub- und Spritzwasserschutz] 	
Gehäuse:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kunststoffgehäuse mit durchsichtiger Tür, abschließbar ▪ UV-beständig 	
Schnittstellenkarte	CM232 Fernwartung	CM485 Gebäudeleittechnik
Anschlüsse/ Programmierung:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ separate Anschlussbox mit zwei 9-poligen D-Sub Anschlüssen [PC, Laptop, Modem] 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ offene Schnittstelle
Register:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 16 bit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 16 Bit
Backup:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ manuell 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ automatische Datenspeicherung
Speicher:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EEprom 128 kByte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ systemseitig über Gebäudeleittechnik
Format:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 8 data bit [ASCII text] 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RTU 8 bit oder ASCII 7 bit
Bit Rate in bit/s:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200
Geräteadresse:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ automatische Generierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ von 1 bis 247 frei wählbar
Transfer Control:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RTS/CTS, halbduplex 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ --
Optionales Zubehör		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Softwarebaustein Gebäudeleittechnik ▪ Fernwartungsmodul inkl. Kommunikationskarte CM232 ▪ GLT-Anschlussmodul inkl. Kommunikationskarte CM485 ▪ Außen- und Raumtemperaturfühler 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taster zur manuellen Heizzeitverlängerung ▪ Störmeldeanzeige / Zone Error Box ▪ Regler für Luftfeuchte ▪ Münzautomat bis 999 Minuten ▪ Zeitschaltuhr ▪ Lichtschränke

Anlage A9

Datenblatt Gas- Magnetventil R VG 25



Gas-Magnetventile
Solenoid valves for gas
Vannes magnétiques pour gaz

VG





Gas-Magnetventile VG

- // Gassicherheitsventil Klasse A, nach EN 161
- // Betriebsdruckbereiche: 0–200 mbar, 0–360 mbar, 0–1000 mbar, 0–1800 mbar
- // Lange Lebensdauer
- // EG-Baumuster geprüft und registriert
- // International zugelassen
- // Robust
- // Schnell öffnend oder langsam öffnend mit einstellbarer Startgasmenge
- // Volumenstrom einstellbar
- // Geeignet für Taktbetrieb
- // ^{ce}

Anwendung

Zum Sichern, Regeln und Steuern der Gas- und Luftzufuhr zu Gasbrennern und Gasgeräten.



Fig. 1

Solenoid valves for gas VG

- // Gas safety valve, class A, in accordance with EN 161
- // Operating pressures: 0–200 mbar, 0–360 mbar, 0–1000 mbar, 0–1800 mbar
- // Long life
- // EC type tested and registered
- // Internationally approved
- // Robust
- // Fast opening or slow opening with adjustable initial opening
- // Flow rate adjustable
- // Suitable for cycle operation
- // ^{ce}

Application

For the protection, regulation and control of the air and gas supply to gas burners and gas devices.

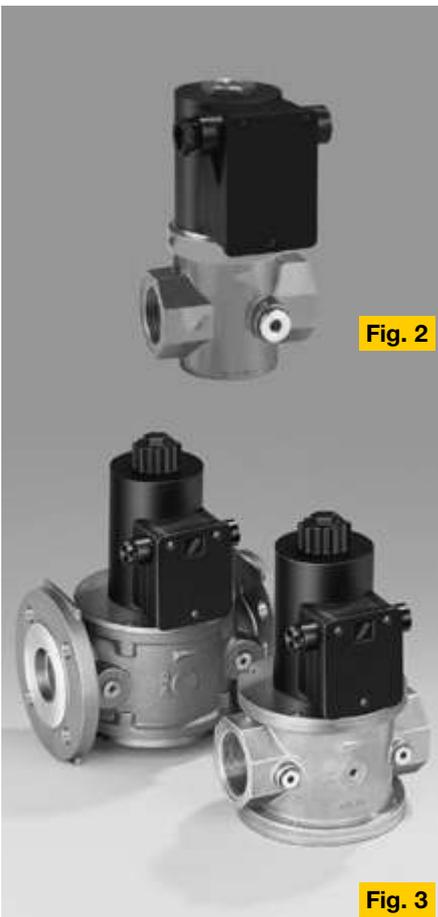


Fig. 2

Fig. 3

Vannes magnétiques pour gaz VG

- // Vanne de sécurité pour gaz, classe A, selon EN 161
- // Pressions de service: 0–200 mbar, 0–360 mbar, 0–1000 mbar, 0–1800 mbar
- // Durée de vie longue
- // Éprouvé et enregistré modèle type CE
- // Homologué dans les pays internationaux
- // Robuste
- // Ouverture rapide ou ouverture lente avec ajustement du débit initial
- // Débit ajustable
- // Appropriées pour la cadence de production
- // ^{ce}

Application

Pour la protection, la régulation et le contrôle de l'alimentation d'air et de gaz aux brûleurs de gaz et aux appareils de gaz.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

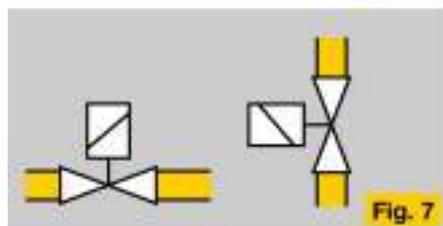
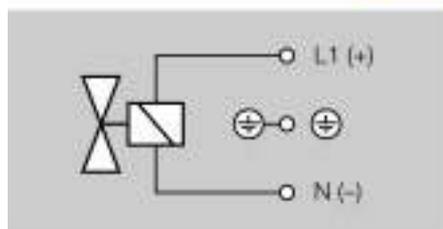


Fig. 7



Technische Beschreibung

Sicherheitsventil mit federbelastetem Ventilteller, stromlos geschlossen.

Ventilgehäuse: AISI

Innengewinde: Rp nach ISO 7-1

Flansch:

ISO 7005 (DN 65 nach DIN 2501 c), PN 16

Ventiltellerdichtung: Perbunan

Gasart: Erdgas, Stadtgas, Flüssiggas (gasförmig) und Luft

Biogas: siehe „Ausführungen“

Max. Betriebsdruck: siehe Datentabelle

Volumenstrom: lt. Durchflussdiagramm bzw. Datentabelle.

Öffnungszeit:

VG..N: schnell öffnend ca. $\leq 0,5$ s

VG..L: langsam öffnend ca. 10 s

Schließzeit VG..N, VG..L: ≤ 1 s

Schalzhäufigkeit: beliebig

Umgebungstemperatur: -20 °C bis $+60$ °C

Schutzart: IP 54 nach IEC 529

Leistungsfaktor der Magnetspule:

$\cos \varphi = 1$

Magnetspulenisolations:

Isolierstoff Klasse F

220/240 V $+10/-15$ %, 50/60 Hz

120 V $+10/-15$ %, 50/60 Hz

24 V $+10/-15$ %; Gleichspannung

Die angelegte Wechselspannung wird über einen schutzbeschalteten Gleichrichter der Magnetspule zugeleitet.

Betriebsspannung bei Bestellung angeben. Die elektrische Leistung lt. Datentabelle ist beim Einschalten und beim Dauerbetrieb gleich.

Einschaltdauer: 100 % ED

Sicherung: max. 6,3 A

Einbau

Beim Einbauen der Ventile in die Rohrleitung Magnetkörper nicht als Hebel benutzen. Passenden Schraubenschlüssel verwenden (Fig. 7).

Technical Description

Safety valve with spring-loaded valve disc, closed when deenergized.

Valve housing: AISI.

Internal thread: Rp in acc. with ISO 7-1.

Flange: ISO 7005

(DN 65 acc. to DIN 2501 c), PN 16

Valve disc seal: Perbunan

Type of gas: town gas, natural gas, liquid gas (gaseous) and air

Biogas: see "Construction"

Max. operating pressure: see table specifications

Flow rate:

see diagram or table specifications

Opening time:

VG..N: fast opening $\leq 0,5$ s

VG..L: slow opening approx. 10 s

Closing time VG..N, VG..L: ≤ 1 s

Switching frequency: arbitrary

Ambient temperature: -20 °C to $+60$ °C

Protection: IP 54 acc. to IEC 529 Power

factor of solenoid coil: $\cos \varphi = 1$

Coil insulation:

insulating material class F

220/240 V $+10/-15$ %; 50/60 Hz

120 V $+10/-15$ %; 50/60 Hz

24 V $+10/-15$ %; d.c.

The prevailing a.c. voltage is lead to the solenoid coil via a protective circuit rectifier. State voltage on order. The electr. rating in acc. with the table specifications remains the same during start-up and continuous operation.

Duty cycle: 100 % EC

Fuse: max. 6.3 A anti-surge

Fitting

When fitting the valve to the pipework, do not use the solenoid as a lever, always use a suitable spanner (Fig. 7).

Description technique

Vanne de sécurité avec un ressort de fermeture sous le clapet de vanne, normalement fermée.

Boîtier de vanne: AISI.

Taraudage Rp selon ISO 7-1

Bride: ISO 7005

(DN 65 selon DIN 2501 c), PN 16

Clapet de vanne: Perbunan

Type de gaz: gaz de ville, gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié (sous forme gaz ense) et air

Biogaz: voir «Construction»

Pression amont max: voir table de données.

Débit: voir le diagramme de débit ou la table de données.

Temps d'ouverture:

VG..N: ouverture rapide $\leq 0,5$ s environ

VG..L: ouverture lente 10 s environ

Temps de fermeture VG..N, VG..L: ≤ 1 s

Fréquence de manœuvre: à volonté

Température ambiante: -20 °C à $+60$ °C

Protection: IP 54 selon IEC 529

Facteur de puissance de la bobine

d'électro-aimant: $\cos \varphi = 1$

Isolément de la bobine d'électro-aimant:

isolant classe F

220/240 V $+10/-15$ %; 50/60 Hz

120 V $+10/-15$ %; 50/60 Hz

24 V $+10/-15$ %; courant continu

La tension alternative est alimentée à la bobine au moyen d'un redresseur de circuit protecteur.

Indiquer la tension de service dans votre commande. La puissance électrique selon la table de données reste constante pendant la mise en marche et la marche continue.

Temps de fonctionnement: 100 % ED

Fusible: max. 6,3 A à action retardée

Montage

Pour le raccordement de la vanne sur la tuyauterie, ne pas utiliser le corps de vanne comme levier, utiliser une clé appropriée (Fig. 7).

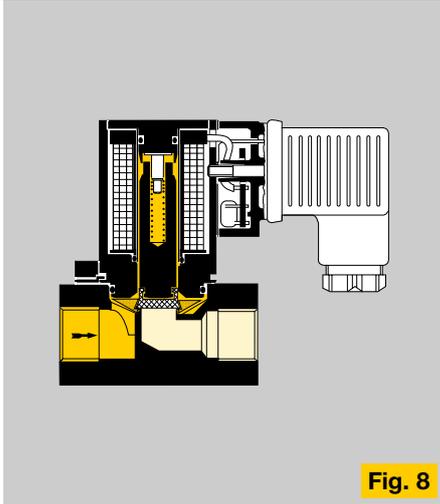


Fig. 8

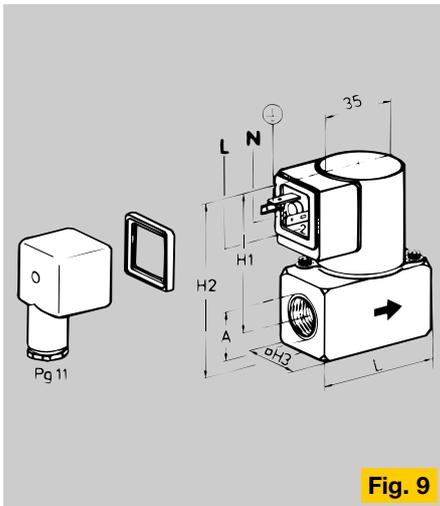


Fig. 9

Ausführung VG 6–15/10 (Fig. 1+8)

Mit eingebautem Sieb aus Edelstahl zum Schutz des Ventilsitzes. Die Ausführungen ohne Kegelringverschraubung sind buntmetallfrei (für Biogas geeignet). Einbaugerät mit Industrie-Steckvorrichtung. Industrie-Steckdose nach ISO 4400 mit Befestigungsschraube. Anschlussverschraubung: Pg 11 (Fig. 9). Schutzart: IP 54 nach IEC 529 in ordnungsgemäß eingebautem und mit der Gerätesteckdose einschließlich Dichtung verschraubtem Zustand.

Construction VG 6–15/10 (Fig.1+8)

With stainless steel strainer fitted for the protection of the valve seat. The models without double-cone olive unions are free of nonferrous metal (for biogas). Flush-mounting valve with industrial plug device. Industrial plug socket in accordance with ISO 4400, with fastening screw. Protection: IP 54 acc. to IEC 529 properly fitted and screwed with valve socket and seal.

Construction VG 6–15/10 (Fig. 1+8)

Avec un tamis d'acier special installé pour la protection du siège. Les constructions sans raccord de joint biconique sont libres de métal nonferreux (apte au biogaz). Vanne encastrée avec dispositif enfichable industriel. Prise de courant industrielle selon ISO 4400 avec vis de fixation Presse-étoupe: Pg 11 (Fig. 9). Protection: IP 54 selon IEC 529 si en état d'installation propre, vissée avec connecteur et joint.

Als Einbaugerät: durch den Einbau ist die Schutzart, die für das Gerät gefordert wird, sicherzustellen. Das Ventiloberteil kann nach Lösen einer Klemmschraube gegenüber dem Ventilgehäuse beliebig nach beiden Seiten gedreht werden. Gerätestecker um jeweils 90° drehbar.

Hinweis: Die Typenbezeichnungen VG 6K03G, VG 15/10R01G, VG 8R03G kennzeichnen eine Ausführung, die besonders geräuscharm arbeitet.

The type of protection required for the gas device is achieved by the respective type of installation. After loosening the clamping screw, the upper valve housing can be rotated to both sides into the required position. The coupler plug can be rotated at 90° in each direction.

Note: Types VG 6K03G, VG 15/10R01G, VG 8R03G are valves with a particularly low-noise operation.

La protection demandée pour la vanne est assurée par l'installation respective. La partie supérieure de la vanne peut être tournée à volonté des deux côtés, après desserrage d'une vis de fixation. Le socle connecteur peut être tourné à 90° dans chaque direction.

Attention: Les types VG 6K03G, VG 15/10R01G, VG 8R03G sont des vannes travaillant presque sans bruit.

Datentabelle / Specification table / Table de données

Type Type	Baumaße/Dimensions Anschluss/Connection/Raccordement						mbar Kl./Cl./A.	V̇ Δp= 1 mbar m³/h Luft m³/h Air	k _v ^{***} m³/h	P		Gewicht Weight Poids kg
	DN	A	L	H1	H2	H3				220 V~ 120 V~ 24 V= VA/W	240 V~ VA/W	
VG 6K03G*	6	M1 2x1**	53	63	76	26	360	0,45	0,51	8	9,5	0,400
VG 6K05	6	M1 2x1**	53	63	76	26	500	0,45	0,51	8	9,5	0,400
VG 6R05	6	Rp 1/8	53	63	76	26	500	0,45	0,51	8	9,5	0,400
VG 8R03G	8	Rp 1/4	53	63	76	26	360	0,60	0,68	8	9,5	0,400
VG 8R05	8	Rp 1/4	53	63	76	26	500	0,60	0,68	8	9,5	0,400
VG 8R18	8	Rp 1/4	53	63	76	26	1800	0,25	0,28	8	9,5	0,400
VG 10R01	15	Rp 3/8	60	66	82	32	100	1,25	1,42	8	9,5	0,450
VG 15/10R01	15	Rp 1/2	71	66	82	32	100	1,35	1,54	8	9,5	0,450
VG 15/10R01G	15	Rp 1/2	71	66	82	32	100	1,35	1,54	8	9,5	0,450

* Diese Ausführung wird auf Wunsch als Einbaugerät ohne Industrie-Steckdose geliefert.

** Doppelkegelring/Überwurfschraube lose beigelegt

*** Druckverlust und Durchfluss der Ventile wird im allgemeinen aus den Durchflusskurven entnommen. Die Auswahl der Ventile kann aber auch durch die Kenngröße „k_v-Wert“ erfolgen (siehe Datentabelle)

* This version can be supplied as flush-mounting device without industrial plug socket, if requested

** double-cone olive/cap screw enclosed

*** Normally, pressure loss and flow rate for valves are read from the flow, rate diagram. However, the valves can also be chosen in accordance by determining the characteristic "k_v value" (see table specifications)

* Cette version peut être livrée sur demande comme vanne encastrée sans dispositif enfichable industriel joint biconique/vis intermédiaire annexés

*** Normalement, la perte de charge et le débit des vannes peuvent être lus dans le diagramme de débit. Mais, les vannes peuvent aussi être choisies en déterminant la caractéristique «valeur k_v» (voir la table de données)

$$k_v = \dot{V} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

ρ [kg/m³]; Δp [mbar]; V [m³/h]

Umrechnung nach SI

1 mbar = 1 hPa = 10,2 mm/WS
1 mbar = 100 Pa

$$k_v = \dot{V} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

ρ [kg/m³]; Δp [mbar]; V [m³/h]

Conversion of SI units

1 mbar = 1 hPa = 10,2 mm/WS
1 mbar = 100 Pa

$$k_v = \dot{V} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

ρ [kg/m³]; Δp [mbar]; V [m³/h]

Conversion selon SI

1 mbar = 1 hPa = 10,2 mm/WS
1 mbar = 100 Pa

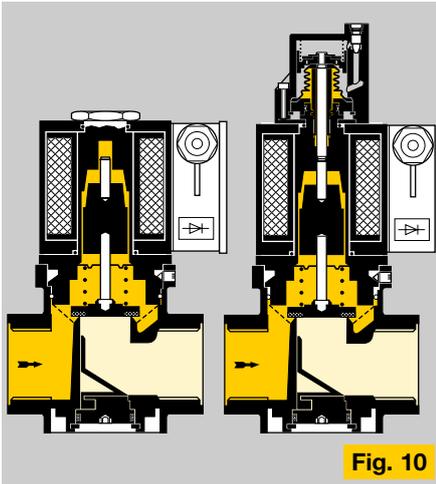


Fig. 10

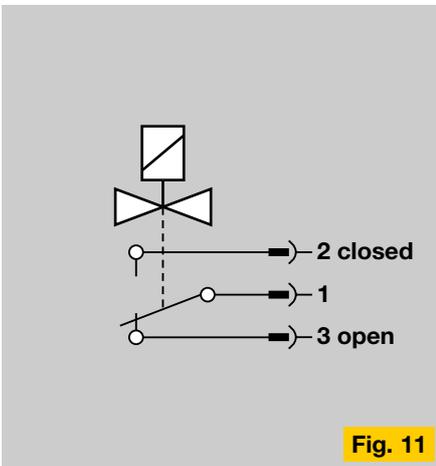
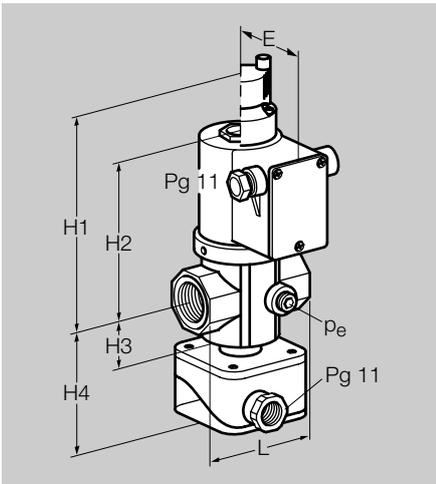


Fig. 11

Ausführung VG 15–40/32 (Fig. 2+4)

Mess- und/oder Zündflammenanschluss Rp ¼ beidseitig verbunden mit dem Eingang. Biogas geeignet: als Sonderausführung. Mit eingebautem Sieb aus Messing, bei Biogas Sieb aus Edelstahl, zum Schutz des Ventilsitzes. Mit Mengeneinstellung.

Anschlussverschraubung: Pg 11.
Anschlussklemme: 2,5 mm².
Auf Wunsch lieferbar: mit Gerätestecker nach ISO 4400, mit Dämpfung, mit Meldeschalter.

Einstellung der Startgasmenge beim VG..L

Einstellbarkeit von 0–70 % des Volumensstromes (bei Δp = 1 mbar). Werksseitig ist keine Startgasmenge eingestellt. Die Dämpfungseinrichtung ist voll wirksam.

Construction VG 15–40/32 (Fig. 2+4)

With metering and/or pilot gas supply tappings Rp ¼ on both sides connected to the inlet. Suitable for biogas: special version. A brass strainer, or stainless steel strainer for biogas, is fitted for the protection of the valve seat. With flow adjustment.

Cable gland: Pg 11. Terminal: 2.5 mm²
Can be supplied, if requested: with coupler plug acc. to ISO 4400, with damping unit, with position indicator.

Adjustment of gas release with VG..L

Adjustable from 0–70 % of the throughput (with Δp=1 mbar). The start gas flow is not adjusted at the works. The damping device is taking full effect.

Construction VG 15–40/32 (Fig. 2+4)

Prise de pression et/ou de veilleuse Rp ¼ des deux côtés, raccordés à l'entrée. Apte au biogaz: construction spéciale. Avec un tamis de laiton, ou d'acier fin pour biogaz, installé pour la protection du siège. Avec ajustement de débit.

Presse-étoupe: Pg 11. Borne: 2,5 mm²
Peut être livré sur demande: avec socle connecteur selon ISO 4400, avec amortisseur, avec indicateur de position.

Ajustement de débit initial pour VG..L

Réglage de 0–70 % du débit maximum (avec Δp = 1 mbar). L'ajustement en usine est avec un débit initial nul; l'amortisseur est pleinement efficace.

Meldeschalter nur für VG..CPS (Fig. 6)

Diese Geräte sind mit einem Mikroschalter für die Meldung „geschlossen“ oder „nicht geschlossen“, je nach Verdrahtung der Kontaktfolge, ausgerüstet und ab Werk normgerecht justiert (Fig. 11).

12–24 V AC/DC
I = 0,1 A, cos φ = 1,
I = 0,05 A, cos φ = 0,6;
250 V AC
I = 5 A, cos φ = 1,
I = 1 A, cos φ = 0,6.

Wenn der CPS einmal eine Spannung >24 V und einen Strom >0,1 A geschaltet hat, ist die Goldschicht an den Kontakten weggebrannt. Danach kann er nur noch mit dieser oder höherer Leistung betrieben werden.

Position indicator only for VG..CPS (Fig. 6)

These valves are equipped with a micro-switch for the indication “closed” or “not closed”, depending on the wiring of the contact sequence, and have a standard adjustment ex works (Fig. 11).

12–24 V AC/DC
I = 0.1 A, cos φ = 1,
I = 0.05 A, cos φ = 0.6;
250 V AC
I = 5 A, cos φ = 1,
I = 1 A, cos φ = 0.6.

If the CPS has switched a voltage > 24 V and a current > 0.1 A once, the gold plating on the contacts will have been burnt through. It can then only be operated at this power rating or higher power rating.

Indicateur de position seulement pour VG..CPS (Fig. 6)

Les vannes sont équipées d'un microcontact pour l'indication de la position «fermée» ou «pas fermée» selon le câblage de la séquence de contacts, et sont ajustées conformément aux normes en usine (Fig. 11).

12–24 V~ / V=
I = 0,1 A, cos φ = 1,
I = 0,05 A, cos φ = 0,6 ;
250 V~
I = 5 A, cos φ = 1,
I = 1 A, cos φ = 0,6.

Si le CPS est soumis une fois à une tension > à 24 V et à un courant > à 0,1 A, la couche d'or sur les contacts est détruite. Ensuite, il ne peut fonctionner qu'à cette valeur de tension ou à une valeur de tension supérieure.

Typ Type	Baumaße/Dimensions								p _e max. Kl. A Cl. A	V̇ Δp= 1 mbar Luft/Air m ³ /h	k _v ^{***} m ³ /h	P		P		Gewicht Weight/Poids		
	DN	Anschluss Connect. Raccord	L	H1	H2	H3	H4	E				(1.)	220 V~ 120 V~ 24 V= VA/W	(1.)	240 V~ (1.)	VA/W	VA/W	kg^{***}	kg^{***}
VG 10/15R02..	10	Rp 3/8	71	161	112	24	92	56	–	200	3	3,4	32	–	38	–	1,26	–
VG 15R02..	15	Rp 1/2	71	161	112	24	92	56	–	200	3,8	4,3	32	–	38	–	1,26	–
VG 10/15R03..	10	Rp 3/8	71	161	112	24	92	56	61	360	3	3,4	32	31	38	37	1,26	1,46
VG 15R03..	15	Rp 1/2	71	161	112	24	92	56	61	360	3,8	4,3	32	31	38	37	1,26	1,46
VG 15/12R18..**	15	Rp 1/2	71	–	112	24	92	61	–	1800	2,3	2,6	31	–	37	–	1,58	–
VG 20R02..	20	Rp 3/4	91	175	126	33	101	61	–	200	8	9,1	31	–	37	–	1,91	–
VG 20R03..	20	Rp 3/4	91	175	126	33	101	66	–	360	8	9,1	36	–	42	–	2,25	–
VG 25R02..	25	Rp 1	91	175	126	33	101	61	–	200	10	11,4	31	–	37	–	2,1	–
VG 25R03..	25	Rp 1	91	175	126	33	101	66	–	360	10	11,4	36	–	42	–	2,25	–
VG 25/15R18..**	25	Rp 1	91	–	126	33	101	66	–	1800	3,8	4,3	36	–	42	–	2,25	–
VG 40/32R02..	40	Rp 1 1/2	128	194	145	39	107	66	–	200	18	20,5	36	–	42	–	2,8	–

(1). gedämpfte Ausführung / damped version / construction amortie

* Österreich 125 mbar / Austria 125 mbar / Autriche 125 mbar

** ohne Volumenstromdrossel, ohne Dämpfung / without flow restrictor, without damping unit / sans obturateur de débit, sans amortisseur

*** Ausführung mit Meldeschalter + 0,2 kg / version with position indicator + 0.2 kg / construction avec indicateur de position + 0.2 kg

**** siehe Seite 4 / see page 4 / voir page 4

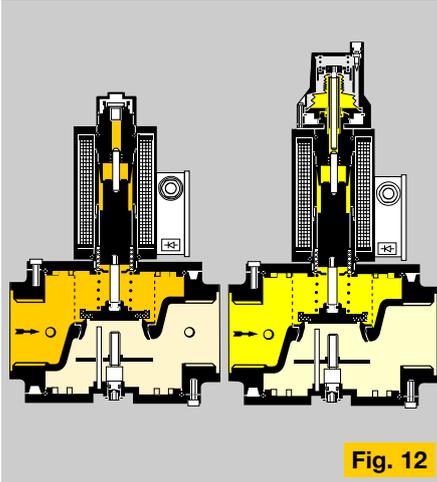


Fig. 12

Ausführung VG 40–100 (Fig. 3+5)

Mit Mess- oder Zündflammenanschluss Rp ¼ beidseitig im Eingang und im Ausgang, mit rostoffreiem Stahlsieb.
Biogas geeignet: als Sonderausführung.
Anschluss: Pg 13,5.
Anschlussklemme: 2,5 mm².
Auf Wunsch lieferbar: mit Gerätestecker nach ISO 4400, mit Dämpfung bis DN 100, mit Meldeschalter, mit Mengeneinstellung.

Construction VG 40–100 (Fig. 3+5)

With metering or pilot gas supply tappings Rp ¼ on both sides of the inlet; with flangeed connection: in the inlet and outlet; with stainless steel strainer.
Suitable for biogas: special version.
Cable gland: Pg 13.5,
Terminal: 2.5 mm².
Can be supplied, if requested: with coupler plug acc. to ISO 4400, with damping unit up to DN 100, with closed position indicator, with flow adjustment.

Construction VG 40–100 (Fig. 3+5)

Avec raccordement de prise de pression ou de veilleuse Rp ¼ des deux côtés de l'entrée; pour la construction à bride: de l'entrée et de la sortie, avec tamis d'acier inoxydable.
Apte au biogaz: construction spéciale.
Presse-étoupe: Pg 13,5.
Borne: 2,5 mm².
Peut être livré sur demande: avec socle connecteur selon ISO 4400, avec amortisseurs jusqu'à DN 100, avec indicateur de position, avec ajustement de débit.

Einstellung der Startgasmenge beim VG..L (Fig. 12)

Einstellbarkeit von 0–70 % des Volumensstromes (bei Δp = 1 mbar). Werksseitig ist keine Startgasmenge eingestellt. Die Dämpfungseinrichtung ist voll wirksam.

Meldeschalter nur für VG..CPS (Fig. 13)

Diese Geräte sind mit einem Mikroschalter für die Meldung „geschlossen“ oder „nicht geschlossen“, je nach Verdrahtung der Kontaktfolge, ausgerüstet und ab Werk normgerecht justiert.

Adjustment of gas release with VG..L (Fig. 12)

Adjustable from 0–70 % of the throughput (with Δp = 1 mbar). The start gas flow is not adjusted at the works. The damping device is taking full effect.

Position indicator only for VG..CPS (Fig. 13)

These valves are equipped with a micro-switch for the indication "closed" or "not closed", depending on the wiring of the contact sequence, and have a standard adjustment ex works.

Ajustement de debit initial pour VG..L (Fig. 12)

Réglage de 0–70 % du débit maximum (avec Δp = 1 mbar). L'ajustement en usine est avec un débit initial nul; l'amortisseur est pleinement efficace.

Indicateur de position seulement pour VG..CPS (Fig. 13)

Les vannes sont équipées d'un microcontact pour l'indication de la position «fermée» ou «pas fermée» selon le câblage de la séquence de contacts, et sont ajustées conformément aux normes en usine.

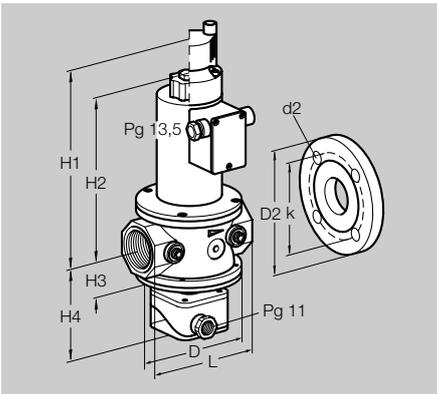
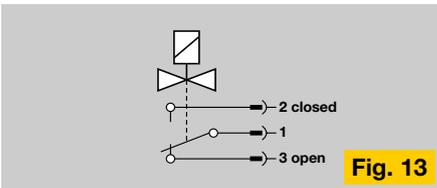


Fig. 13



Datentabelle / Specification table / Table de données

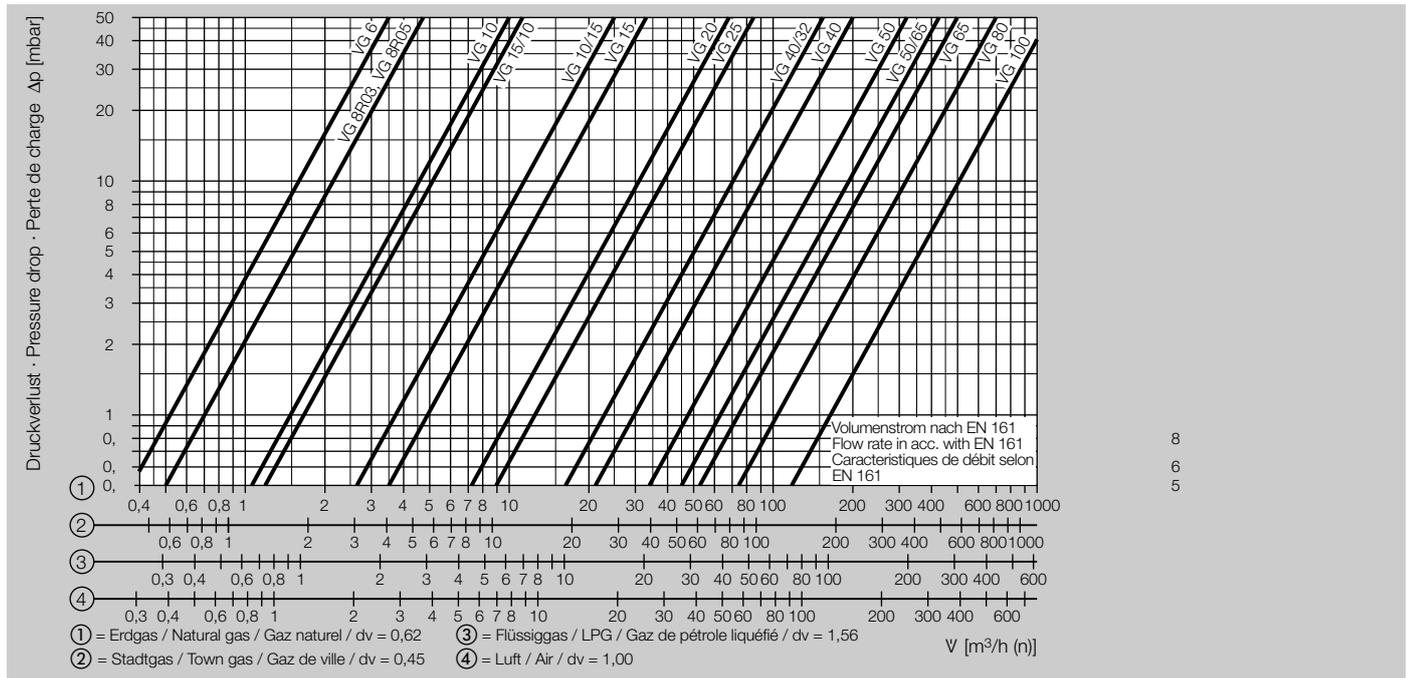
Typ Type	Baumaße/Dimensions								Flansch Flange Bride		Bohrung Drilling Trous		p _{max} Kl. A Cl. A	ḡ Δp = 1 mbar Luft Air m ³ /h	k _v ^{***} m ³ /h	P		Gew. Weight Poids
	DN	Anschluss Connect. Raccord	L	Ø D	H1	H2	H3	H4	D2	k	d2	Anz.				220 V~ 120 V~ 24 V=	240 V~		VA/W	VA/W	kg*
VG 40R02..	40	Rp 1 1/2	150	128,5	279,5	210	50,5	118	-	-	-	-	200	24	27,3	67	75	5,8
VG 40F02..	40	40	200	128,5	279,5	210	50,5	118	150	110	18	4	200	24	27,3	67	75	7,5
VG 40R03..	40	Rp 1 1/2	150	128,5	279,5	210	50,5	118	-	-	-	-	360	24	27,3	73	86	7,1
VG 40F03..	40	40	200	128,5	279,5	210	50,5	118	150	110	18	4	360	24	27,3	73	86	8,8
VG 40/33R10**	40	Rp 1 1/2	150	128,5	-	210	50,5	-	-	-	-	-	1000	13,5	15,4	73	86	7,1
VG 40/33F10**	40	40	200	128,5	-	210	50,5	-	150	110	18	4	1000	13,5	15,4	73	86	8,8
VG 50R02..	50	Rp 2	180	156,5	291	221	62	130	-	-	-	-	200	37	42,1	73	86	7,6
VG 50F02..	50	50	230	156,5	291	221	62	130	165	125	18	4	200	37	42,1	73	86	9,6
VG 50R03..	50	Rp 2	180	156,5	291	221	62	130	-	-	-	-	360	37	42,1	85	99	12,8
VG 50F03..	50	50	230	156,5	291	221	62	130	165	125	18	4	360	37	42,1	85	99	14,8
VG 50/39R10**	50	Rp 2	180	156,5	-	221	62	-	-	-	-	-	1000	23	26,2	85	99	12,8
VG 50/39F10**	50	50	230	156,5	-	221	62	-	165	125	18	4	1000	23	26,2	85	99	14,8
VG 50/65R02..	50	Rp 2	218	183,5	303	233	74	142	-	-	-	-	200	48	54,6	85	99	14,3
VG 50/65R03..	50	Rp 2	218	183,5	393	323	74	142	-	-	-	-	360	48	54,6	105	125	19,6
VG 65R02..	65	Rp 2 1/2	218	183,5	303	233	74	142	-	-	-	-	200	57	64,8	85	99	14,3
VG 65F02..	65	65	290	183,5	303	233	74	142	185	145	18	4	200	57	64,8	85	99	16,3
VG 65R03..	65	Rp 2 1/2	218	183,5	393	323	74	142	-	-	-	-	360	57	64,8	105	125	19,6
VG 65F03..	65	65	290	183,5	393	323	74	142	185	145	18	4	360	57	64,8	105	125	21,6
VG 65/49R10**	65	Rp 2 1/2	218	183,5	-	323	74	-	-	-	-	-	1000	35	39,8	105	125	19,6
VG 65/49F10**	65	65	290	183,5	-	323	74	-	185	145	18	4	1000	35	39,8	105	125	21,6
VG 80F02..	80	80	310	210	404	334	85	153	200	160	18	8	200	85	96,0	105	125	25
VG 80F03..	80	80	310	210	404	334	85	153	200	160	18	8	360	85	96,0	158	187	36
VG 100F02..	100	100	350	210	428	358	110	178	220	180	18	8	200	130	147,0	158	187	41

* Bei langsam öffnendem Ventil + 0,5 kg für die Dämpfung
Ausführung mit Meldeschalter + 0,2 kg
** ohne Dämpfung, ohne Meldeschalter, ohne Volumenstromdrossel
*** siehe Seite 4

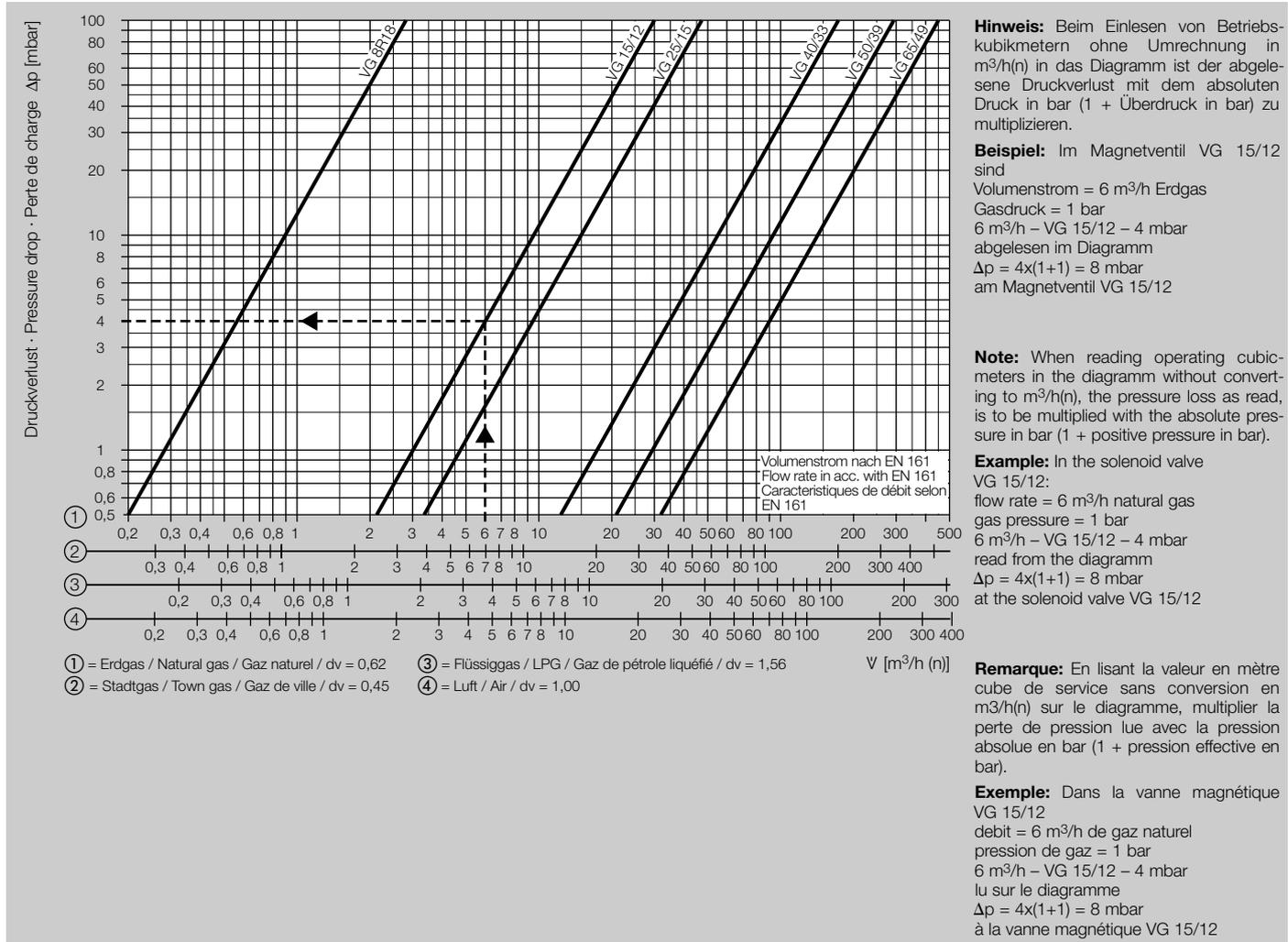
* with slow opening valve + 0.5 kg for the damping unit
Version with closed position indicator + 0.2 kg
** without damping unit, without position indicator, without flow rate restrictor
*** see page 4

* avec une vanne à ouverture lente + 0,5 kg pour l'amortisseur
Construction avec indicateur de positions + 0,2 kg
** sans amortisseur, sans indicateur de positions, sans obturateur de débit
*** voir page 4

Geräte für niedrige Betriebsdrücke, $p_e < 1$ bar
Valves for low operating pressures, $p_e < 1$ bar
Vannes à basses pressions de service, $p_e < 1$ bar



Geräte für höhere Betriebsdrücke, $p_e \geq 1$ bar
Valves for higher operating pressures, $p_e \geq 1$ bar
Vannes à pressions de service plus élevées, $p_e \geq 1$ bar



Typenschlüssel

Type code
Code de type
VG 6–15/10

Typ/Type	VG	6	K	03	T	6	G*	M*	V*
Nennweite Nominal size Diamètre nominal	6, 8, 10, 15/10								
Rp-Gewinde Rp-thread Tauraudage Rp	R		Kegelring Tapered ring Bague conique		K				
Max. Eingangsdruck Maximale inlet pressure Pression d'entrée max.	100 mbar = 01 360 mbar = 03 500 mbar = 05 1800 mbar = 18								
Spannung Voltage Tension	220/240 V~ = T 120 V~ = Q 24 V= = K								
Normstecker ohne Steckdose Standard plug without socket Fiche standard sans prise	5		... mit Normsteckdose ... with standard socket ... avec prise standard		6				
Geräuscharm* Low noise* Silenceux*	G*								
Biogas geeignet* Suitable for biogas* Convient pour biogaz*	M*								
Dichtelemente* Sealing elements* Éléments d'étanchéité*	V*								

VG 10/15–100

Typ/Type	VG	25	R	02	L	T	3	1	D*	M*	V*
Nennweite Nominal size Diamètre nominal	10/15–100										
Rp-Gewinde Rp-thread Tauraudage Rp	R		Flansch Flange Bride		F						
Max. Eingangsdruck Maximale inlet pressure Pression d'entrée max.	200 mbar = 02 360 mbar = 03 1000 mbar = 10 1800 mbar = 18										
Schnell öffnend Quick opening Ouverture rapid	N		Langsam öffnend Slow opening Ouverture lente		L						
Spannung Voltage Tension	220/240 V~ = T 120 V~ = Q 24 V= = K										
El. Anschluss mit Klemmen El. Connection with terminals Branchement él. avec bornes	3		... Normsteckdose ... Standard socket ... Prise standard		6						
Schraube am Eingang Screw at the inlet Vis à l'entrée	1		... im Eingang und Ausgang ... at the inlet and outlet ... à l'entrée et à la sortie		3						
Mengeneinstellung* Flow adjustment* Ajustement de débit*	D*										
Meldeschalter* Position indicator* Indication de position*	CPS*										
Biogas geeignet* Suitable for biogas* Convient pour biogaz*	M*										
Dichtelemente* Sealing elements* Éléments d'étanchéité*	V*										

* Wenn „ohne“ entfällt dieser Buchstabe, d. h. der nächste rückt auf.
* When "without", this letter is dropped, i. e. the next one moves up.
* Si «sans», cette lettre est sans objet, c'est-à-dire que la suivante est appelée.

Auswahl
Selection
Choix

- Standard
- Option
- nicht lieferbar/unavailable/non disponible

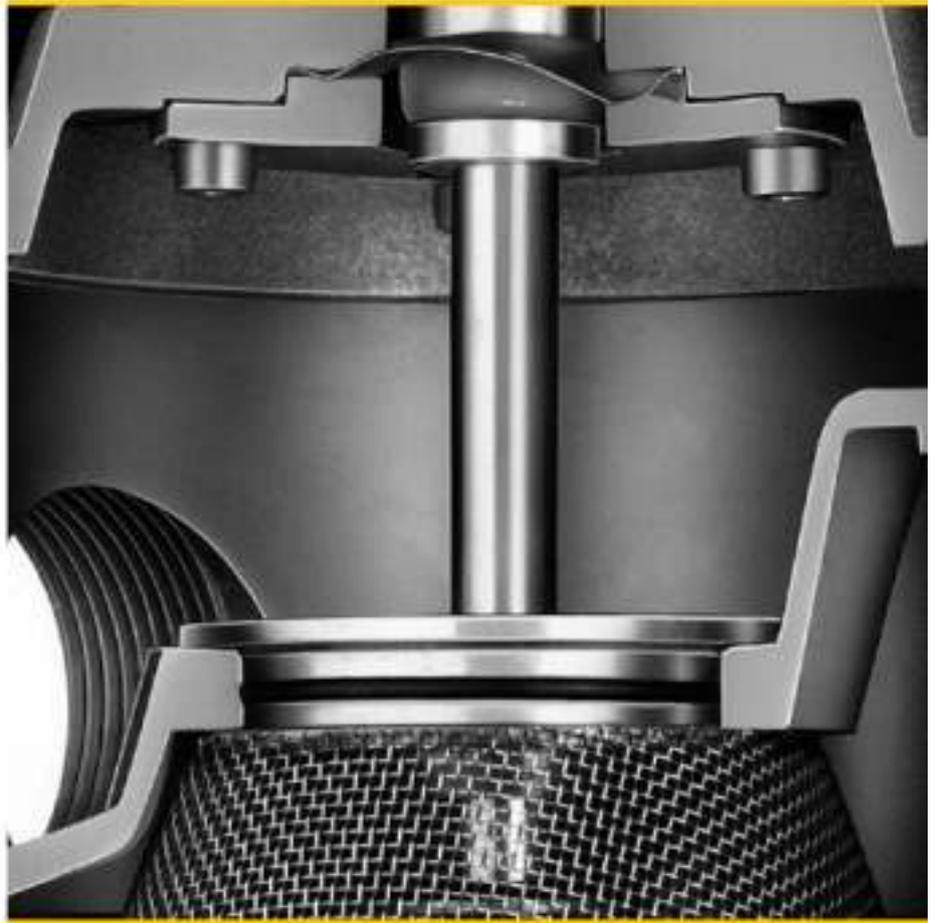
	R	K	01	03	05	18	T	Q	K	5	6	G	M	V
VG 6..	—	●	—	●	○	—	●	○	○	○	●	●*	—	○
VG 6..	●	—	—	—	●	—	●	○	○	○	●	—	●	○
VG 8..	●	—	—	●	○	○	●	○	○	○	●	●*	●	○
VG 10..	●	—	●	—	—	—	●	○	○	○	●	—	●	○
VG 15/10..	●	—	●	—	—	—	●	○	○	○	●	○	●	○

* Die geräuscharme Ausführung ist nur bei VG.. 03 G lieferbar.
* The low noise version is available only for VG.. 03 G.
* La version silencieuse ne peut être livrée que pour VG.. 03 G.

	R	F	02	03	10	18	N	L	T	Q	K	3	6	1	3	D	CPS	M	V
VG 10/15..	●	—	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	○
VG 15..	●	—	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	○
VG 15/12..	●	—	—	—	—	●	●	—	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 20..	●	—	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	○
VG 25..	●	—	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	○
VG 25/15..	●	—	—	—	—	●	●	—	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	○
VG 40/32..	●	—	●	—	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	○
VG 40..	●	●	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 40/33..	●	●	—	—	●	—	●	—	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 50..	●	●	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 50/39..	●	●	—	—	●	—	●	—	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 50/65..	●	—	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 65..	●	●	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 65/49..	●	●	—	—	●	—	●	—	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 80..	—	●	●	○	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—
VG 100..	—	●	●	—	—	—	●	○	●	○	○	○	●	—	—	—	—	○	—

Anlage A10

Datenblatt Gas Druckregelgerätes VGBF 25 R40



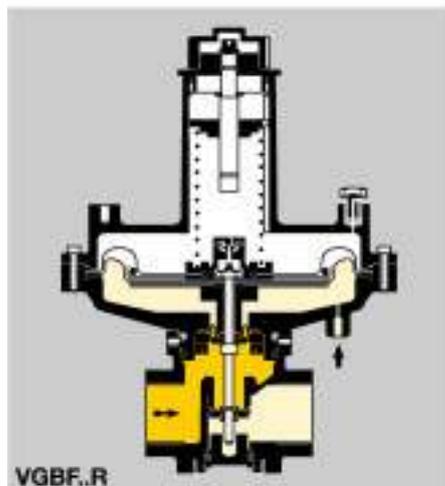
Gas-Druckregler
Gas pressure regulators
Régulateurs de pression gaz

VGBF





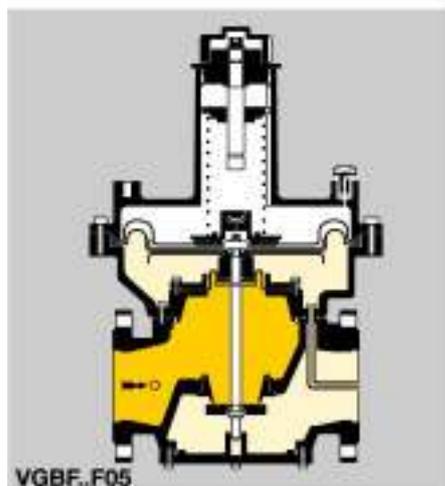
VGBF..R



VGBF..R



VGBF.F



VGBF..F05

Gas-Druckregler VGBF

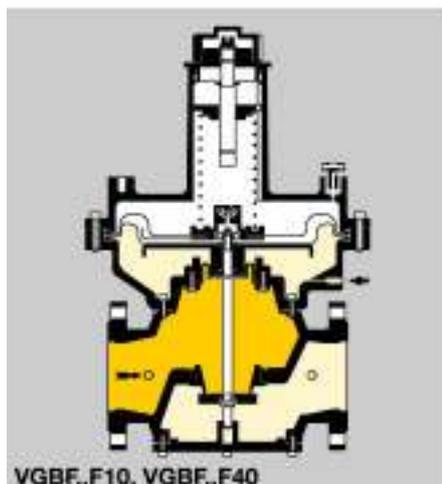
- ✓ Druckregler für gasförmige Medien zum Einbau in jede Art von Gasverbrauchseinrichtungen
- ✓ EG-Baumuster geprüft und zertifiziert
- ✓ Konstruktion mit Vordruckausgleichsmembrane gewährleistet hohe Regelgenauigkeit
- ✓ Hohe Durchflussleistung durch optimale Dimensionierung
- ✓ Keine Atmungsleitung erforderlich
- ✓ VGBF 05 mit interner Rückmeldung erleichtert die Installation

Gas pressure regulators VGBF

- ✓ Pressure regulator for gaseous media, to be fitted to all types of gas consuming appliances
- ✓ EC type-tested and certified
- ✓ Design incorporating inlet pressure compensation diaphragm ensures high control accuracy
- ✓ Optimum dimensioning allows high throughput
- ✓ A purge line is not required
- ✓ VGBF 05 with internal feedback facilitates installation

Régulateurs de pression gaz VGBF

- ✓ Régulateur pour tous les gaz combustibles pour l'installation dans tous les dispositifs consommant du gaz.
- ✓ Type CE testé et certifié
- ✓ Le régulateur comprend une membrane de compensation de la pression amont, permettant une grande précision de régulation
- ✓ Des caractéristiques de débit élevées par un bon dimensionnement
- ✓ Une ligne de mise à l'atmosphère n'est pas nécessaire
- ✓ VGBF 05 facilite l'installation grâce au rétrosignal interne



VGBF..F10, VGBF..F40



Technische Daten

Gasart: Erdgas, Stadtgas, Flüssiggas (gasförmig) und Biogas, VGBF..05..L auch für Luft.

Max. Eingangsdruck $p_{0 \max}$:

VGBF..05: 500 mbar,

VGBF..10: 1 bar,

VGBF..40: 4 bar.

Ausgangsdruckbereiche:

DN 15–100: 5–350 mbar,

DN 150: 5–160 mbar.

Der Ausgangsdruckbereich wird erzielt durch den Einsatz unterschiedlicher Federn (s. Tabelle Federbereiche).

Die Regler sind werksseitig auf 20 mbar eingestellt (rote Feder).

VGBF 1 bis 4 bar:

Außenbeeinflussung über Impulsleitung:

Anschluss Rp $\frac{1}{4}$ für DN 15 und 25,

Anschluss Rp $\frac{3}{8}$ für DN 40–150,

VGBF 500 mbar: Innenbeeinflussung.

Anschluss Rp $\frac{1}{4}$ für Messstutzen oder

auch für Zündgasleitung:

am Eingang: VGBF 15 und 25,

am Eingang und Ausgang: VGBF 40–150.

Regelbereich: 1:10.

Temperaturbereich:

Standard: -15 bis +60 °C,

Luft/Viton: 0 bis +60 °C.

VGBF 1 bis 4 bar: EN 334,

Regelgruppe RG 10,

Schließdruckgruppe SG 30.

VGBF 500 mbar: EN 88,

Klasse A, Gruppe 2.

Gegebenenfalls eingebaute Siebe am Ausgang dienen der Strömungsgleichrichtung.

Technical data

Type of gas: natural gas, town gas, LPG (gaseous) and biologically produced methane, VGBF..05..L also for air.

Max. inlet pressure $p_{0 \max}$:

VGBF..05: 500 mbar,

VGBF..10: 1 bar,

VGBF..40: 4 bar.

Outlet pressure ranges:

DN 15–100: 5–350 mbar,

DN 150: 5–160 mbar.

The appropriate outlet pressure range is obtained by the use of different springs (see spring table).

The regulator is set to 20 mbar at the works (red spring).

VGBF 1 to 4 bar:

external control via impulse line:

connection Rp $\frac{1}{4}$ for DN 15 and 25,

connection Rp $\frac{3}{8}$ for DN 40–150,

VGBF 500 mbar: internal control.

Connection Rp $\frac{1}{4}$ for pressure test point or for pilot gas line:

at the inlet: VGBF 15 and 25,

at the inlet and outlet: VGBF 40–150.

Control range: 1:10.

Temperature range:

standard: -15 to +60°C,

air/Viton: 0 to +60°C.

VGBF 1 to 4 bar: EN 334,

Regulating group RG 10,

Closing pressure group SG 30.

VGBF 500 mbar: EN 88,

class A, group 2.

Strainers that are possibly fitted at the outlet serve as flow conditioners.

Caractéristiques techniques

Type de gaz : gaz naturel, gaz de ville, GPL (sous forme gazeuse) et biogaz, VGBF..05..L également pour l'air.

Pression amont max. $p_{0 \max}$:

VGBF..05 : 500 mbar,

VGBF..10 : 1 bar,

VGBF..40 : 4 bar.

Gammes de pressions aval :

DN 15–100 : 5–350 mbar,

DN 150 : 5–160 mbar.

La valeur de la pression aval est obtenue par l'emploi de différents ressorts (voir tableau).

Les régulateurs sont réglés en usine à une pression de 20 mbar (ressort rouge).

VGBF 1 à 4 bar :

influence à l'extérieur par la conduite d'impulsions :

raccord Rp $\frac{1}{4}$ pour DN 15 et 25,

raccord Rp $\frac{3}{8}$ pour DN 40–150,

VGBF 500 mbar : influence à l'intérieur.

Raccord Rp $\frac{1}{4}$ pour prise de pression ou raccordement de conduite de gaz d'allumage :

en amont : VGBF 15 et 25,

en amont et aval : VGBF 40–150.

Plage de régulation : 1:10.

Température ambiante :

Standard : -15 à +60 °C,

Air/Viton : 0 à +60 °C.

VGBF 1 à 4 bar : EN 334,

groupe RG 10 (régulation),

groupe SG 30 (étanchéité).

VGBF 500 mbar : EN 88,

classe A, groupe 2.

Des tamis, qui le cas échéant sont montés en aval, servent comme redresseur d'écoulement.

Ausführung

Gehäuse:	Aluminium
Membranen:	Perbunan (VGBF..L: Ausgleichs- membrane = Viton, VGBF..V: Membranen = Viton)
Ventilsitz:	Aluminium
Ventilspindel:	Aluminium
Ventilteller:	aufvulkanisierte Perbunandichtung (VGBF..V: Viton)
Innengewinde:	Rp nach ISO 7-1
Flanschanschluss:	PN 16 nach ISO 7005

Sonderausführung

(siehe Prospekt T 12.2.3)
DN 15–DN 50 mit NPT-Gewinde,
DN 80–DN 100 mit ANSI-Flansch lieferbar.
Anschlüsse der Impulsleitung: NPT.

Einbau

Einbaulage senkrecht oder waagrecht,
nicht über Kopf. Das VGBF darf kein Mauer-
werk berühren – Mindestabstand 20 mm.
Dichtmaterial oder Späne dürfen nicht in
das Reglergehäuse oder die Rohrleitung
gelangen.

Das Gerät nicht im Freien lagern oder ein-
bauen. Wir empfehlen, vor jede Anlage ein-
nen Filter zu installieren.

VGBF 1 bis 4 bar: Dämpfungsventil

für die Impulsleitung Rp $\frac{3}{8}$ –
Bestell-Nr. 75439215
VGBF 15–25 nicht erforderlich
VGBF DN 40–100 4 bar: lose beigelegt
Kann auf Wunsch für VGBF DN 40–150
1 bar angefordert werden.

Construction

Housing:	aluminium
Diaphragms:	Perbunan (VGBF..L: compensa- tion diaphragm = Viton, VGBF..V: diaphragms = Viton)
Valve seat:	aluminium
Valve stem:	aluminium
Valve disc:	vulcanised Perbunan seal (VGBF..V: Viton)
Internal thread:	Rp to ISO 7-1
Flange connection:	PN 16 to ISO 7005

Special version

(see brochure T 12.2.3)
DN 15–50 with NPT thread,
DN 80–100 available with ANSI flange.
Connections of the impulse line: NPT.

Fitting

Installation in the vertical or horizontal posi-
tion, not upside down. The VGBF must not
touch its surrounding walls, min. distance
20 mm. Sealing material or thread cuttings
must not be allowed to get into the unit
housing or pipework.

Do not store or install the unit in the open
air. We recommend that a filter be installed
upstream of every system.

VGBF 1 to 4 bar: damping valve

for impulse line Rp $\frac{3}{8}$ – Order No. 75439215
VGBF 15–25: not required
VGBF DN 40–100 4 bar: loosely enclosed
Can be supplied for VGBF DN 40–150
1 bar on request.

Construction

Corps :	aluminium
Membranes :	Perbunan (VGBF..L : membrane de compensation = Viton, VGBF..V : membranes = Viton)
Siège :	aluminium
Tige de clapet :	aluminium
Clapet :	joint d'étanchéité vulca- nisé en Perbunan (VGBF..V : Viton)
Taraudage :	Rp selon ISO 7-1
Raccord à bride :	PN 16 selon ISO 7005

Version spéciale

(voir brochure T 12.2.3)
DN 15–DN 50 taraudés NPT,
DN 80–DN 100 livrables avec bride ANSI.
Raccords de la conduite d'impulsions :
NPT.

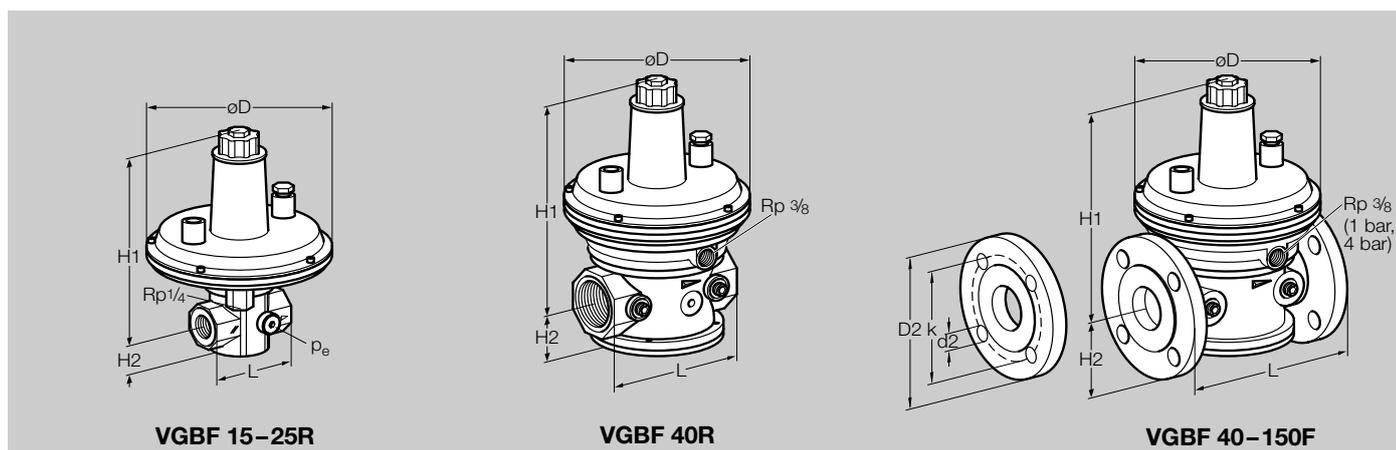
Installation

Position de montage verticale ou horizontale,
pas à l'envers. Le VGBF ne doit pas tou-
cher de murs (distance minimale 20 mm).
Le matériau d'étanchéité ou les copeaux
ne doivent pas pénétrer dans le boîtier du
régulateur ou dans la tuyauterie.

Ne pas stocker ou monter le régulateur en
plein air. Il est recommandé d'utiliser un fil-
tre en amont de chaque installation.

VGBF 1 à 4 bar : vanne d'amortissement

pour la conduite d'impulsions Rp $\frac{3}{8}$ –
référence 75439215
VGBF 15–25 : pas nécessaire
VGBF DN 40–100 4 bar :
pièce jointe détachée
Peut être livrée pour VGBF DN 40–150
1 bar sur demande.



Reglertyp Regulator type Type de régulateur	Anschluss Connection Raccord	p _e max. bar	Abmessungen in mm Dimensions in mm Dimensions en mm				Flansch Flange Bride		Bohrung Drillings Trous		Gewicht Weight Poids kg
			L	Ø D	H 1	H 2	D 2	k	d2	Anz./No.	
VGBF 15R	Rp 1/2	4	70	132	151	24	-	-	-	-	0,9
VGBF 25R	Rp 1	1; 4	90	190	250	33	-	-	-	-	1,9
VGBF 40R	Rp 1 1/2	1; 4	150	190	260	56	-	-	-	-	2,9
VGBF 40F	40	0,5; 1; 4	200	190	260	75	150	110	18	4	4,8
VGBF 50F	50	0,5; 1; 4	230	240	316	83	165	125	18	4	7,7
VGBF 65F	65	0,5	290	260	412	89	185	145	18	4	12,0
VGBF 80F	80	0,5; 1; 4	310	310	446	100	200	160	18	8	16,1
VGBF 100F	100	0,5; 1; 4	350	396	501	115	229	180	18	8	26,0
VGBF 150F	150	0,5; 1	480	520	573	150	285	240	22	8	46,5

Ausgangsdruckbereich Outlet ressure range Gamme de réglage mbar	Kennzeichnung Marking Couleur			Bestell-Nr. Versand komplett mit Typenschild für geänderten Ausgangsdruck Order number Delivery complete with type label for changed outlet pressure Référence Livraison complète avec plaque signalétique pour une pression aval changée							
	VGBF 15	VGBF 40	VGBF 50	VGBF 65	VGBF 80	VGBF 100	VGBF 150				
5 – 12,5	-	-	-	75421911	75421961	75422031	75426160	75426230	75426310	75426450	
10 – 30	rot	red	rouge	75421921	75421971	75422041	75426070	75426240	75426320	75426460	
25 – 45	gelb	yellow	jaune	75421931	75421980	75422051	75426180	75426250	75426330	75426470	
40 – 60	grün	green	vert	75421941	75421990	75422061	75426190	75426260	75426340	75426480	
55 – 75	blau	blue	bleu	75421951	75422000	75422071	75426210	75426270	75426350	75426490	
70 – 90	schwarz	black	noir	75442046	75422010	75422081	75426210	75426280	75426360	75426500	
85 – 105	weiß	white	blanc	75442047	75422020	75422091	75426220	75426290	75426370	75426510	
100 – 160	schwarz/rot	black/red	noir/rouge	75442048	75438978	75438981	75446329	75438984	75438987	75438990	
150 – 230	schwarz/gelb	black/yellow	noir/jaune	75442049	75438979	75438982	-	75438985	75438988	-	
220 – 350	schwarz/grün	black/green	noir/vert	75442050	75438980	75438983	-	75438986	75438989	-	

Für Geräte mit Flanschverbindungen liefern wir die passenden Verschraubungselemente
For devices with flange connections the following fittings can be supplied
Pour les régulateurs à bride nous livrons les raccords à vis appropriés

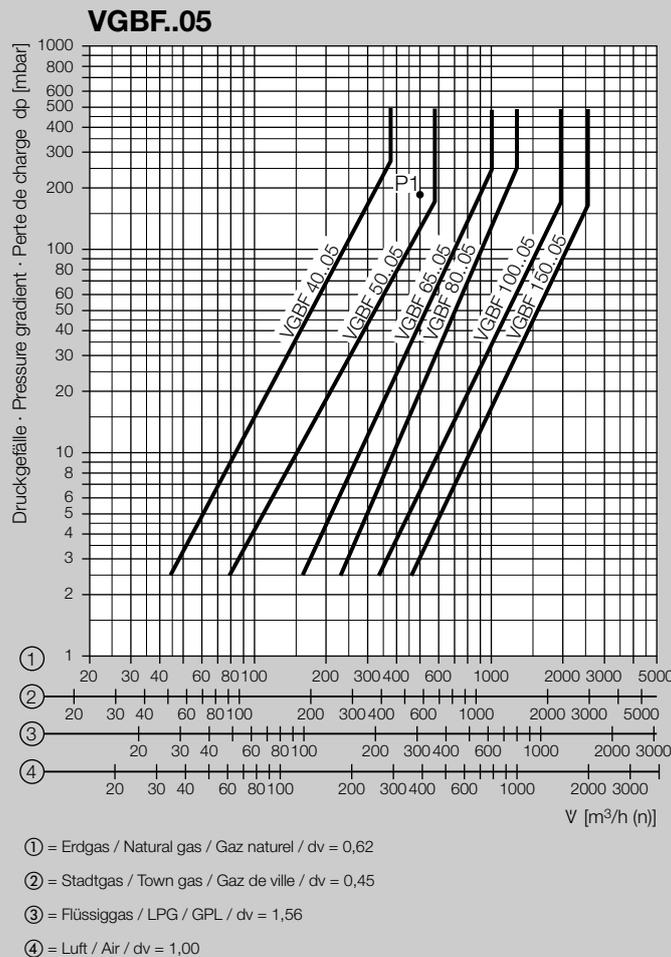
Reglertyp Regulator type Type de régulateur	Bestellnummer/Order No./Référence								
	Stiftschraube Tap bolt Boulon fileté	DIN 938	Anz./No.	Sechskantmutter Hexagonal nut Ecrou a six pans	Anz./No.	Scheibe Washer Rondelle	Anz./No.		
VGBF 40	M 16 x 60	03555122	8	M 16	03580212	16	Ø 17	03598108	16
VGBF 50	M 16 x 65	03555125	8	M 16	03580212	16	Ø 17	03598108	16
VGBF 65	M 16 x 65	03555125	8	M 16	03580212	16	Ø 17	03598108	16
VGBF 80	M 16 x 65	03555125	16	M 16	03580212	32	Ø 17	03598108	32
VGBF 100	M 16 x 70	03555120	16	M 16	03580212	32	Ø 17	03598108	32
VGBF 150	M 20 x 80	03555126	16	M 20	03580120	32	Ø 17	03598108	32

Volumenstrom / Flow rate / Débit

Die Durchflusskurven beziehen sich auf den Ausgangsvolumenstrom des Reglers im Normzustand bei $p_a = 20$ mbar. Strömungsgeschwindigkeiten über 30 m/s in der Ausgangsleitung empfehlen wir zu vermeiden. Zur Aufrechterhaltung einer stabilen Regelung und eines beruhigten Betriebs ist die Ausgangsleitung bei höheren Geschwindigkeiten auf die nächstgrößere Nennweite zu erweitern.

The flow rate curves refer to the outlet flow rate of the pressure regulator in standard state at $p_a = 20$ mbar. We would recommend to avoid velocities of flow above 30 m/s in the outlet pipe. In order to maintain steady control and smooth operation with higher velocities, the next bigger size of outlet pipe should be chosen.

Les courbes de débit se réfèrent au débit aval du régulateur en état standard à $p_a = 20$ mbar. Nous recommandons à éviter des vitesses d'écoulement supérieures à 30 m/s dans la conduite aval. Pour maintenir une régulation stable et un fonctionnement propre, avec des grandes vitesses il faut choisir une conduite de dimension immédiatement plus grande.



Auswahlbeispiel

Gegeben sind:
 Volumenstrom \dot{V} : 500 m³/h, Erdgas
 Eingangsdruck p_e : 200 mbar
 Ausgangsdruck p_a : 20 mbar
 Druckgefälle $\Delta p = p_e - p_a = 180$ mbar.
 Daraus ergibt sich der Schnittpunkt: P1,
 gewählt wird die nächst größere Nennweite: VGBF 50.
 Bei einem $\Delta p = 180$ mbar beträgt der max. Volumenstrom \dot{V}_{max} : 580 m³/h, der min. Volumenstrom \dot{V}_{min} ergibt sich aus $\dot{V}_{min} = \dot{V}_{max} \times 10\% = 58$ m³/h.

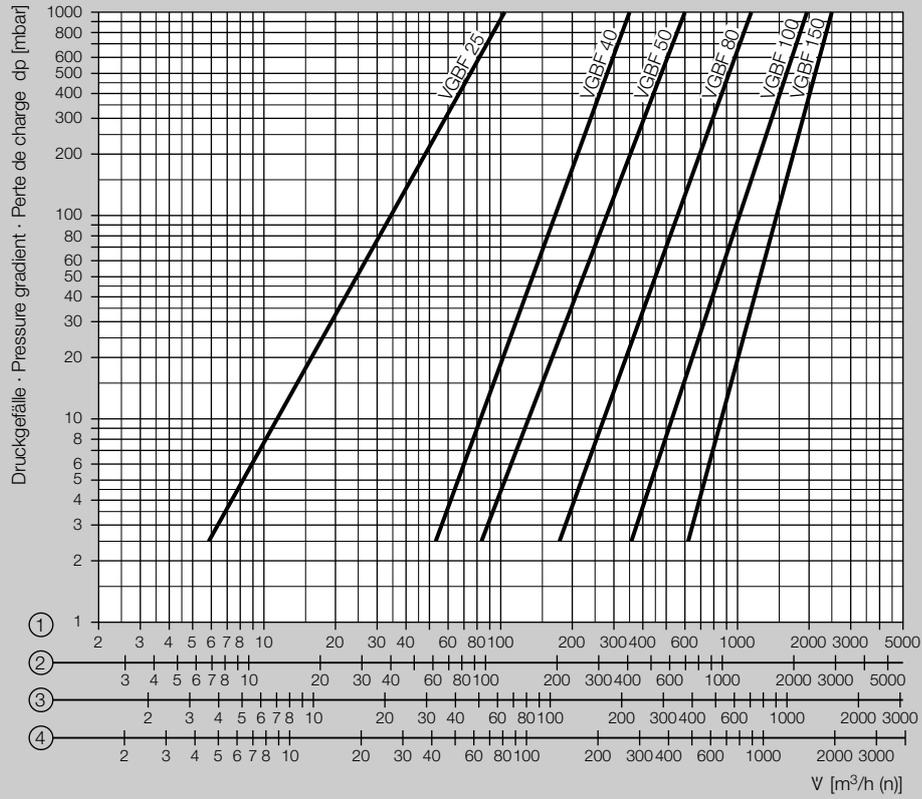
Selection example

The following are given:
 Flow rate \dot{V} : 500 m³/h, natural gas
 Inlet pressure p_e : 200 mbar
 Outlet pressure p_a : 20 mbar
 Pressure gradient $\Delta p = p_e - p_a = 180$ mbar.
 We can thus obtain the point of intersection: P1. The next larger nominal size is selected: VGBF 50.
 With a $\Delta p = 180$ mbar the maximum flow rate \dot{V}_{max} is 580 m³/h, the minimum flow rate \dot{V}_{min} can be calculated from $\dot{V}_{min} = \dot{V}_{max} \times 10\% = 58$ m³/h.

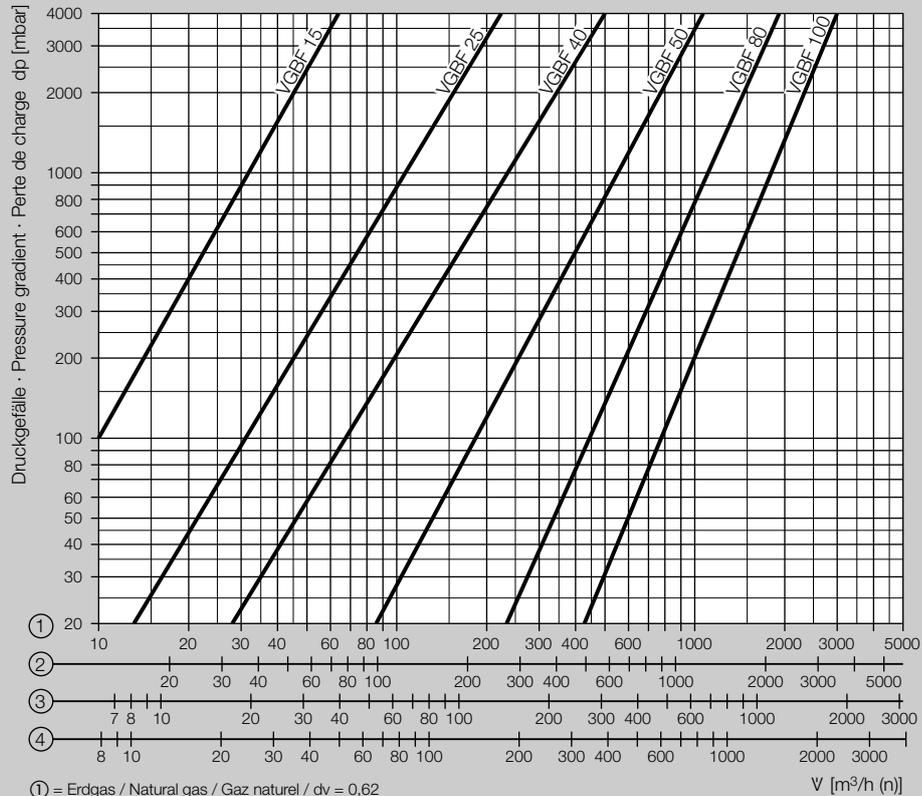
Exemple de sélection

Sont donnés :
 le débit \dot{V} : 500 m³/h, gaz naturel
 la pression amont p_e : 200 mbar
 la pression aval p_a : 20 mbar
 la perte de charge $\Delta p = p_e - p_a = 180$ mbar.
 De cette opération résulte le point d'intersection : P1, on choisit le plus grand diamètre nominal qui suit : VGBF 50.
 Avec une perte de charge $\Delta p = 180$ mbar, le débit maximum atteint $\dot{V}_{max} = 580$ m³/h, le débit minimum \dot{V}_{min} qui en résulte est $\dot{V}_{min} = \dot{V}_{max} \times 10\% = 58$ m³/h.

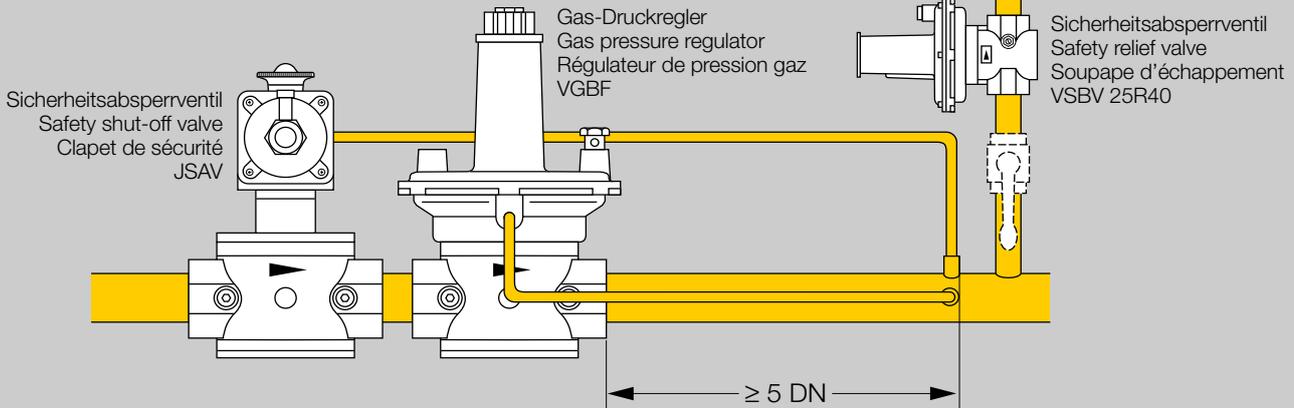
VGBF..10



VGBF..40



- ① = Erdgas / Natural gas / Gaz naturel / $\nu = 0,62$
- ② = Stadtgas / Town gas / Gaz de ville / $\nu = 0,45$
- ③ = Flüssiggas / LPG / GPL / $\nu = 1,56$
- ④ = Luft / Air / $\nu = 1,00$



Installation gemäß EN 746-2

Für Gas-Druckregelanlagen ist nach EN 746-2 ein Sicherheitsabsperrenteil SAV vor dem Gas-Druckregelgerät und ein Sicherheitsabblaseventil SBV erforderlich. Diese Ventile sind nicht vorgeschrieben, wenn der höchstmögliche Betriebsdruck vor dem Regler nicht höher sein kann als der höchstzulässige Betriebsdruck der nachgeschalteten Geräte.

Installation acc. to EN 746-2

According to EN 746-2, gas pressure control systems have to be fitted with a safety shut-off valve SAV upstream of the gas pressure regulator and a safety relief valve SBV. These valves are not required if the highest possible operating pressure upstream of the pressure regulator does not exceed the max. permissible operating pressure of all devices connected downstream of the pressure regulator.

Installation selon EN 746-2

Aux installations de régulation de pression de gaz il faut installer un clapet de sécurité SAV en amont, et une soupape d'échappement SBV, selon EN 746-2. Ces vannes ne sont pas nécessaires, si la pression amont maxi. en amont du régulateur n'est pas plus élevée que la pression maxi. admissible des appareils intercalés en aval.

Typenschlüssel / Type code / Code de type

Typ/Type							VGBF	50	F	10	-3	L	V
Nennweite Nominal size Diamètre nominal	} 15, 25, 40, 50, 65, 80, 100, 150												
Rp-Gewinde Rp thread Taraudage Rp	} = R			Flansch Flange Bride	} = F								
Max. Eingangsdruck $p_{e \max.}$ Max. inlet pressure $p_{e \max.}$ Pression amont maxi. $p_{e \max.}$	} 0,5 bar = 05 1 bar = 10 4 bar = 40												
Verschluss-Schraube im Eingang Screw plug at the inlet Bouchon fileté à l'entrée	} = 1			Verschluss-Schraube im Eingang und Ausgang Screw plug at the inlet and outlet Bouchon fileté à l'entrée et à la sortie	} = 3								
Nur für Luft Only for air Uniquement pour air	} = L												
Viton-Ausrüstung Viton equipment Équipement Viton	} = V												

Anlage A11

Datenblatt Gaszähler BK- G 10

BK-G10 und BK-G16

BK-G10T und BK-G16T Kompakte Gewerbe-gaszähler



Anwendungsbereiche

Medien: Erdgas, Stadtgas, Propan, Butan, Luft, inerte Gase*

Branchen: Gaswirtschaft

Aufgaben: Erfassung des Betriebsvolumens**

Kurzinformation

BK-G10 und BK-G16 sind kompakte Gewerbe-gaszähler für höchste Ansprüche hinsichtlich Messgenauigkeit und Sicherheit. Innovative Neuentwicklung ist mit jahrzehntelanger Erfahrung vereint. BK-G10 und BK-G16 werden mit gefalztem Stahlblechgehäuse als Ein- und Zweistutzenzähler geliefert.

Das Messwerk von BK-G10 und BK-G16 arbeitet nach dem Freischwingerprinzip. Niedrige Lagerkräfte und geräuscharmer Lauf sind die Folge. Die formstabile Kunststoffmembrane ist in einer weiterentwickelten Stadionform ausgeführt.

Die patentierte Schiebersteuerung (K-System) sowie der Einsatz hochwertiger Materialien sichern einen hohen Qualitätsstandard.

Das K-System stimmt den Bewegungsablauf der Schieber optimal auf den momentanen Volumenstrom der Messkammer ab. Dadurch werden minimale Schieberquerschnitte bei extremer Messgenauigkeit erreicht.

Durch die kleinen Schieber sind der BK-G10 und BK-G16 im Q_{\min} Bereich stabil und unempfindlich gegen Verschmutzung (RPF von 0,8 nach BS4161). Die Justage des Messwerkes erfolgt über ein patentiertes Zeigersystem.

Obwohl der BK-G10 und der BK-G16 sehr robust konstruiert sind, sollten sie doch immer mit der bei einem Messgerät angebrachten Sorgfalt behandelt werden.

Arbeitsprinzip: Durch Kunststoffmembranen voneinander getrennte Messkammern werden periodisch gefüllt und entleert. Ein Gelenkgetriebe überträgt die Membranbewegungen auf die Kurbelwelle. Die Kurbelwelle treibt die den Gasstrom steuernden Schieber an. Die Drehbewegungen des Getriebes werden über eine Magnetkupplung auf das Zählwerk übertragen. In der Ausführung BK-G10T und BK-G16T wird über ein Bimetallelement an der Kurbelwelle der Einfluss der Gastemperatur kompensiert.

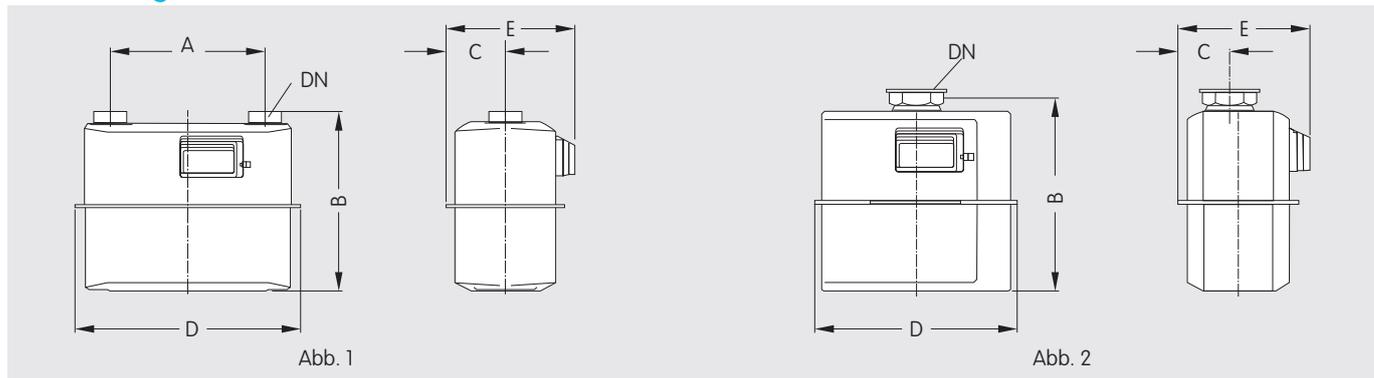
Hauptmerkmale

- MID Konformität
- DVGW zugelassen nach EN 1359
- PTB Zulassung ,
eichfähig für Durchflüsse von
0,1 m³/h bis 16 m³/h (G10)
0,16 m³/h bis 25 m³/h (G16)
- Messrauminhalt 6 Liter
- Maximaler Betriebsdruck 0,5 bar
- Feuerbeständig (HTB) bis 0,1 bar
nach EN 1359
- Berstdruck > 1,2 bar
- Hohe Genauigkeit
und Langzeitstabilität
- Pulverbeschichtung RAL 7035 lichtgrau
- Impulsmagnet serienmäßig,
NF-Impulsgeber jederzeit
nachrüstbar, (I=0,1 m³/Impuls)
- Verschmutzungsunempfindlich (RPF=0,8)
- Temperaturbereiche: -10 °C – +40 °C
andere Temperaturen auf Anfrage
- Mechanische Temperaturumwertung
(Option)
- Intelligente Zählwerktechnologien
verfügbar (Absolut- ENCODER,
Funkapplikationen, Chekker)

* Gase nach DVGW-Arbeitsblatt G260

BK-G10 und BK-G16, BK-G10T und BK-G16T: Kompakte Gewerbebegaszähler

Abmessungen

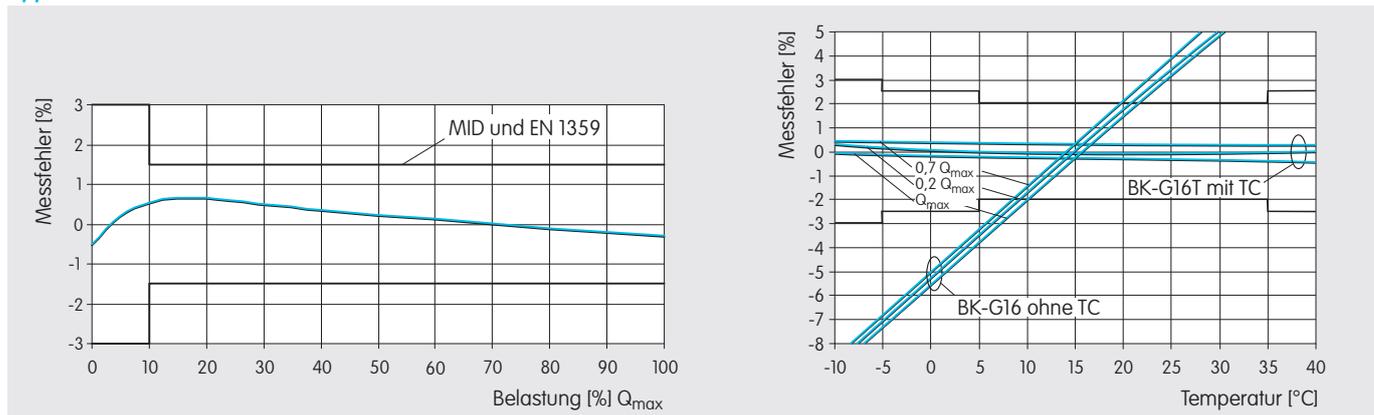


Typ	Abb.	Q _{max} [m ³ /h]	Q _{min} [m ³ /h]	V [dm ³]	Anschluss		Baumaße [mm]					Gewicht [kg]
					DN	Gewinde*	A*	B	C	D	E	
BK-G10	2	16	0,1	6	40	2 3/4"	-	323	85	334	218	5,1
BK-G10	1	16	0,1	6	32	1 3/4"	250	320	85	334	218	4,5
BK-G10	1	16	0,1	6	32	1 3/4"	280	330	108	405	234	5,7
BK-G10	1	16	0,1	6	40	2"	280	330	108	405	234	5,7
BK-G16	2	25	0,16	6	40	2 3/4"	-	323	85	334	218	5,1
BK-G16	1	25	0,16	6	40	2"	280	330	108	405	234	5,7

* ISO 228-1

Andere Abmessungen auf Anfrage

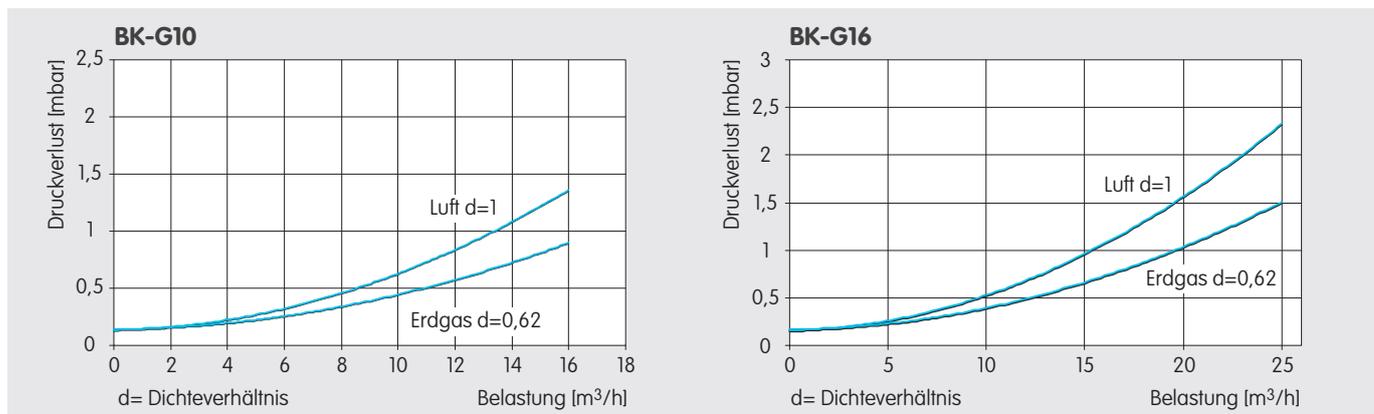
Typische Fehlerkurve BK-G10 und BK-G16



Bei Prüfraumtemperatur mit Eichfehlergrenzen nach MID und EN 1359

Messfehlerkurve im Umwertungsbereich mit Fehlergrenzen nach MID und EN 1359

Druckverlustkurve



Ihre Ansprechpartner

Deutschland
Elster GmbH
Steinern Str. 19 - 21
55252 Mainz-Kastel
T +49 6134 605 0
F +49 6134 605 390
www.elster-instromet.com
info@elster-instromet.com

Österreich
Elster-Instromet Vertriebsges. m.b.H
Heiligenstädter Strasse 45
1190 Wien
T +43 1 369 2655
F +43 1 369 2655 22
info@elster-instromet.at

Schweiz
GWf MessSysteme AG
Obergrundstrasse 119
6002 Luzern
T +41 41 319 50 50
F +41 41 310 60 87
www.gwf.ch
gwf@gwf.ch

BK G10 16 DE07

A11.01.2010

73030006

Alle Rechte vorbehalten

Technische Änderungen vorbehalten

Anlage A12

Dimensionierung des Trinkwassernetzes

Berechnung des Tinkwassernetzes

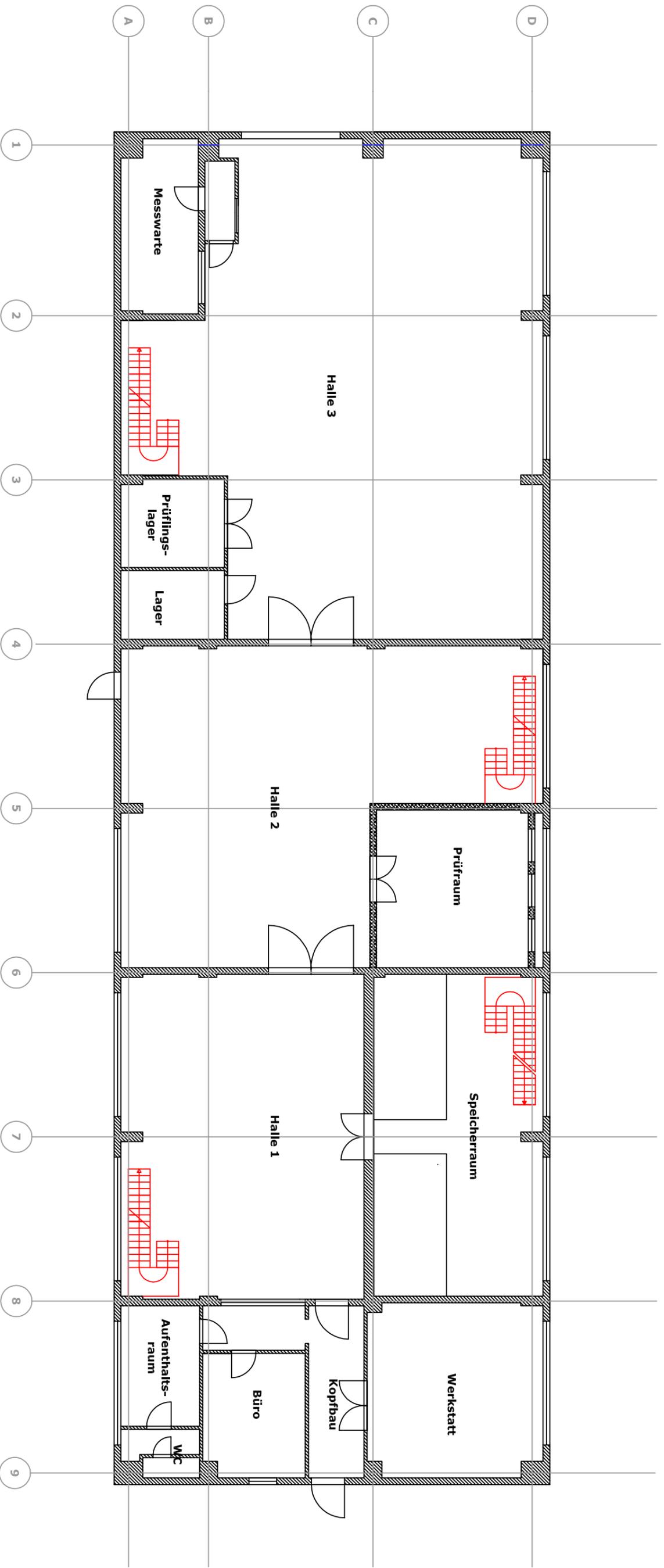
Bauvorhaben: Sanierung des Hallenbereiches 2 im Teilobjekt 4		Firma: DBI Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg		Bearbeiter: Kai Nitzsche		
mittlere Medientemperatur: 10°C						
Dichte des Mediums: 999,7 kg/m ³						
Rohrart: Kupferrohr nach DIN EN 1057						
Teilstrecke	Länge	Spitzen- volumenstrom	Angenommene Fließ- geschwindigkeit	Abmessung	Innen- durchmesser	Rechnerische Fließ- geschwindigkeit
TS	[m]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[mm]	[m/s]
1	4,1	2	2,5	35 x 1,5	32	2,49
2	6,5	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
3	3,5	2	2,5	35 x 1,5	32	2,49
4	9,5	1,15	2,5	28 x 1,5	25	2,34
5	0,4	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
6	0,3	0,65	2,5	22 x 1,0	20	2,07
7	0,1	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
8	13,4	0,15	2,5	15 x 1	13	1,13
9	19,5	2	2,5	35 x 1,5	32	2,49
10	0,1	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
11	0,7	2	2,5	35 x 1,5	32	2,49
12	0,1	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
13	0,7	1,5	2,5	35 x 1,5	32	1,9
14	0,1	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
15	0,7	1	2,5	28 x 1,5	25	2,04
16	0,1	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49
17	0,8	0,5	2,5	18 x 1	16	2,49

Anlage A13

Bauablaufplan

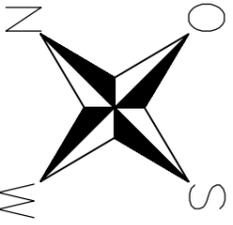
Anlage A14

Zeichnungen



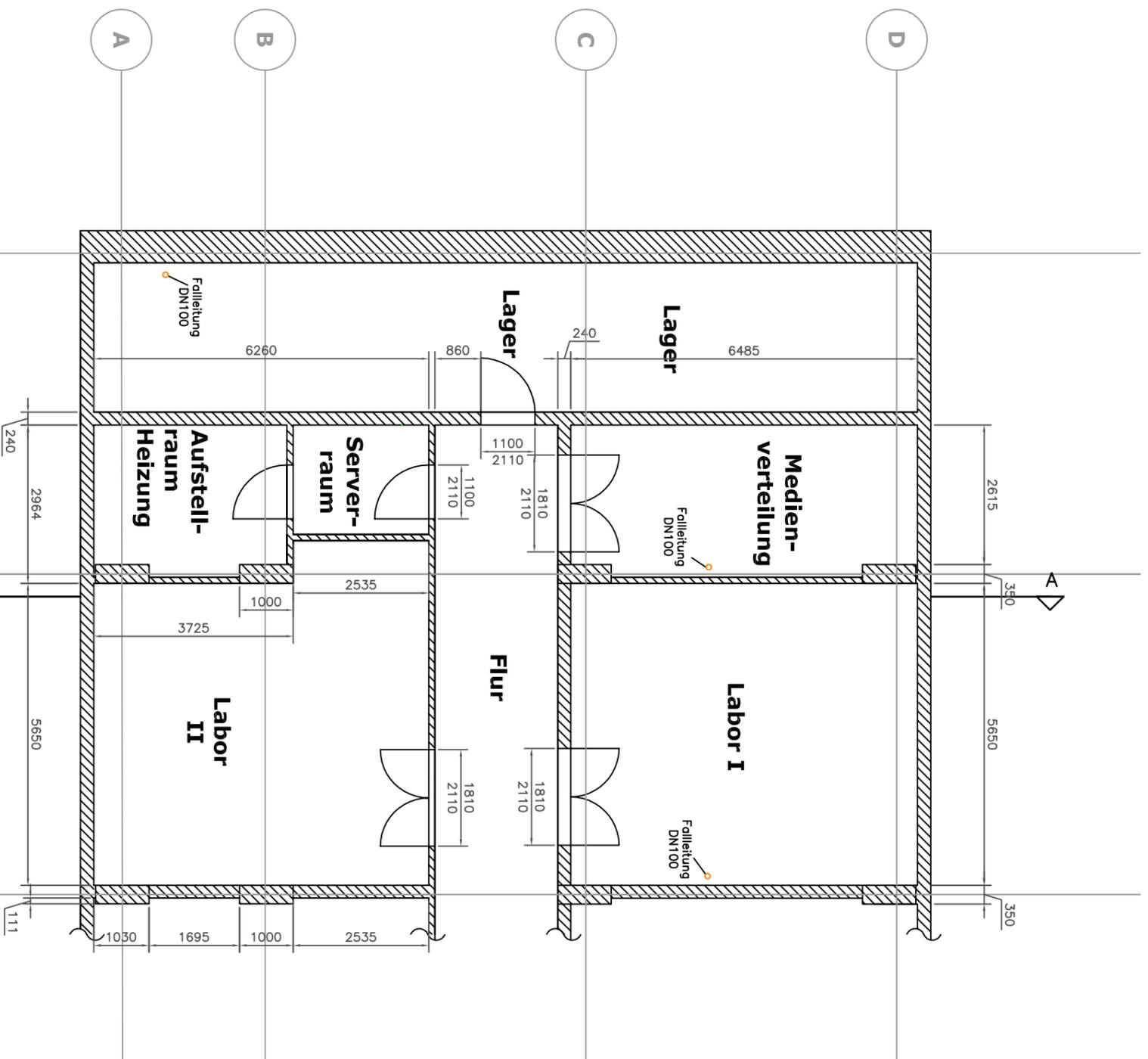
Legende

	Mauerziegel
	Trockenbau-system
	Metall-konstruktion



Maßstab
1:150

Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Grundriss Obergeschoss	Zeichnungsnummer Nr.1	Erstellungsdatum 03.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel Überblick		Vermerk Zustand vor Beginn der Sanierungsarbeiten	



Legende	
	Mauerziegel
	Schmutzwasser-falleitung
	Metall-konstruktion

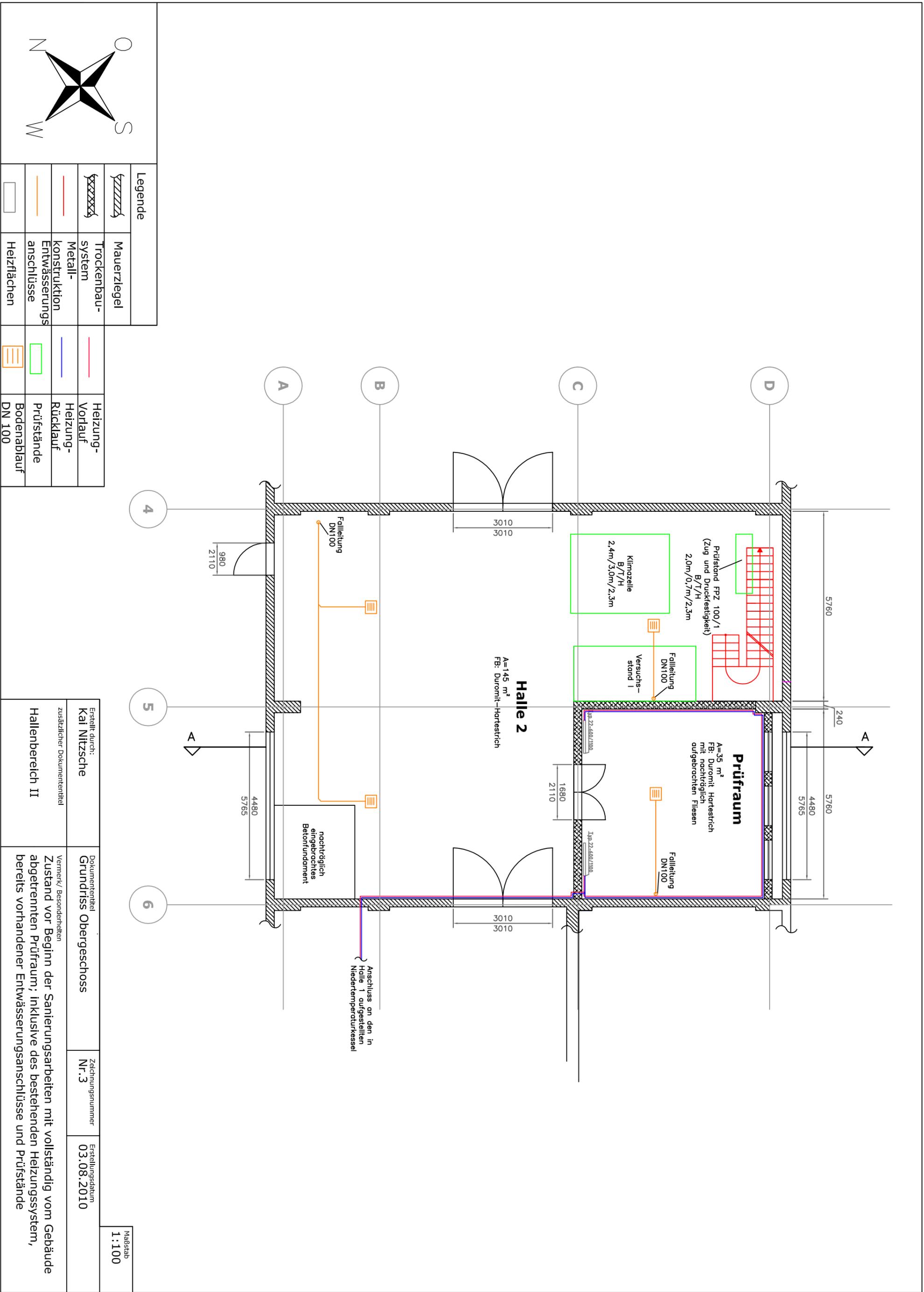
4

5

6

Maßstab
1:100

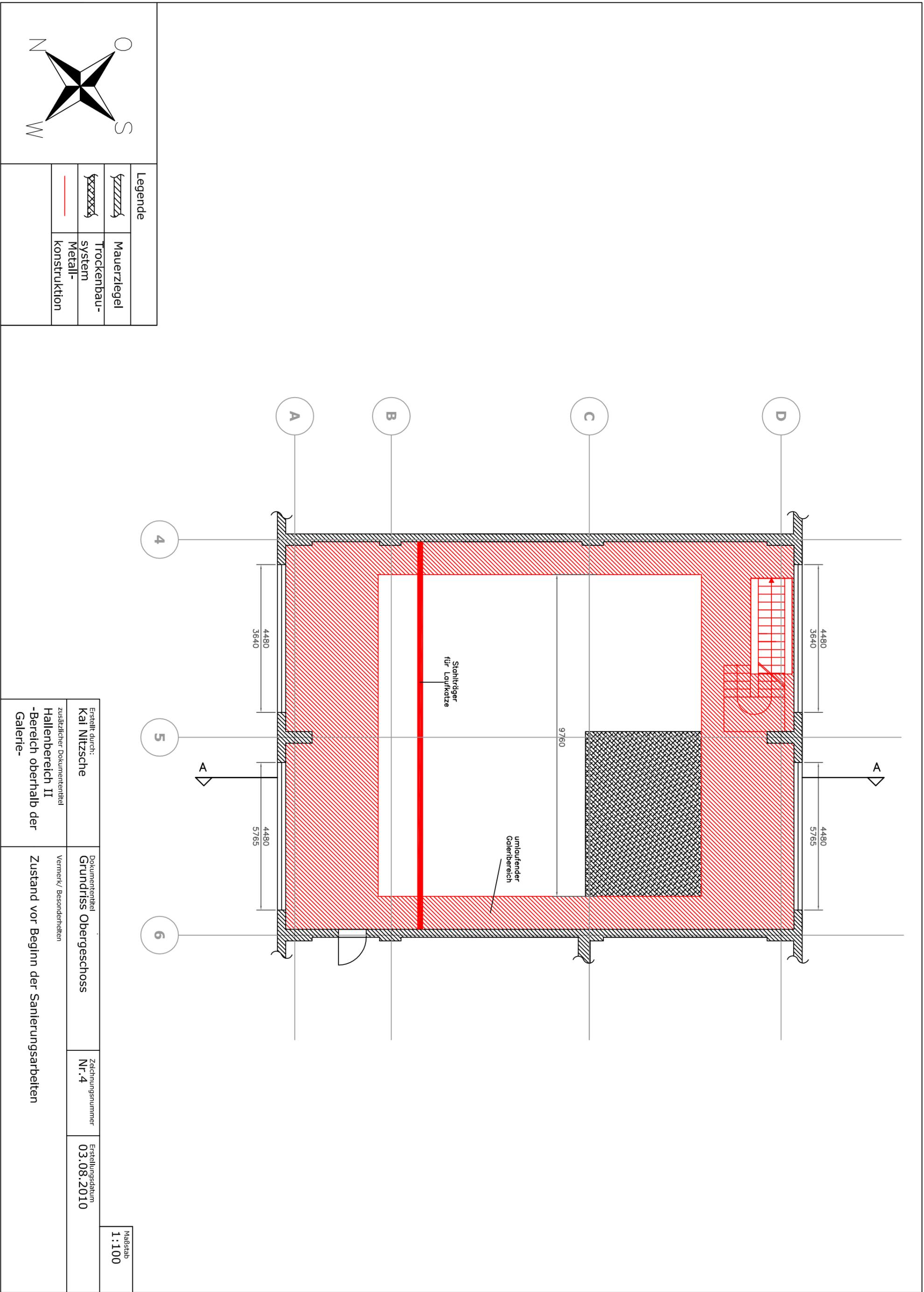
Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Grundriss Untergeschoss	Zeichnungsnummer Nr. 2	Erstellungsdatum 03.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel unterhalb Halle 2	Vermerk Nach Beendigung der Sanierungsarbeit Anfang 2010; inklusive Entwässerungsanschluss für den Hallenbereich		



Legende	
	Mauerziegel
	Trockenbau-system
	Metall-konstruktion
	Entwässerungsanschlüsse
	Heizflächen

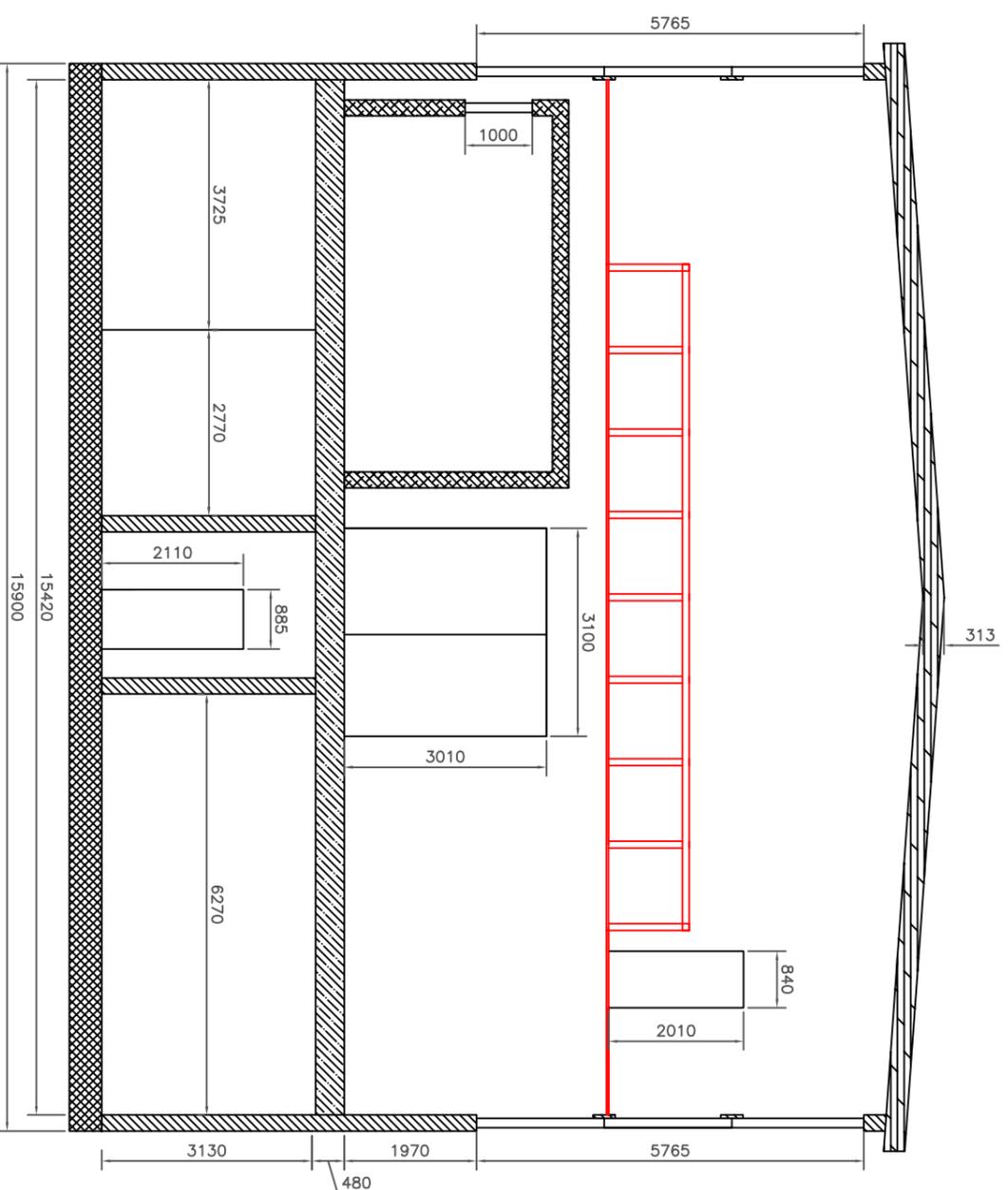
	Heizungsvorlauf
	Heizungsrücklauf
	Prüfstände
	Bodenablauf DN 100

Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Grundriss Obergeschoss	Zeichnungsnummer Nr. 3	Erstellungsdatum 03.08.2010	Maßstab 1:100
zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich II	Vermerk/ Besonderheiten Zustand vor Beginn der Sanierungsarbeiten mit vollständig vom Gebäude abgetrennten Prüfraum; inklusive des bestehenden Heizungssystem, bereits vorhandener Entwässerungsanschlüsse und Prüfstände			



Legende	
	Mauerziegel
	Trockenbau-system
	Metall-konstruktion

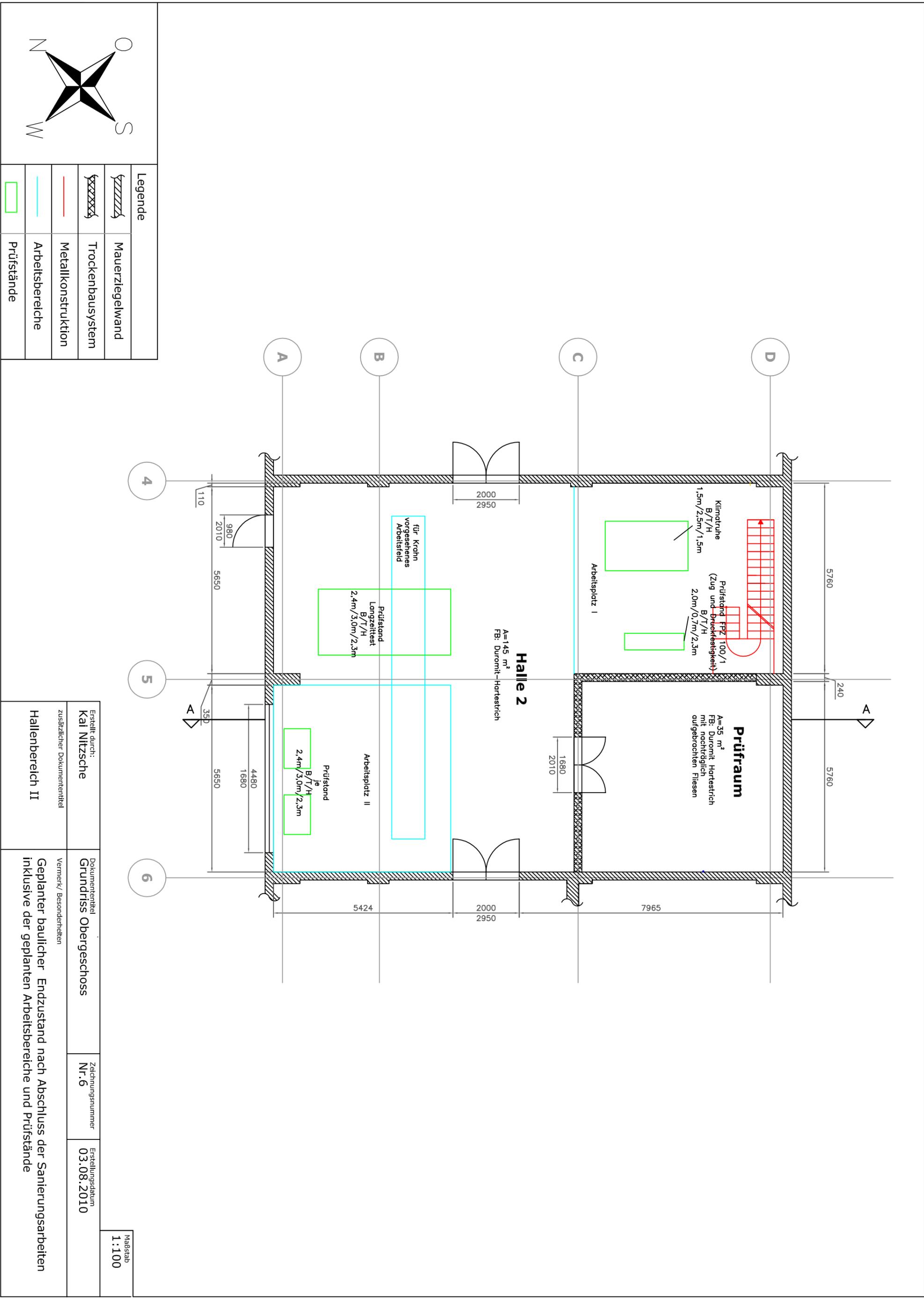
Erstellt durch: Kai Nitzsche		Dokumententitel Grundriss Obergeschoss		Maßstab 1:100	
zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich II -Bereich oberhalb der Galerie-		Vermerk/ Besonderheiten		Zeichnungsnummer Nr.4	
		Zustand vor Beginn der Sanierungsarbeiten		Erstellungsdatum 03.08.2010	



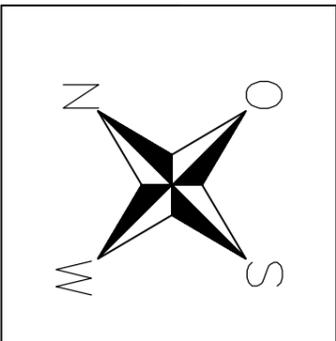
Legende	
	Mauerziegel
	Trockenbau-system
	Metall-konstruktion

Maßstab
1:100

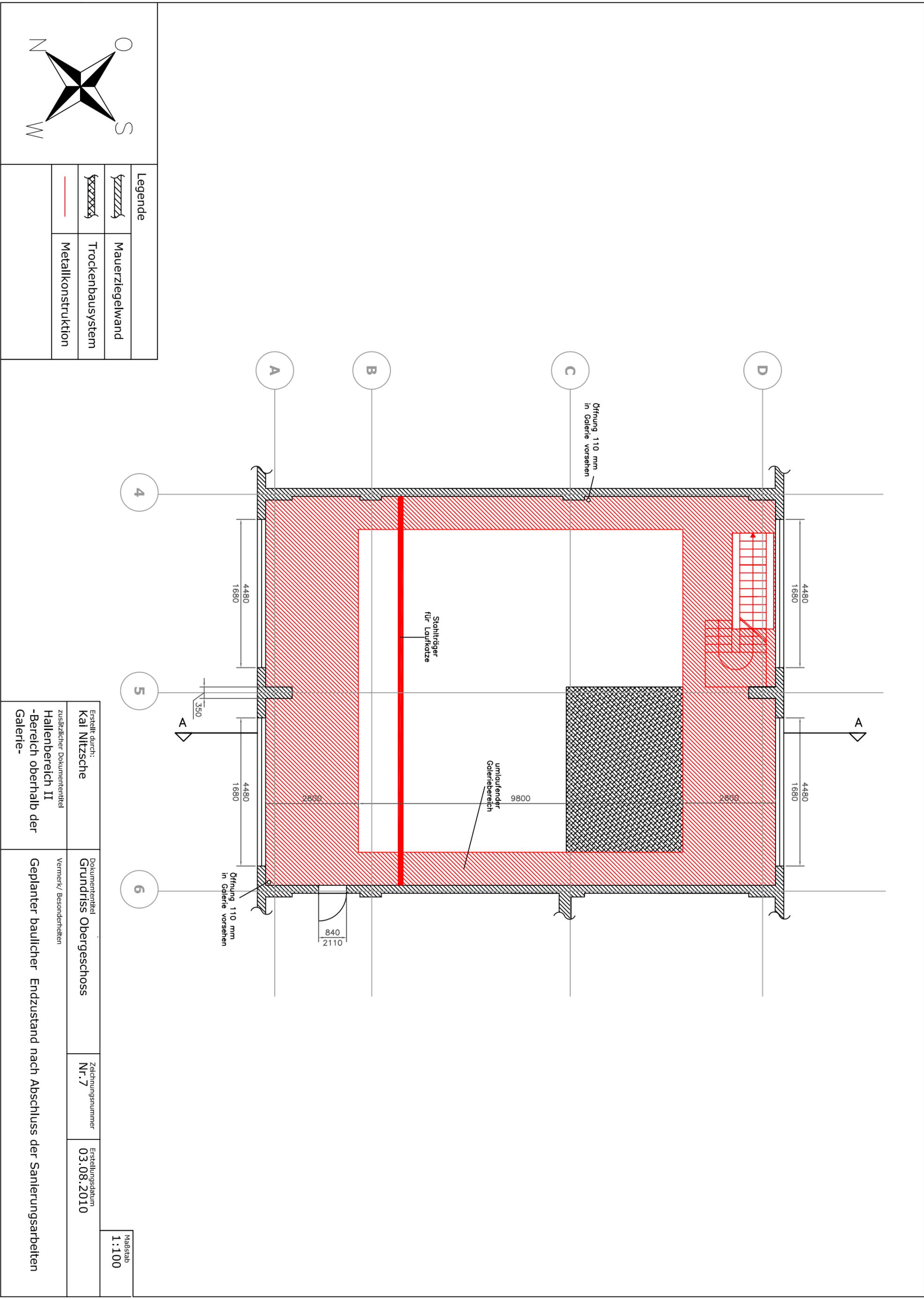
Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Schnittdarstellung	Zeichnungsnummer Nr. 5	Erstellungsdatum 03.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel Schnitt A-A	Vermerk/ Besonderheiten Zustand vor Beginn der Sanierungsarbeiten		



Legende	
	Mauerziegelwand
	Trockenbausystem
	Metallkonstruktion
	Arbeitsbereiche
	Prüfstände

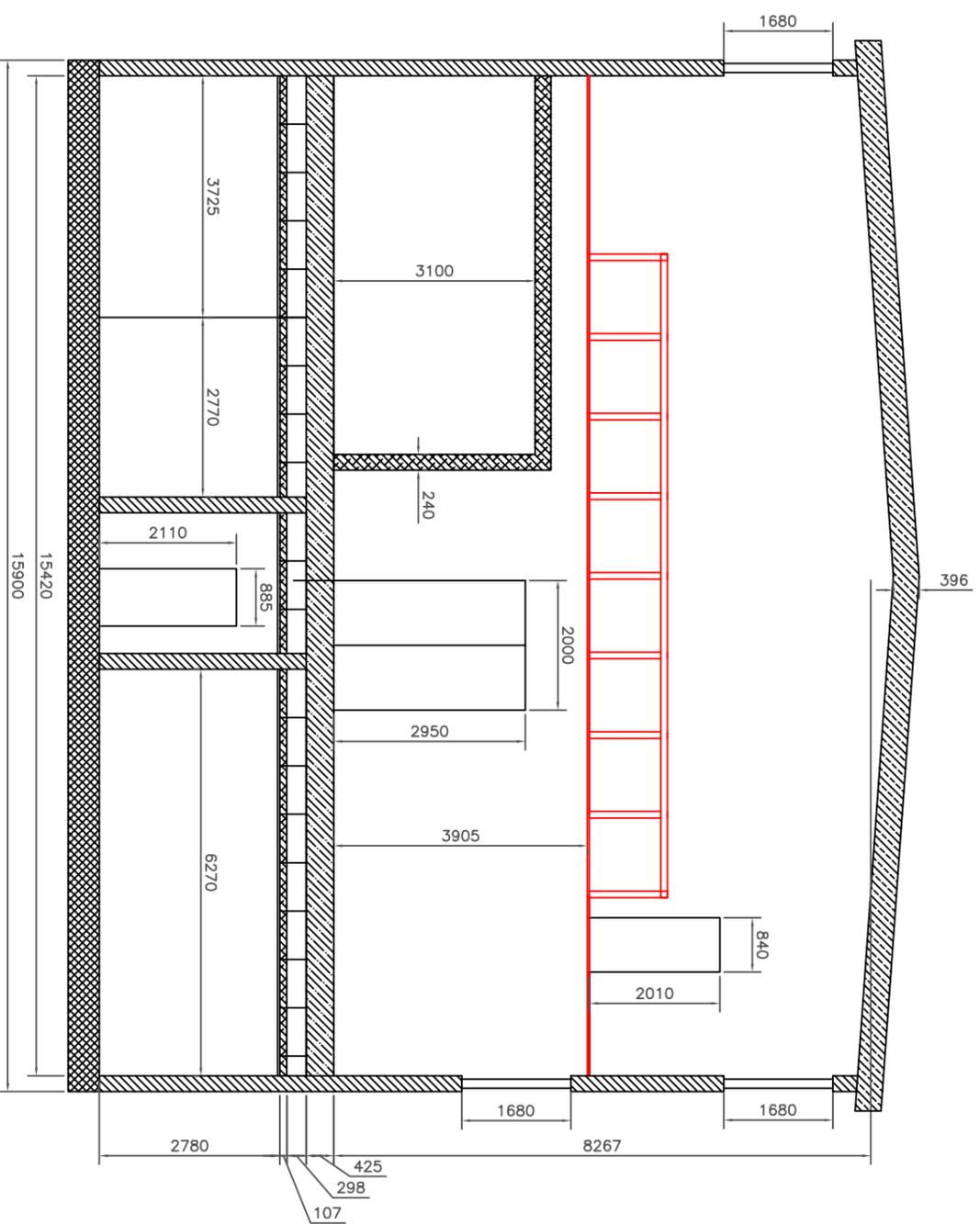


Erstellt durch: Kai Nitzsche		Dokumententitel Grundriss Obergeschoss		Zeichnungsnummer Nr.6		Erstellungsdatum 03.08.2010		Maßstab 1:100
zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich II		Vermerk/ Besonderheiten Geplanter baulicher Endzustand nach Abschluss der Sanierungsarbeiten inklusive der geplanten Arbeitsbereiche und Prüfstände						

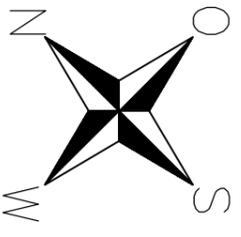


Legende	
	Mauerziegelwand
	Trockenbausystem
	Metallkonstruktion

Erstellt durch: Kai Nitzsche		Dokumententitel Grundriss Obergeschoss		Maßstab 1:100	
zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich II -Bereich oberhalb der Galerie-		Vermerk/ Besonderheiten		Geplanter baulicher Endzustand nach Abschluss der Sanierungsarbeiten	
		Zeichnungsnummer Nr. 7		Erstellungsdatum 03.08.2010	

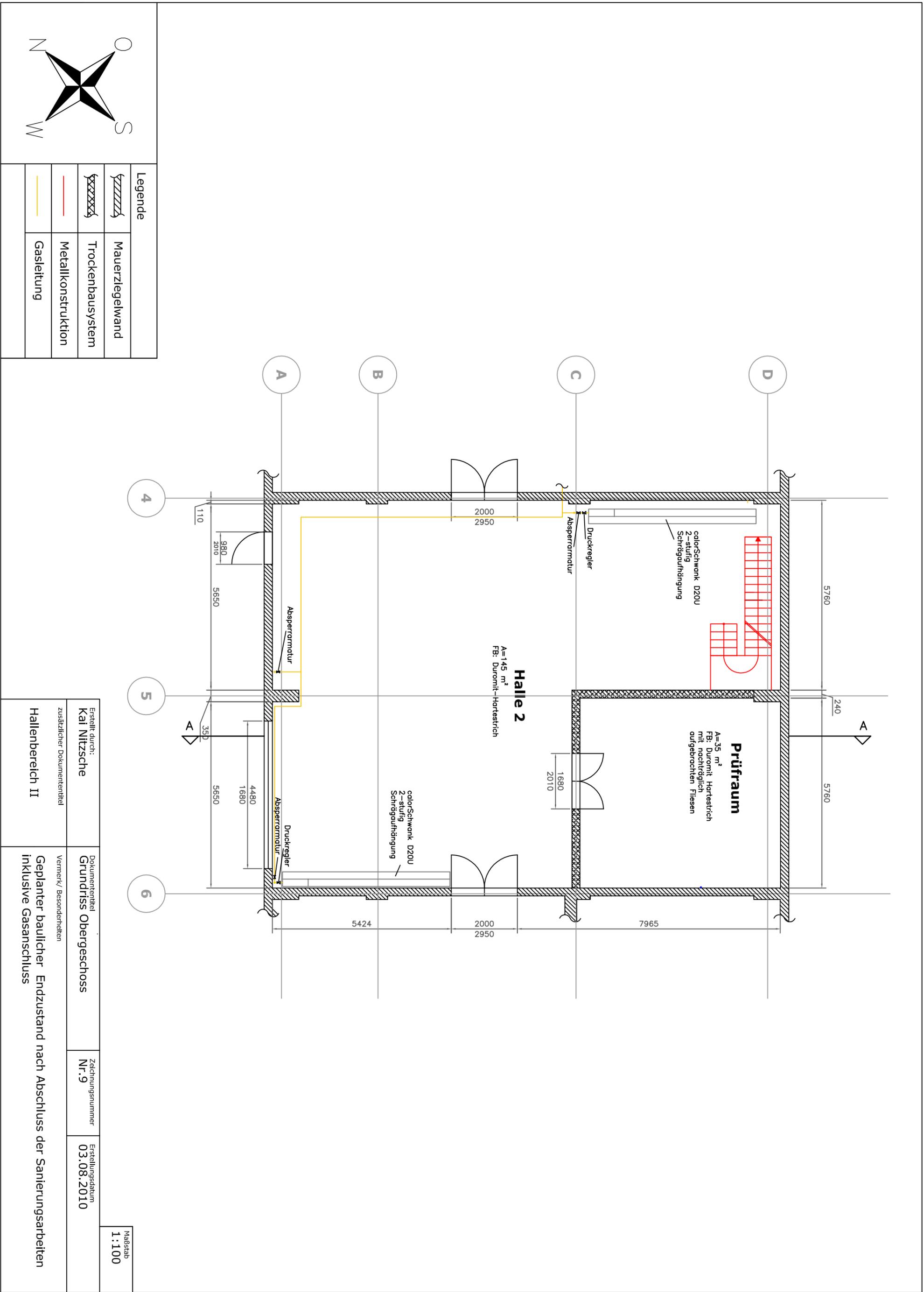


Legende	
	Mauerziegel
	Trockenbau-system
	Metall-konstruktion



Maßstab
1:100

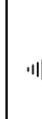
Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Schnittdarstellung	Zeichnungsnummer Nr. 8	Erstellungsdatum 03.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel Schnitt A-A	Vermerk/ Besonderheiten Zustand nach Beendigung aller geplanten Sanierungsarbeiten		

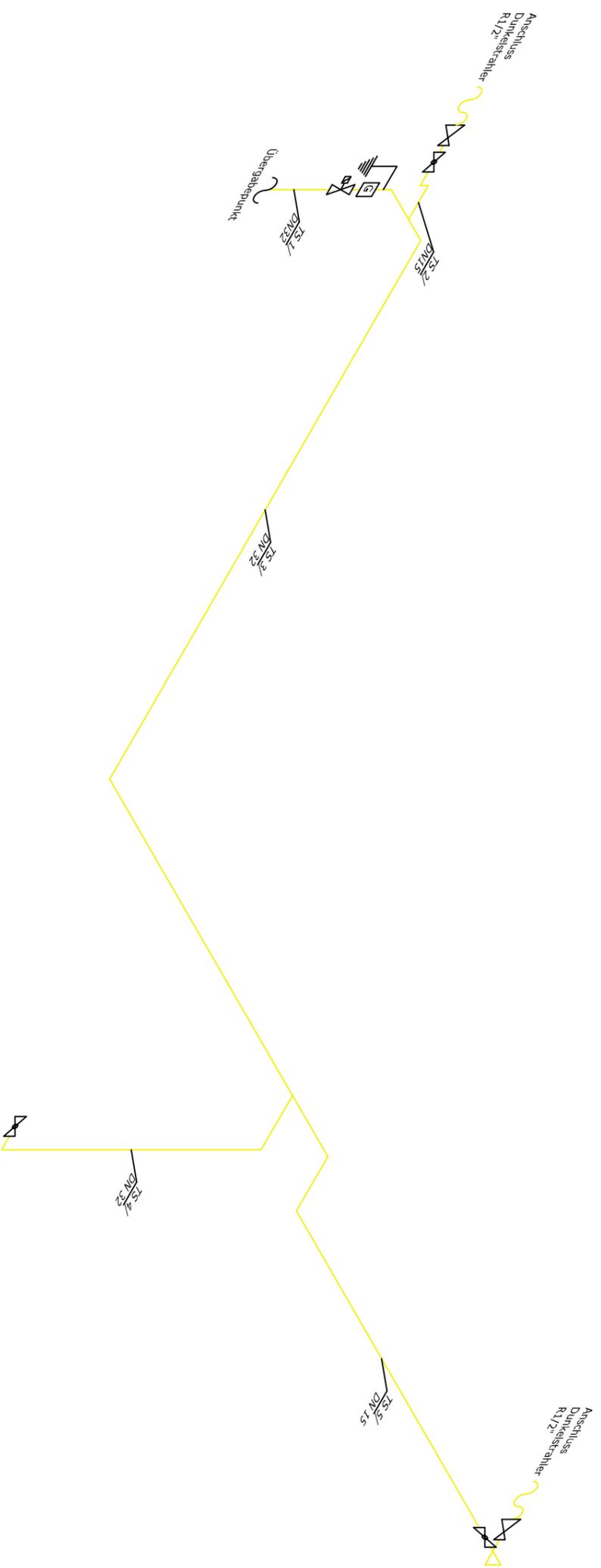


Legende	
	Mauerziegelwand
	Trockenbausystem
	Metallkonstruktion
	Gasleitung

Erstellt durch: Kai Nitzsche		Dokumententitel Grundriss Obergeschoss		Zeichnungsnummer Nr.9		Erstellungsdatum 03.08.2010	
zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich II		Vermerk/ Besonderheiten		Geplanter baulicher Endzustand nach Abschluss der Sanierungsarbeiten inklusive Gasanschluss			

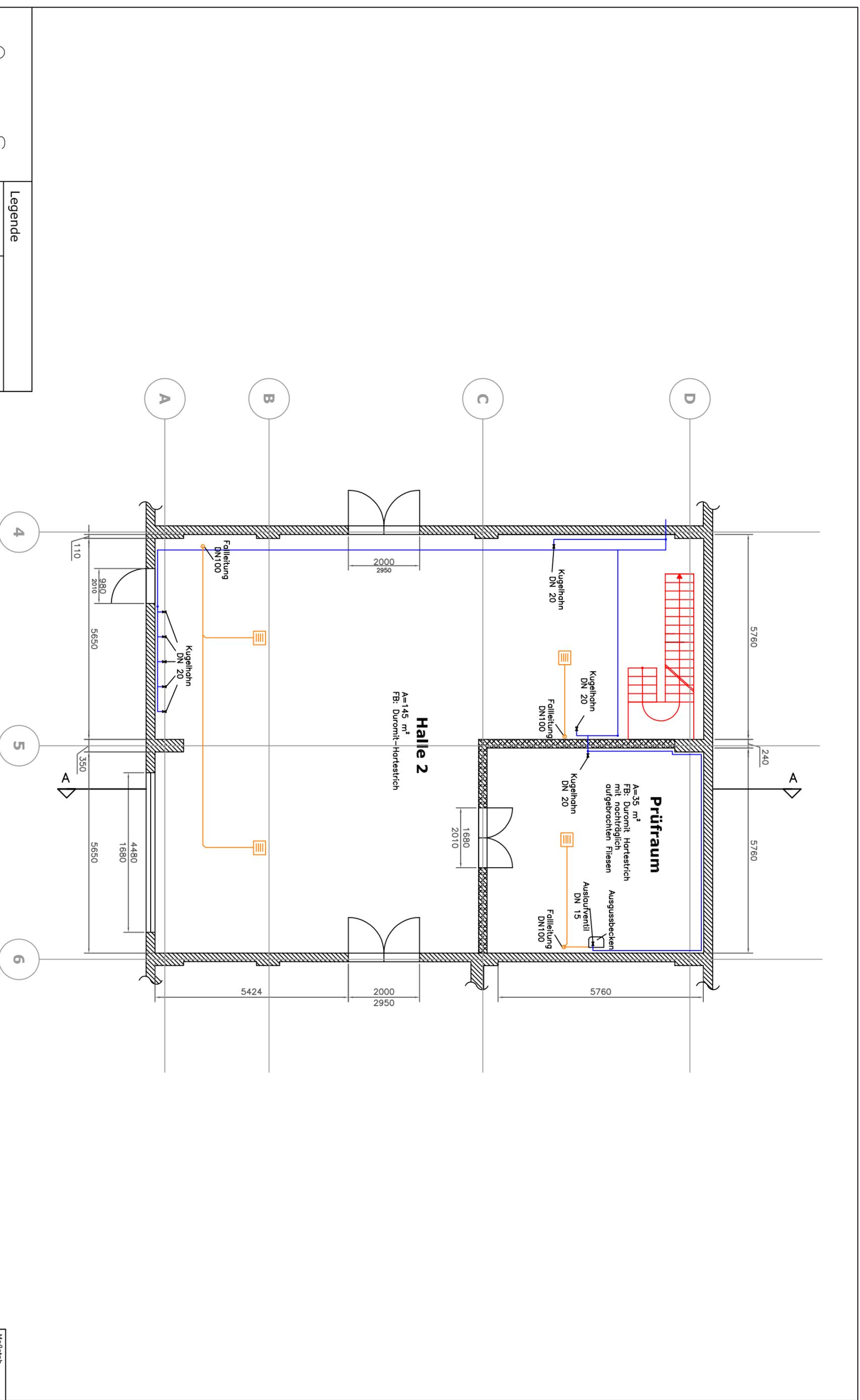
Maßstab
1:100

Legende	
	Gasleitung
	flexibler Anschluss
	Systemgrenze
	Absperrhahn
	Gasdruckregler
	Gasdruckregler
	Gasdruckregler
	Potentialausgleich



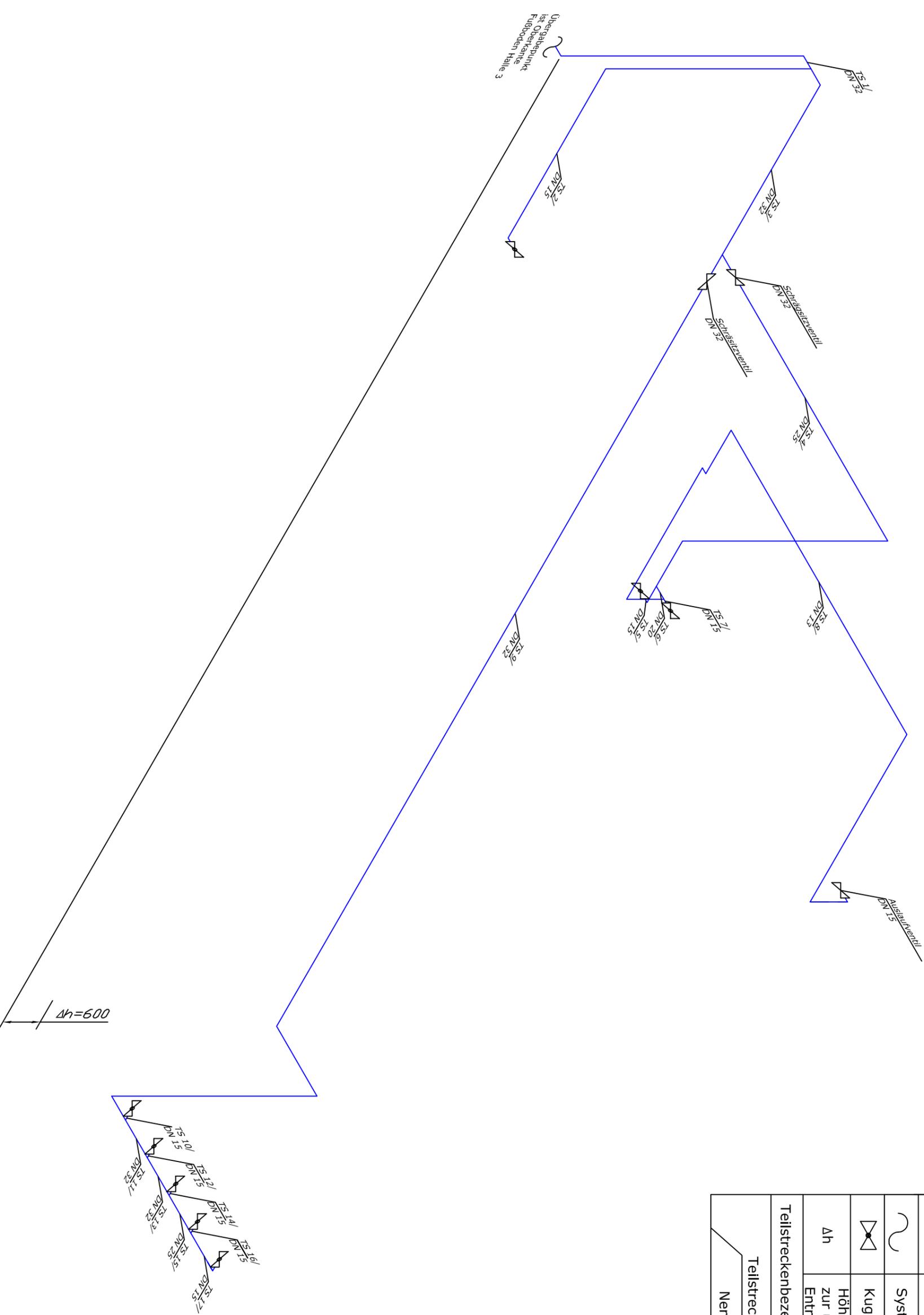
Maßstab

Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Schema Gasanschlussstrecke	Zeichnungsnummer Nr. 10	Erstellungsdatum 10.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel	Vermerk/ Besonderheiten Leitungsverlauf beginnend an Übergabepunkt		

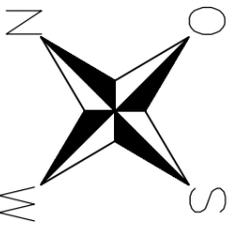
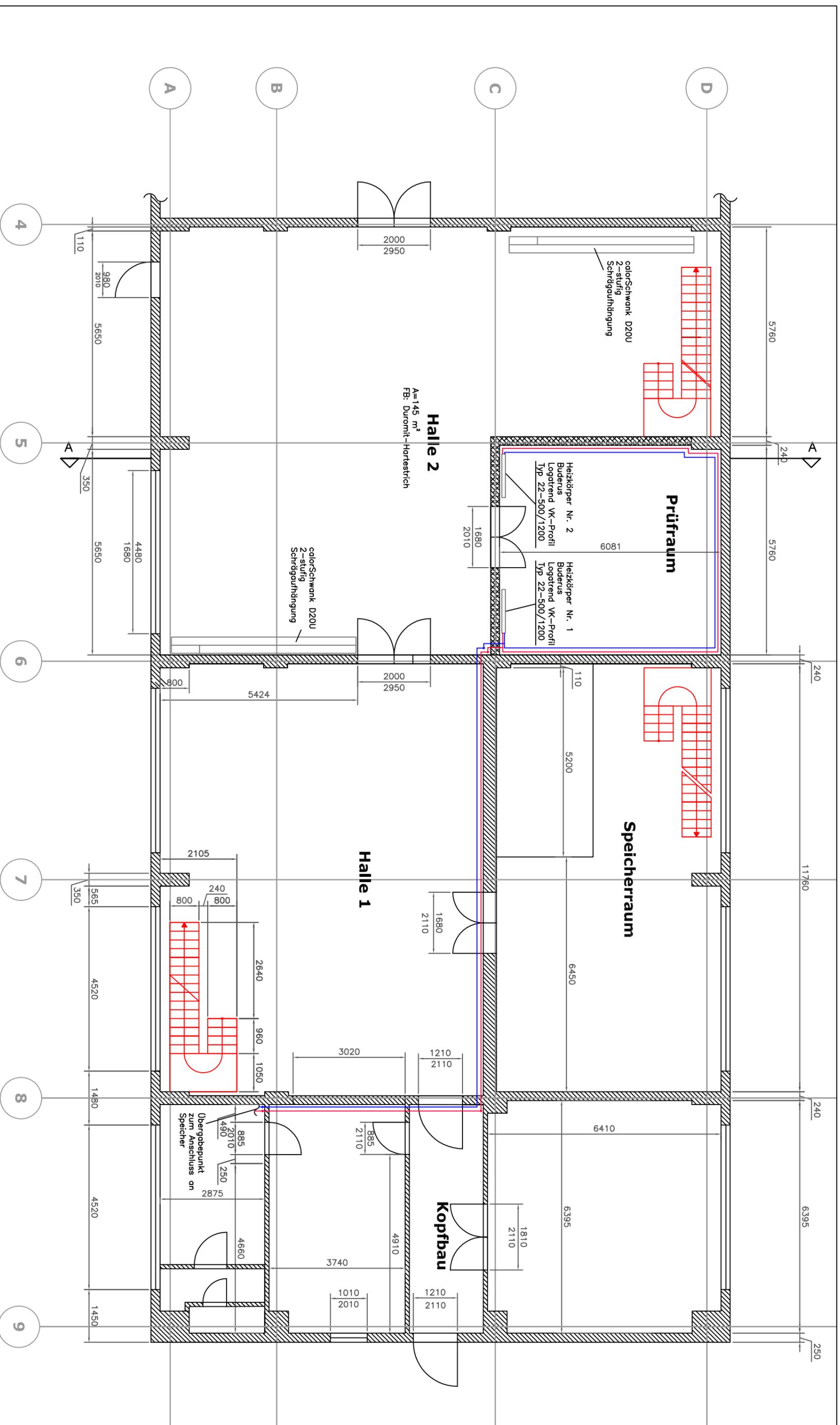


<p>Legende</p> <p> Mauerziegelwand Trockenbausystem Metallkonstruktion Trinkwasserleitung Schmutzwasserleitung </p>		<p> Bodenablauf DN 100 </p>	
<p>Erstellt durch: Kai Nitzsche</p> <p>zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich II</p>		<p>Dokumententitel Grundriss Obergeschoss</p> <p>Vermerk/ Besonderheiten</p>	
<p>Zeichnungsnummer Nr. 11</p> <p>Erstellungsdatum 03.08.2010</p>		<p>Maßstab 1:100</p> <p>Geplanter baulicher Endzustand nach Abschluss der Sanierungsarbeiten inklusive Trinkwasseranschluss und Entwässerung</p>	

Legende	
	Trinkwasserleitung
	Systemgrenze
	Kugelhahn
Δh	Höhenunterschied zur ungünstigsten Entnahmestelle
Teilstreckenbezeichnung	
Teilstreckennummer/ Nennweite	



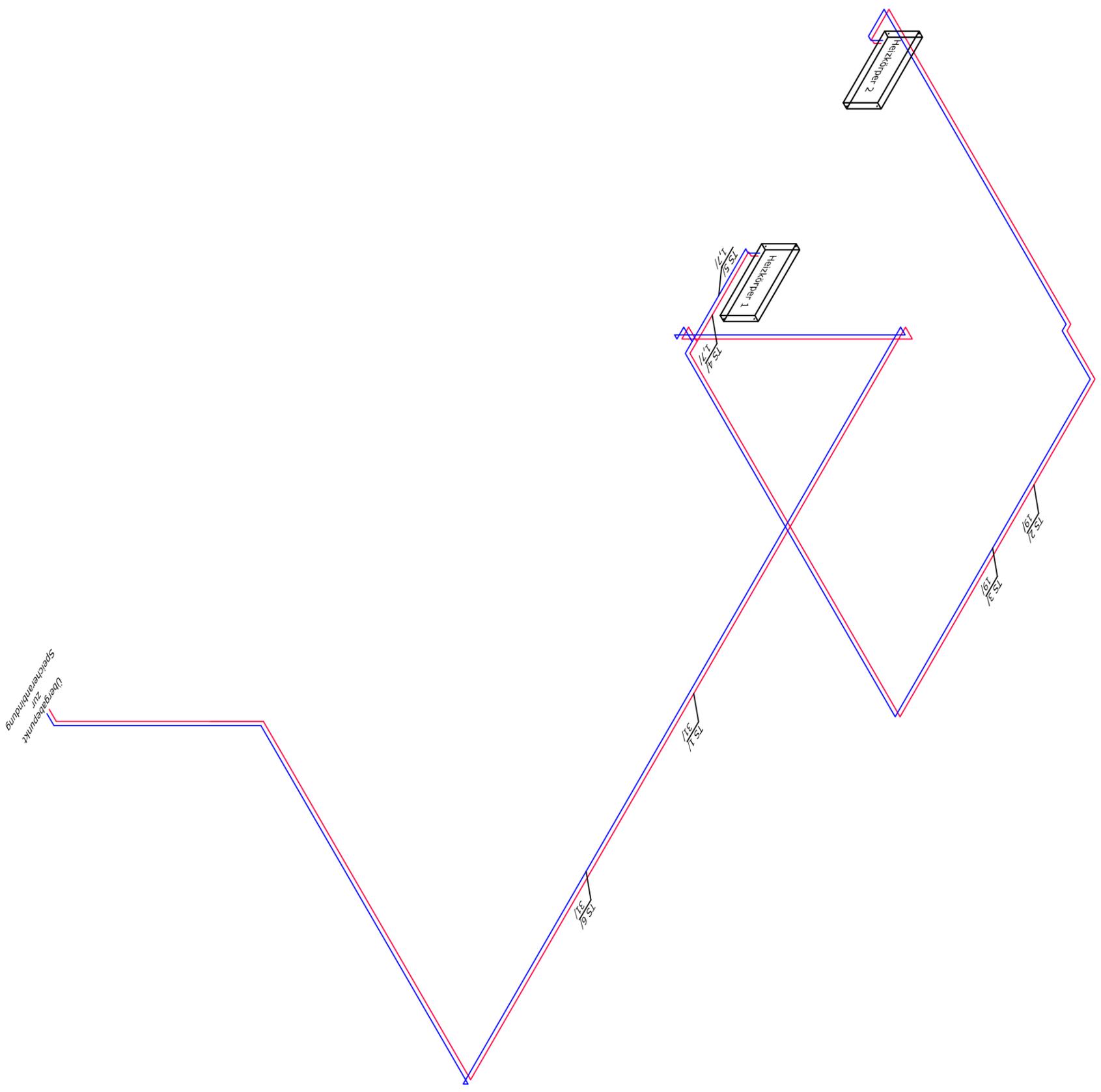
Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel: Schema Trinkwasserversorgung	Zeichnungsnummer: Nr. 12	Erstellungsdatum: 10.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel	Vermerk/ Besonderheiten: Leitungsverlauf beginnend an Übergabepunkt (alle Maße in mm)	Maßstab	



Legende	
	Mauerziegelwand
	Trockenbausystem
	Heizflächen
	Metallkonstruktion
	Heizung-Vorlauf
	Heizung-Rücklauf

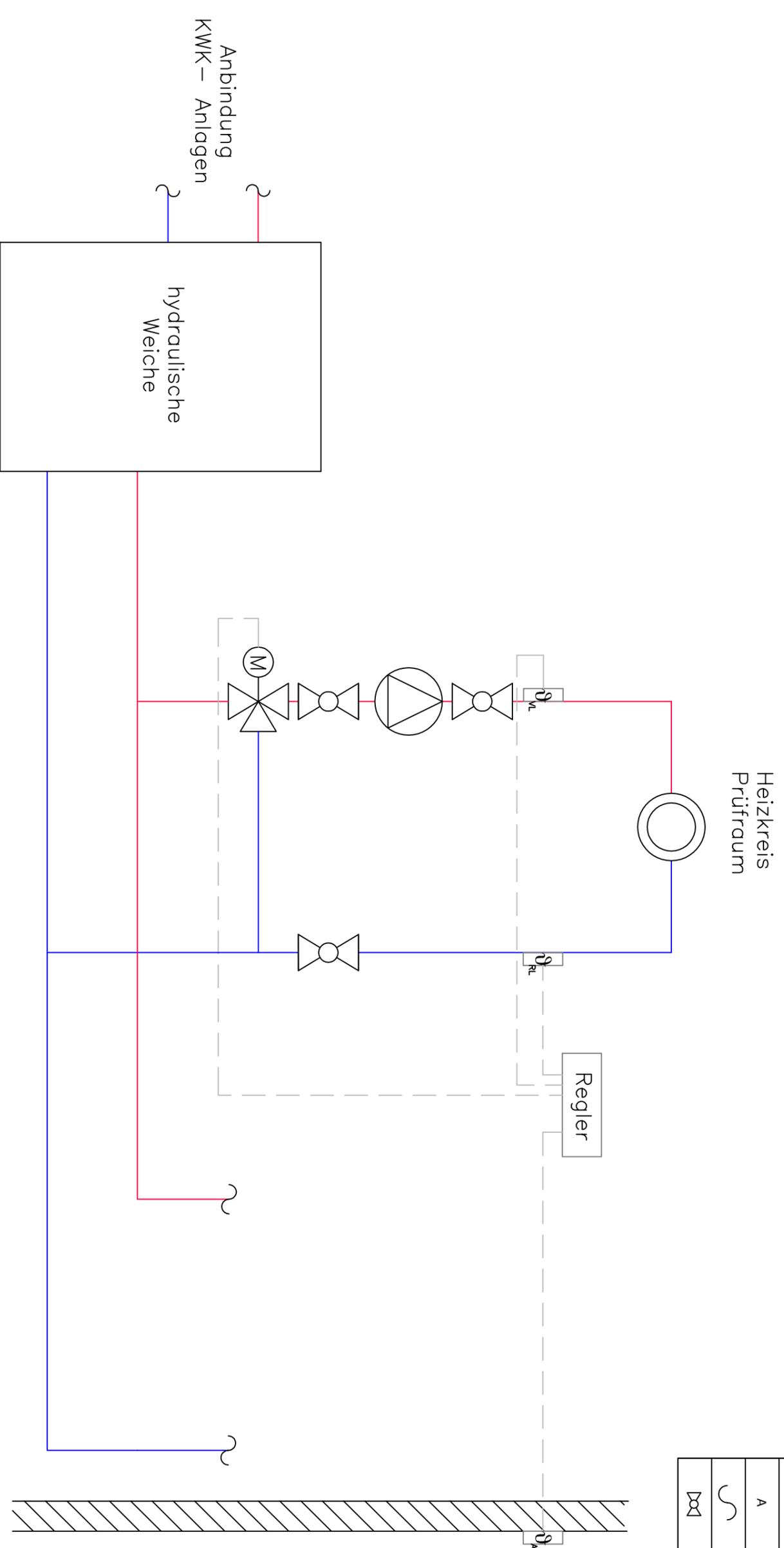
Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Grundriss Obergeschoss	Zeichnungsnummer Nr. 13	Erstellungsdatum 03.08.2010	Maßstab 1:100
zusätzlicher Dokumententitel Hallenbereich I, II & Kopfbau	Vermerk/ Besonderheiten	Geplanter baulicher Endzustand nach Abschluss der Sanierungsarbeiten Inklusive geplanter Behetzung des Hallenbereiches 2		

Legende	
	Vorlauf
	Rücklauf
Heizkörper 1/2	Buderus Logatrend VK-Profil Typ 22-500/1200
Teilstreckenbezeichnung	
Teilstreckennummer/ Teilstreckenlänge/ [m]	



Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel: Strangschema Heizung	Zeichnungsnummer: Nr. 14	Erstellungsdatum: 03.08.2010
Zusätzlicher Dokumententitel: Strang Prüfraum	Vermerk/ Besonderheiten: Leitungsverlauf nur bis zu definiertem Übergabepunkt		
Maßstab			

Legende	
	Umwälzpumpe
	Mischer
	Heizfläche
	Heizkreis Vorlauf
	Heizkreis Rücklauf
	Steuerleitung
	Temperaturfühler
VL	Vorlauf
RL	Rücklauf
A	Außen
	Systemgrenze
	Kugelhahn



Erstellt durch: Kai Nitzsche	Dokumententitel Heizkreisregelung	Zeichnungsnummer Nr. 15	Erstellungsdatum 03.08.2010
zusätzlicher Dokumententitel Schematische Anbindung des Prüfraumes	Vermerk/ Besonderheiten	Außentemperaturregelung	

Maßstab