

Projekt InnoLern KI

Leistungsbeschreibung

Didaktische Schulungswand zur gewerkübergreifenden
handwerklichen Ausbildung

Elektrotechnik – Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik
mit KI-gestütztem adaptivem Lernsystem

Mai 2026

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen zur Angebotsabgabe und Leistungserbringung	3
1 Allgemeine Projektbeschreibung	4
2 Didaktisches Konzept	5
2.1 Lernszenarien:	6
2.2 Fehlersimulation	6
2.3 Simulierbare Fehlerbilder	7
2.4 KI-Integration	7
3 Technische Spezifikation	8
3.1 Konstruktiver Aufbau der Schulungswand	8
3.2 Räumliche Gliederung des Schnittmodells	8
3.3 Technische Gewerke und Anlagenteile	10
3.3.1 Heizungstechnik	10
3.3.2 Photovoltaik	11
3.3.3 Sanitärtechnik	11
3.3.4 Lüftungstechnik	12
3.3.5 Beleuchtung und Beschattung	12
3.3.6 Sicherheitstechnik	13
3.3.7 Weitere technische Komponenten	13
3.4 Digitale Gebäudesteuerung und Vernetzung	13
3.4.1 Gesamtaufstellung digitaler Komponenten der Gebäudeautomation	15
3.4.2 Grundkonfiguration und Inbetriebnahme der Gebäudesteuerung	17
3.5 Medienanschlüsse am Aufstellort	19
3.6 Abmessung	19
3.7 Dokumentation/Wartung	19
3.9 Abnahme	19
3.10 Support-, Wartungs- und Updateleistungen	19
3.11 Visualisierung der Schulungswand	20

[Toc226703631](#)

Vorbemerkungen zur Angebotsabgabe und Leistungserbringung

Die ausgeschriebene Leistung umfasst die Lieferung, Montage, Inbetriebnahme und betriebsfertige Übergabe einer technisch und didaktisch komplexen Schulungswand zur gewerkeübergreifenden Aus- und Weiterbildung in den Bereichen Elektrotechnik sowie Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik.

Aufgrund des Umfangs der Vernetzung, der Vielzahl der eingebundenen technischen Komponenten sowie der besonderen Anforderungen an Funktion, Zugänglichkeit, Fehlersimulation und didaktische Nutzbarkeit ist eine **Vor-Ort-Besichtigung** vor Angebotsabgabe zwingend erforderlich.

Die Vor-Ort-Besichtigung dient der eigenverantwortlichen Prüfung aller für die Angebotsbearbeitung und Leistungserbringung maßgeblichen Gegebenheiten. Hierzu zählen insbesondere die örtlichen, baulichen und räumlichen Verhältnisse, die Einbringungs- und Montagesituation, die Zugangssituation, die vorhandenen Medienanschlüsse sowie mögliche Schnittstellen zu bestehenden Einrichtungen und technischen Anlagen. Die Bieter haben diese Rahmenbedingungen bei der Kalkulation und Ausarbeitung ihres Angebots zu berücksichtigen.

Mit Angebotsabgabe bestätigt der Bieter, dass er sich durch die verpflichtende Vor-Ort-Besichtigung sowie anhand der Vergabeunterlagen mit dem Leistungsumfang und den örtlichen Verhältnissen ausreichend vertraut gemacht hat. Nachforderungen, Mehrkosten oder Terminverlängerungen, die auf unzureichender Kenntnis der örtlichen oder technischen Rahmenbedingungen beruhen, können hieraus nicht abgeleitet werden.

1 Allgemeine Projektbeschreibung

Gegenstand der Beschaffung ist die Lieferung, betriebsfertige Aufstellung, Inbetriebnahme und Übergabe einer didaktischen Schulungswand zur gewerkeübergreifenden Aus- und Weiterbildung in den Fachrichtungen Elektrotechnik sowie Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik.

Die Schulungswand ist als praxisorientiertes, funktionsfähiges und modular aufgebautes Lehrsystem auszuführen und dient der realitätsnahen Vermittlung moderner gebäudetechnischer Zusammenhänge. Inhaltlicher Schwerpunkt ist das Zusammenwirken vernetzter technischer Systeme innerhalb des Einfamilienhauses. Vermittelt werden sollen insbesondere Zusammenhänge aus den Bereichen Wärmepumpentechnik, Photovoltaik, Energiespeicherung, Lüftungstechnik, Heizungshydraulik, Beschattung, Beleuchtung sowie digitale Gebäudesteuerung.

Die Schulungswand ist so auszuführen, dass sie als zentrales Lernobjekt für handlungsorientierte Übungs-, Inbetriebnahme-, Wartungs- und Fehlerdiagnoseszenarien eingesetzt werden kann. Dabei muss sie den Anspruch erfüllen, reale technische Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Gewerken sichtbar und nachvollziehbar zu machen. Ziel ist es, Auszubildenden ein ganzheitliches Systemverständnis moderner Gebäudetechnik zu vermitteln und sie auf typische berufliche Anforderungen an gewerkeübergreifenden Schnittstellen vorzubereiten. Dies betrifft insbesondere die Zusammenarbeit bei Installation, Parametrierung, Funktionsprüfung, Optimierung, Wartung und systematischer Störungsbeseitigung vernetzter gebäudetechnischer Anlagen.

Die didaktische Schulungswand bildet hierzu den Schnitt eines Einfamilienhauses mit mehreren funktional zugeordneten Bereichen ab. Vorgesehen sind folgende Bereiche:

- Außenbereich
- Eingangsbereich
- Technikraum
- Badezimmer
- Küche
- Wohnzimmer

Die Anlage ist mit realitätsnah angeordneten und didaktisch sinnvoll ausgewählten Komponenten auszustatten. Wesentlich ist, dass die eingesetzten technischen Systeme nicht isoliert nebeneinander dargestellt werden, sondern in einem zusammenhängenden, kommunikationsfähigen Gesamtsystem miteinander vernetzt sind. Alle relevanten elektrischen, steuerungstechnischen und sensorgestützten Komponenten müssen so miteinander verbunden sein, dass realistische Betriebszustände, Funktionszusammenhänge und Wechselwirkungen dargestellt und nachvollzogen werden können.

Die Schulungswand muss ferner die Einbindung KI-gestützter Lernunterstützung ermöglichen. Hierzu sind geeignete technische Schnittstellen zur Bereitstellung von Betriebs-, Mess- und Sensordaten vorzusehen. Die konkreten Schnittstellenanforderungen werden in Abschnitt 3 „Technische Spezifikation“ beschrieben. Die Anlage soll damit nicht nur die praktische Bearbeitung von Aufgabenstellungen am Objekt ermöglichen, sondern auch die Grundlage für dokumentations-, analyse- und lernprozessbezogene Erweiterungen schaffen.

Unabhängig von einer späteren digitalen Lernanbindung ist die Schulungswand als eigenständig nutzbares, robustes und für den Schulungsbetrieb geeignetes Gesamtsystem zu liefern.

Die ausgeschriebene Leistung umfasst die Herstellung bzw. Bereitstellung aller Komponenten gemäß technischer Spezifikation, die Lieferung der Schulungswand an den Aufstellort, die vollständige Montage, die technische Inbetriebnahme, die Funktionsprüfung des Gesamtsystems sowie die Übergabe an den Auftraggeber in betriebsbereitem Zustand.

2 Didaktisches Konzept

Das didaktische Konzept der Schulungswand basiert auf einem handlungsorientierten und gewerkeübergreifenden Lernansatz. Ziel ist es, technische Zusammenhänge nicht isoliert nach Einzelgewerken, sondern in ihrem funktionalen Gesamtkontext zu vermitteln. Moderne Gebäudetechnik ist durch ein enges Zusammenspiel von Wärmeerzeugung, Hydraulik, Lüftung, Energieflüssen, Speicherung, Ladeinfrastruktur, Gebäudeautomation sowie Sensor- und Aktortechnik geprägt. Die Schulungswand soll dieses Zusammenspiel in einer praxisnahen Lernumgebung abbilden und den Auszubildenden ermöglichen, technische Grundlagen als vernetztes Gesamtsystem zu verstehen.

Die Lernenden sollen typische berufliche Aufgabenstellungen von der Analyse eines Kundenauftrags über die Planung und Durchführung bis hin zur Prüfung, Bewertung und Dokumentation eigenständig oder im Team bearbeiten. Die Schulungswand ist deshalb so auszulegen, dass sowohl Inbetriebnahme- und Parametrierungsaufgaben als auch Wartungs-, Optimierungs- und Fehlerdiagnoseaufgaben durchgeführt werden können. Ergänzend ist ein gestufter Aufbau der Aufgabenstellungen vorzusehen, damit unterschiedliche Anforderungsniveaus abgebildet werden können, von grundlegenden Funktions- und Zuordnungsaufgaben bis hin zu komplexeren Störungs- und Diagnosefällen mit mehreren Einflussgrößen.

Die Integration der Lernszenarien erfolgt insbesondere entlang von drei inhaltlichen Schwerpunkten. Das erste Lernszenario verbindet Wärmepumpe, Photovoltaikanlage, Energiespeicher und Wallbox und vermittelt das Zusammenspiel von Wärmeerzeugung, Energieverteilung und Ladeinfrastruktur. Das zweite Lernszenario fokussiert die kontrollierte Wohnraumlüftung in Verbindung mit Gebäudesteuerung, Sensorik und Automatisierungsfunktionen. Das dritte Lernszenario verknüpft den hydraulischen Abgleich einer Heizungsanlage mit der Smart-Home-basierten Raumregelung und verdeutlicht die Wechselwirkungen zwischen hydraulischer Funktion und elektronischer Regelung. Die Schulungswand muss so beschaffen sein, dass diese Lernszenarien praxisnah umgesetzt, erweitert und in unterschiedliche Aufgabenstellungen überführt werden können.

Weiter ist eine Anbindung an KI-gestützte Lernsysteme vorgesehen. Diese dient dabei der Unterstützung individueller Lernprozesse, der Dokumentation von Lernständen sowie der Bereitstellung zusätzlicher Hilfen, beispielsweise durch sprachliche Unterstützung, vereinfachte Erklärungen oder weiterführende Hinweise. Für die ausgeschriebene Schulungswand bedeutet dies insbesondere, dass sie technisch und strukturell so vorbereitet sein muss, dass praktische Lernhandlungen an der Anlage mit digital auswertbaren Zuständen und Signalen verknüpft werden können.

2.1 Lernszenarien:

Lernszenario 1:

Die Auszubildenden der Berufe Anlagenmechaniker SHK und Elektrotechniker setzen gemeinsam einen Kundenauftrag um, bei dem eine Wärmepumpe zusammen mit einer Photovoltaikanlage und einer Wallbox zur Aufladung von Elektrofahrzeugen installiert, in Betrieb genommen und gewartet wird. Durch die enge Zusammenarbeit gewinnen die Lernenden Einblicke in die Schnittstellen beider Gewerke und werden gezielt auf die Herausforderungen moderner, nachhaltiger Energiesysteme vorbereitet.

Lernszenario 2:

Anlagenmechaniker SHK und Elektrotechniker bearbeiten gemeinsam einen Kundenauftrag, bei dem eine Lüftungsanlage installiert, in Betrieb genommen und gewartet wird. Der Elektrotechniker übernimmt die zugehörige Gebäudetechnik. Die Kooperation zeigt anschaulich, wie moderne gebäudetechnische Systeme funktionieren und zusammenspielen.

Lernszenario 3:

Die Auszubildenden der Fachrichtungen Anlagenmechaniker SHK und Elektrotechnik arbeiten gemeinsam an einem Auftrag zum hydraulischen Abgleich einer Heizungsanlage und zur Raumsteuerung mittels Smart Home-Technologien. Durch die Zusammenarbeit erkennen die Lernenden praxisnah die Bedeutung der Schnittstellen moderner Gebäudetechnik.

2.2 Fehlersimulation

Die didaktische Schulungswand muss über ein Fehlersimulationskonzept verfügen, mit dem realistische Störungsbilder erzeugt werden können, ohne die Anlage oder einzelne Komponenten zu beschädigen. Ziel ist es, typische Fehlerzustände praxisnah darzustellen und eine systematische Fehlersuche unter realitätsnahen Bedingungen zu ermöglichen.

Die Fehlersimulation ist in folgender Form vorzusehen:

Softwareseitige Fehlersimulation

Für die Gebäudesteuerung müssen austauschbare bzw. gezielt veränderbare Konfigurationsstände vorgesehen werden, mit denen typische Fehlerbilder erzeugt werden können. Hierzu zählen insbesondere fehlerhafte Zuordnungen von Sensoren und Aktoren, unplausible Parameterwerte oder fehlerhafte Automatisierungslogiken. Die Fehlerkonfigurationen müssen durch das Ausbildungspersonal gezielt aktiviert und wieder zurückgesetzt werden können, während die Auszubildenden lediglich das jeweilige Kundenszenario bzw. die Aufgabenstellung erhalten.

Hardwareseitige Fehlersimulation

Zusätzlich müssen Möglichkeiten zur gezielten Simulation von Hardwarefehlern vorgesehen werden. Hierzu werden verdeckt angeordnete Schalter, Trennelemente oder vergleichbare technische Lösungen eingesetzt, mit denen ausgewählte elektrische Leitungen oder Signale gezielt unterbrochen bzw. beeinflusst werden. Dies betrifft insbesondere Versorgungsspannungen, Bus-Leitungen, Sensor- und Fühleranschlüsse. Die erzeugten Fehlerbilder müssen zu realistischen Symptomen führen, beispielsweise zu Fehlermeldungen, Kommunikationsausfällen, unplausiblen Messwerten oder Funktionsstörungen einzelner Komponenten.

Die Fehlersimulation muss so ausgeführt sein, dass Fehlerzustände schnell, sicher, reproduzierbar und ohne Beschädigungsrisiko eingerichtet sowie wieder aufgehoben werden können. Die Schulungswand muss dadurch Übungen ermöglichen, in denen Auszubildende

den vollständigen Diagnoseprozess durchlaufen, insbesondere Symptomaufnahme, Hypothesenbildung, messtechnische Eingrenzung, Fehlerbehebung und Dokumentation.

2.3 Simulierbare Fehlerbilder

Die Schulungswand ist so auszuführen, dass mit ihr mindestens folgende Übungsthemen in den Bereichen Inbetriebnahme, Wartung und Fehlerdiagnose abgedeckt werden können

Bereich	Inbetriebnahme	Wartung	Fehlerdiagnose
Wärmepumpe / Heizkreise	Parametrierung, Heizkreise einstellen, Sollwerte setzen	Betriebsdaten auslesen, Temperaturen und Drücke bewerten	Fühlerbruch, Druckstörungen, Fehlercodes interpretieren
PV / Speicher	Wechselrichter konfigurieren, Speicher einbinden	Ertragsdaten prüfen, Steckverbindungen kontrollieren	Defekte Stecker, Kurzschluss, Batteriefehler
Wallbox	Ladeleistung einstellen, Ladevorgang testen	CP-Signal prüfen, Ladekabel kontrollieren	CP-Leiter-Unterbrechung, PE-Überwachung
Lüftung (KWL)	Anlage einregulieren, Volumenströme einstellen	Filter prüfen/tauschen, Luftgeschwindigkeit messen	Verstopfter Filter, fehlerhafte Sensorautomatik
Gebäudesteuerung / Automation	Aktoren/Sensoren zuordnen, Automaten einrichten	Gerätestatus kontrollieren, Sensorwerte prüfen	Falsche Zuordnungen, Bus-Unterbrechung, Schwellwertfehler
Jalousie / Markise / Fenster	Endlagen einlernen, Wind-/Sonnenautomatik einrichten	Laufzeiten und Positionen prüfen	Fehlerhafter Aktor, falsche Verknüpfung in Config
Sicherheitstechnik	Sensoren/Melder einrichten, Alarmlogik konfigurieren	Funktionstest, Batteriestatus, Gerätestatus	Auslöseprobleme, falsche Verknüpfung, Kommunikationsfehler
Hydraulik / Heizkreis	Hydraulischen Abgleich durchführen, Stellantriebe zuordnen	Durchflussmengen kontrollieren, Temperaturen vergleichen	Defekte Stellantriebe, fehlerhafte Ventileinstellung

2.4 KI-Integration

Im Rahmen des Gesamtprojekts wird durch das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) als eigenständiger Projektpartner ein adaptives Lernsystem entwickelt, das über die bestehende Moodle-Plattform der Handwerkskammer bereitgestellt werden soll. Die didaktische Schulungswand ist daher so auszuführen, dass eine spätere Anbindung an dieses Lernsystem grundsätzlich möglich ist.

Ziel der vorgesehenen KI-Integration ist es, praktische Lernprozesse an der Schulungswand digital zu unterstützen, auszuwerten und durch adaptive Funktionen zu ergänzen. Die Schulungswand muss hierzu die technischen Voraussetzungen schaffen, um betriebs-, zustands- und sensorgestützte Informationen für weiterführende digitale Lern- und Analyseprozesse bereitzustellen.

Die Datenbereitstellung erfolgt über die Loxone-Steuerungsplattform als zentrale Gebäude- und Automatisierungssteuerung.

Die Loxone-Schnittstelle stellt sämtliche für den Betrieb, die Sensorik und die Anlagenzustände relevanten Daten für externe Anwendungen und KI-Systeme bereit. Der Auftragnehmer hat die technische Voraussetzung zur standardisierten Datenbereitstellung sicherzustellen und die grundsätzliche Anbindbarkeit an externe KI-Systeme sowie DFKI-Anwendungen zu gewährleisten.

3 Technische Spezifikation

3.1 Konstruktiver Aufbau der Schulungswand

Die didaktische Schulungswand ist als räumliches Schnittmodell eines Einfamilienhauses auszuführen. Ziel ist die realitätsnahe Darstellung der gebäudetechnischen Zusammenhänge in einem praxisnahen und dauerhaft für den Schulungsbetrieb geeigneten Aufbau.

Das Tragwerk der Schulungswand ist aus Aluminium-Strangpressprofilen herzustellen. Die Wand- und Deckenflächen der dargestellten Räume sind mit geeigneten, farbig bedruckten Plattenwerkstoffen zu verkleiden. Die Oberflächen sind so auszuführen, dass eine realitätsnahe Raumwirkung entsteht und die unterschiedlichen Nutzungsbereiche des Gebäudes didaktisch nachvollziehbar dargestellt werden.

Die Böden in der oberen Etage sind angeschrägt auszuführen, um einen verbesserten Einblick in die dargestellten Räume und technischen Komponenten zu ermöglichen. Für den sicheren Zugang zu den relevanten Komponenten in der oberen Ebene ist eine geeignete Einhängeleiter vorzusehen.

Zur Sicherstellung der Revisions-, Wartungs- und Instandhaltungsfähigkeit ist die Schulungswand mit einem Abstand von ca. 800 mm vor der Gebäudewand zu montieren. Der dadurch entstehende Revisionsgang ist seitlich geschlossen auszuführen und mit geeigneten Platten zu verkleiden. Der Zugang zum Revisionsbereich muss über eine dafür vorgesehene Tür ermöglicht werden. Die Schulungswand ist insgesamt so auszuführen, dass alle für den Schulungsbetrieb, die Wartung, die Fehlersimulation und die Instandhaltung relevanten Komponenten in angemessener Weise zugänglich sind. Die hierfür erforderliche Revisionsmöglichkeiten sind konstruktiv zu berücksichtigen.

Die gesamte Konstruktion muss standsicher, dauerhaft belastbar und für den intensiven Einsatz im Schulungsbetrieb geeignet sein.

Sicherheitseinrichtung

Auf der zur Eingangstür gerichteten Außenseite der Schulungswand ist ein Not-Aus-Schalter zu montieren, sodass er im Notfall ohne Betreten des Schulungsbereichs erreichbar ist. Die genaue Position ist der beigefügten Zeichnung zu entnehmen. Diese Anordnung erfolgt als bauliche Vorgabe der Sicherheitsfachkraft des Auftraggebers und ist verbindlich umzusetzen.

3.2 Räumliche Gliederung des Schnittmodells

Die Schulungswand muss folgende Bereiche eines Einfamilienhauses in funktional nachvollziehbarer Form darstellen:

- Außenbereich
- Eingangsbereich
- Technikraum
- Badezimmer
- Küche
- Wohnbereich

Die räumliche Gliederung ist so auszuführen, dass die technischen Komponenten den jeweiligen Nutzungsbereichen eindeutig zugeordnet werden können. Dabei ist insbesondere auf eine realitätsnahe Anordnung der Anlagen- und Bedienelemente zu achten, um ein praxisgerechtes Verständnis für Einbauorte, Systemgrenzen und Wechselwirkungen innerhalb des Gebäudes zu ermöglichen.

Raumanmutung und Möblierung

Die einzelnen Räume sind über die rein technische Ausstattung hinaus mit einer geeigneten, repräsentativen Grundmöblierung und Innenraumgestaltung zu versehen, die der jeweiligen Nutzung des Raumes entspricht. Hierdurch sollen die Auszubildenden in einer realitätsnahen Wohnsituation arbeiten und nicht in einer abstrakten Laborumgebung. Die Ausgestaltung umfasst Sanitärobjekte und Fliesendarstellung im Badezimmer, eine Küchenzeile mit typischen Einrichtungselementen in der Küche sowie eine wohnliche Möblierung im Wohnbereich. Wand-, Boden- und Deckenflächen sind so zu gestalten, dass sich die Räume in ihrer Anmutung deutlich voneinander unterscheiden.

Zugleich soll die dekorative Raumausstattung die Arbeit mit der Digitalen Schulungswand nicht negativ beeinträchtigen.

Nachfolgend wird die Mindestausstattung beschrieben:

- Außenbereich
 - Außenleuchte
 - LED-RGBW-Stripes
 - mit Gartenmotiven bedruckte Rückwand
 - Gartenliege
 - Pflanzen mit automatischer Bewässerung
 - Minikühlschrank
- Eingangsbereich
 - Außenwandleuchte
 - Eingangstür
 - Klingelknopf mit Namensschild
- Technikraum
 - Kellerleuchte
 - Steckdosenleiste 5-fach
- Badezimmer
 - Minibadewanne mit einer wandmontierten Mischarmatur
 - Waschtisch, inklusive Anschlussgarnitur und Waschtisch-Mischarmatur
 - Stand - WC mit Betätigungsplatte
 - Smarter Spiegel
 - dimmbare RGBW-LED-Profilleisten
 - Steckdose
 - Dekopflanzen
- Küche
 - Küchenzeilennachbildung mit funktionsfähig installiertem Spülbecken, inklusive Spültischarmatur
 - Kaffeemaschine
 - Steckdose für Kaffeemaschine
 - Dimmbare Deckenleuchte
 - Dekopflanzen
- Wohnbereich
 - Standleuchte
 - TV-Board inkl. Smart-TV
 - Mini-Sessel
 - Wanduhr
 - LED-RGB-Hintergrundbeleuchtung

- Deckenleuchte
- Steckdosen
- Dekopflanzen

Fenster und Eingangstür

In Küche und Bad sind Fenster vorzusehen. Im Eingangsbereich ist eine Eingangstür vorzusehen. Die zugehörige technische Ausstattung (elektrische Antriebe, Sensorik, Zutrittstechnik) ist in den jeweiligen Abschnitten 3.3.1, 3.3.4 und 3.3.6 spezifiziert.

3.3 Technische Gewerke und Anlagenteile

Die Schulungswand muss die nachfolgend beschriebenen technischen Gewerke und Anlagenbestandteile in funktionsfähiger und didaktisch sinnvoller Form enthalten. Die Auswahl, Anordnung und Vernetzung der Komponenten ist so vorzunehmen, dass die in Abschnitt 2.1 (Lernszenarien) und Abschnitt 2.2 (Fehlersimulation) beschriebenen didaktischen Anforderungen vollumfänglich abbildbar sind.

Die nachfolgend genannten Leitfabrikate dienen der eindeutigen Spezifikation der geforderten Funktionalität, Bauform, Qualität und Schnittstellen. Gleichwertige Erzeugnisse anderer Hersteller sind zulässig, soweit sie die jeweils beschriebenen funktionalen, technischen und didaktischen Anforderungen vollständig erfüllen. Der Nachweis der Gleichwertigkeit obliegt dem Bieter.

3.3.1 Heizungstechnik

Die Heizungsanlage bildet den hydraulischen und regelungstechnischen Kern der Schulungswand. Sie muss die in Lernszenario 1 (Wärmepumpe, PV-Anlage und Wallbox) sowie in Lernszenario 3 (Hydraulischer Abgleich und Smart-Home-Raumregelung) beschriebenen Übungs- und Diagnoseaufgaben in vollem Umfang ermöglichen.

Die Schulungswand muss zwei Heizkreise mit unterschiedlichem Wärmeabgabesystem aufweisen. Die Anlage ist so aufzubauen, dass sowohl der manuelle als auch der automatische hydraulische Abgleich praktisch durchgeführt werden können.

Komponente	Anforderung / Leitfabrikat
Wärmeerzeuger	Luft-/Wasser-Wärmepumpe Monoblock 5–7 kW, Stiebel Eltron WPL-A 05 HK 230 Premium inkl. Hydraulikeinheit (oder gleichwertig)
Pufferspeicher	ca. 100 l
Wärmeabgabe Bad, Küche, Wohnzimmer	Fußbodenheizung und Radiatorenheizung
Heizungspumpe	Hocheffizienz-Umwälzpumpe mit Funktion zum automatischen hydraulischen Abgleich, Grundfos Alpha 2 (oder gleichwertig)
Wärmepumpenregler	herstellereitig zur Wärmepumpe
Heizkörperregelung	Ventile und elektrische Thermostate
Fußbodenheizung	Heizkreisverteiler mit Stellantrieben und Fußbodenheizungsaktor
Raumregelung	digitale Raumbediengeräte je Raum
Sensorik	Temperatursensoren, Fensterkontakte, Wetterstation
Aktorik	elektrische Fensterantriebe

Die Heizungsanlage ist so auszuführen, dass betriebsrelevante Zustände und Parameter erfasst, dargestellt und für Schulungszwecke ausgewertet werden können. Teilbereiche des Fußbodens sind mit transparenten Sichtscheiben auszuführen, sodass die darunter

verlegten Heizrohrschlangen für die Auszubildenden sichtbar bleiben.

3.3.2 Photovoltaik

Die Photovoltaikanlage ist betriebsfertig zu montieren und so auszulegen, dass Energieflüsse innerhalb des Gebäudes anschaulich dargestellt und im Zusammenspiel mit weiteren Verbrauchern und Erzeugern behandelt werden können. Sie bildet zusammen mit Wärmepumpe und Wallbox den Kern von Lernszenario 1.

Die PV-Anlage ist in zwei funktional getrennten Ebenen auszuführen:

Zum einen sind reale Solarmodule vorzusehen, die in Verbindung mit einer Beleuchtungseinrichtung eine sichtbare und didaktisch erlebbare Energieerzeugung ermöglichen. Diese Ebene dient der Vermittlung der grundlegenden Funktionsweise einer PV-Anlage von der Einstrahlung über das Modul bis zum messbaren elektrischen Ertrag.

Zum anderen ist die Einspeisung über ein regelbares Labornetzgerät zu simulieren. Hierdurch können auch realitätsnahe Einspeiseleistungen reproduzierbar dargestellt werden, die mit den vorhandenen Modulen unter Schulungsbedingungen nicht erreichbar wären. Über das Labornetzgerät lassen sich definierte Lastfälle, Tages- und Jahreszeiten sowie Ertragsverläufe für Übungszwecke einstellen, unabhängig von der tatsächlichen Beleuchtungssituation.

Komponente	Anforderung / Leitfabrikat
Solarmodule	repräsentativ angeordnet, mit simulierbarer Sonneneinstrahlung
PV-Einspeisesimulation	geeignetes Labornetzgerät zur reproduzierbaren Simulation der Einspeisung
Batteriespeicher	zweiteiliger Hochvoltpeicher, Fronius Reserva 6.3 (oder gleichwertig)
Wechselrichter	Hybrid-Wechselrichter, Fronius Symo GEN24 Plus (oder gleichwertig)
Wallbox	11 kW, Loxone Wallbox (oder gleichwertig)

Sämtliche Komponenten sind so zu installieren und zu verkabeln, dass die in der Praxis relevanten Anschluss- und Diagnosepunkte für Übungszwecke zugänglich sind.

3.3.3 Sanitärtechnik

Die Sanitärinstallation bildet eine vollständige, normgerechte Trinkwasser- und Abwasserinstallation in didaktisch nachvollziehbarer Form ab. Im Bad ist eine Trinkwasser-Entnahmestelle (Waschtisch) vorzusehen. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen dezentralen Mini-Durchlauferhitzer. Um stagnierendes Trinkwasser in der Anlage zu vermeiden, ist zusätzlich eine Hygienespülstation einzubauen

Komponente	Anforderung / Leitfabrikat
Trinkwasser-Hausanschluss	mit Hauptabsperreinrichtung
Leckageschutz	Leckageschutzmodul in der Trinkwasserleitung
Wasserabspernung	Magnetventil zur gesteuerten Abspernung der Wasserversorgung
Stagnationsspülung	Hygienespülstation
dezentrale Warmwasserbereitung Badezimmer	Mini-Durchlauferhitzer, Stiebel Eltron DHM 3 (oder gleichwertig)
Abwasserinstallation	funktionsfähige Leitungsführung mit Anschluss an bauseitigen Abwasseranschluss

Die Sanitärinstallation ist so auszuführen, dass typische Betriebs- und Überwachungsfunktionen sowie sicherheitsrelevante Anwendungen im Schulungsbetrieb

dargestellt werden können.

3.3.4 Lüftungstechnik

Die Lüftungsanlage bildet den Kern von Lernszenario 2 (KWL-Anlage und Gebäudesteuerung). Sie ist als kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung auszuführen. Das Lüftungsgerät ist im Technikraum anzuordnen, Außen- und Fortluft sind dem Außenbereich zuzuordnen.

Die räumliche Zuordnung der Luftauslässe ist wie folgt vorzusehen:

Raum	Luftführung
Wohnzimmer	2x Zuluft
Küche	Abluft
Badezimmer	Abluft

Komponente	Anforderung / Leitfabrikat
Lüftungsgerät	Stiebel Eltron LWZ 180 (oder gleichwertig)
Außenluftabschluss	Wetterschutzgitter
Luftverteilung	Verteiler für Zu- und Abluft
Schallschutz	Schalldämpfer
Volumenstromeinregulierung	Drosselventile
Auslässe	Luft Aus- und Einlassblenden
Regelung	herstellereitig, integrierbar in Gebäudesteuerung
Sensorik	Luftgüte-, Temperatursensoren, Bewegungs-/Präsenzmelder, Fensterkontakte, Wetterstation
Aktorik	elektrischer Fensterantrieb

Die Anlage muss so aufgebaut sein, dass Servicearbeiten wie Filterüberprüfung und Einregulierungsarbeiten praktisch durchführbar sind.

3.3.5 Beleuchtung und Beschattung

Im gesamten Gebäude sowie im Außenbereich sind unterschiedliche Beleuchtungselemente vorzusehen, sowohl schaltbar als auch dimmbar. Die Komponenten sind so zu integrieren, dass Beleuchtungs- und Beschattungsfunktionen sowohl einzeln als auch im Zusammenspiel mit Wetter-, Präsenz- und Zeitfunktionen behandelt werden können.

Komponente	Anforderung
Beleuchtung	LED-, LED-RGB- und weitere geeignete Leuchtmittel, schaltbar und dimmbar
Sensorik	Bewegungs-/Präsenzmelder, Helligkeitssensoren
Bedienung	Funktaster
Beschattung Fenster	elektrische Jalousien
Beschattung Außenbereich	Markise

3.3.6 Sicherheitstechnik

Die sicherheitstechnischen Einrichtungen sind so in das Gesamtsystem einzubinden, dass Überwachungs-, Alarmierungs- und Zustandsfunktionen realitätsnah dargestellt werden können.

Komponente	Anforderung
Zutrittskontrolle	elektronisch
Türöffnung	automatischer Türantrieb
Türkommunikation	Kamera- bzw. Türkommunikationssystem
Akustische Alarmierung	Außensirene
Fensterüberwachung	Fensterkontakte
Glasüberwachung	Glasbruchüberwachung
Wasserüberwachung	Leckageschutzeinrichtung

3.3.7 Weitere technische Komponenten

Zusätzlich zu den vorgenannten Gewerken sind folgende Komponenten vorzusehen:

Komponente	Anforderung / Leitfabrikat
Elektroverteilung	elektrischer Anschlusskasten
Bedienung	diverse Funktaster zur flexiblen Verwendung
Außenanlage	Gartenbewässerungssystem
Schnittstellen	sämtliche zur Funktion erforderlichen Schnittstellenmodule
Schulungszubehör	Zubehör zur Simulation von Sensorwerten und Zuständen
Server	Mac Studio mit M4 Max Chip 16-Core CPU, 40 Core GPU, 16-Core Neural Engine 64 GB gemeinsamer Arbeitsspeicher 1 TB SSD Speicher

3.4 Digitale Gebäudesteuerung und Vernetzung

Für die digitale Gebäudesteuerung und die Vernetzung der Schulungswand wird das Fabrikat **Loxone** vorgeschrieben. Die Festlegung auf einen Hersteller erfolgt aus den nachfolgend dargestellten sachlichen, didaktischen und technisch-funktionalen Gründen. Eine gleichwertige Lösung anderer Hersteller wird ausgeschlossen, soweit sie die im Folgenden beschriebenen Anforderungen nicht in ihrer Gesamtheit erfüllt.

Didaktische Anforderungen

Die Schulungswand wird gewerkeübergreifend von Auszubildenden des Elektrohandwerks sowie des Sanitär-, Heizungs- und Klimagewerks genutzt. Beide Zielgruppen weisen unterschiedliche Vorkenntnisse, Erwartungshaltungen und didaktische Anforderungen an die Bedienung des Systems auf.

Für die Auszubildenden des Elektrohandwerks ist eine Programmierumgebung erforderlich, die ausreichende Komplexität, Tiefe und Erweiterbarkeit bietet. Das System muss programmierlogische Konzepte, Konfigurationsstrukturen, Bus-Topologien sowie die typischen Inbetriebnahme- und Diagnoseprozesse moderner Gebäudeleittechnik vermitteln können.

Für die Auszubildenden des SHK-Gewerks ist demgegenüber eine niedrighschwellige, intuitive und visuell nachvollziehbare Bedienoberfläche erforderlich, die das Verständnis hydraulischer, regelungstechnischer und energetischer Zusammenhänge unterstützt, ohne durch programmiertechnische Hürden vom eigentlichen Lerninhalt abzulenken.

Diese Anforderungen lassen sich nur durch ein System abbilden, das beide Bedienebenen die programmiernahe Konfigurationsebene (Loxone Config) und die anwenderorientierte Visualisierungsebene (Loxone App) in einer durchgängigen Systemarchitektur abdeckt. Loxone erfüllt diese Anforderung nachweislich und wird in vergleichbarer Funktionsbreite von keinem anderen Hersteller im relevanten Marktsegment durchgängig abgedeckt.

Technisch, funktionale Anforderungen

Die Schulungswand bildet ein gewerkeübergreifendes System ab, in dem Komponenten aus der Heiz-, Lüftungs-, PV-, Sanitär-, Beleuchtungs-, Beschattungs- und Sicherheitstechnik miteinander vernetzt werden. Voraussetzung für die didaktisch geforderte Darstellung als kommunikationsfähiges Gesamtsystem ist die durchgängige Integration aller Gewerke in einer einheitlichen Steuerungsplattform.

Die einzusetzende Steuerung muss daher folgende technische Anforderungen erfüllen:

- Native Integration herstellerübergreifender Protokolle, insbesondere Modbus TCP/RTU, ohne den Einsatz separater Gateway-Hardware. Dies betrifft vor allem die Anbindung des PV-Wechselrichters, des Energiespeichers, der Wärmepumpe sowie weiterer fremdgewerklicher Komponenten.
- Einheitlicher Bus für proprietäre Sensorik und Aktorik (Loxone Tree und Loxone Air), wodurch die didaktisch erforderliche Reduktion auf wenige, klar erlernbare Bus-Topologien erreicht wird.
- Vollständige Integration aller Gewerke in einem einzigen Programmier- und Konfigurationswerkzeug (Loxone Config), ohne herstellerübergreifende Schnittstellen-Software, ohne Cloud-Abhängigkeit und ohne weitere Programmieroberflächen.
- Lokale Datenhaltung und lokale Logikverarbeitung ohne zwingende Cloud-Anbindung. Dies ist sowohl aus didaktischen Gründen (nachvollziehbare lokale Kommunikationswege) als auch aus IT-Sicherheits- und Datenschutzgründen (Schulungsumgebung im öffentlichen Bildungsbereich) erforderlich.

Eine Lösung, die diese Funktionen erst durch das Zusammenspiel mehrerer Gateways, Brücken oder herstellerfremder Zusatzsteuerungen herstellt, ist mit dem didaktischen Konzept nicht vereinbar, da sie die für den Schulungsbetrieb erforderliche Übersichtlichkeit, Wartbarkeit und Lehrbarkeit des Systems erheblich einschränkt.

Anforderungen an die Fehlersimulation

Das in Abschnitt 2.2 beschriebene Konzept der softwareseitigen Fehlersimulation setzt voraus, dass Konfigurationsstände der Gebäudesteuerung als austauschbare Datenträger vorgehalten werden können. Loxone speichert die vollständige Anlagenkonfiguration auf einer entnehmbaren SD-Karte des Miniservers. Hierdurch ist es möglich:

- vorgefertigte, bewusst fehlerhaft konfigurierte SD-Karten durch das Lehrpersonal vorzuhalten
- Fehlerszenarien durch einfachen Kartentausch reproduzierbar und ohne Eingriff in den Anlagenbetrieb zu aktivieren
- den ursprünglichen Sollzustand jederzeit definiert und manipulationssicher wiederherzustellen

Dieses didaktisch zentrale Verfahren ist mit Steuerungssystemen, die Konfigurationen ausschließlich im fest verbauten Speicher oder in einer Cloud-Umgebung vorhalten, nicht oder nur mit erheblichem Mehraufwand umsetzbar.

Anforderungen an die Datenbereitstellung für die KI-Anbindung

Die in Abschnitt 2.4 beschriebene Anbindung der Schulungswand an das durch das DFKI entwickelte adaptive Lernsystem erfordert eine strukturierte, zustandsbezogene und permanent verfügbare Bereitstellung der Anlagendaten über eine standardisierte Schnittstelle.

Loxone stellt sämtliche Sensorwerte, Aktorzustände, Programmvariablen und Statusinformationen über eine dokumentierte, lokal erreichbare REST-API im JSON-Format zur Verfügung. Hierdurch sind die in Abschnitt 2.3 geforderten Funktionen, Echtzeit-Datenabruf, Zustandsüberwachung, Lernverlaufsdokumentation und adaptive Auswertung ohne zusätzliche Middleware oder herstellerfremde Schnittstellensoftware umsetzbar.

Eine vergleichbare, vollständig lokal erreichbare und ohne zusätzliche Lizenz- oder Cloud-Anbindung nutzbare REST-Schnittstelle ist im relevanten Marktsegment nicht durchgängig in einem einzelnen Steuerungssystem verfügbar.

Zusammenfassende Begründung

Die Festlegung auf das Fabrikat Loxone erfolgt aus dem Zusammenwirken folgender Anforderungen, die in dieser Kombination nicht durch ein gleichwertiges Wettbewerbsprodukt erfüllt werden:

- Doppelte Bedienlogik für zwei didaktisch unterschiedliche Zielgruppen (Elektro / SHK) in einer einheitlichen Systemumgebung
- Native, Gateway-freie Integration aller relevanten Fremdgerätekommunikation (Modbus, KNX, EnOcean, 1-Wire) in einer einzigen Programmierungsumgebung
- Speicherung der Anlagenkonfiguration auf entnehmbarer SD-Karte als technische Grundvoraussetzung für das didaktische Konzept der reproduzierbaren softwareseitigen Fehlersimulation
- Lokal verfügbare REST-API als Voraussetzung für die Anbindung des KI-gestützten adaptiven Lernsystems gemäß Abschnitt 2.3
- Lokale, cloudunabhängige Logikverarbeitung zur Erfüllung der datenschutzrechtlichen und IT-sicherheitstechnischen Anforderungen einer öffentlichen Bildungseinrichtung

3.4.1 Gesamtaufstellung digitaler Komponenten der Gebäudeautomation

Zur Umsetzung der unter Abschnitt 3.4 beschriebenen digitalen Gebäudesteuerung ist die Schulungswand mit den nachfolgend aufgeführten digitalen Komponenten auszustatten. Die Komponenten sind durchgängig in das Bus-System der zentralen Gebäudesteuerung einzubinden und so zu integrieren, dass sie den beschriebenen Lernszenarien sowie der geforderten Fehlersimulation in vollem Umfang dienen.

Die Auflistung versteht sich als Mindestumfang. Sämtliche Bus-Koppler, Netzteile, Verteilerklemmen sowie weitere zur Funktion erforderlichen Schnittstellenmodule sind zusätzlich vorzusehen, ohne dass diese im Einzelnen aufgeführt werden.

Stück	Beschreibung
1	Dimmer Extension
2	Relay Extension
5	Smart Socket Air - Type F
1	Modbus Extension
1	IR Control Air
2	Rauchmelder Air
1	Wetter Service (10 Jahre)
1	Caller Service (10 Jahre)
1	Tree Extension
4	Touch Tree Anthrazit

2	RGBW 24V Dimmer Tree
1	Wetterstation Tree
3	Raumklima Sensor Tree Weiß (CO2, Temperatur, Feuchte)
1	LED Ceiling Light RGBW Tree Weiß
2	LED Pendulum Slim RGBW Tree Weiß
1	Alarmsirene Tree
2	RGBW 24V Compact Dimmer Tree
6	LED Spot RGBW Tree Weiß
2	Nano 2 Relay Tree
1	Power Supply & Backup
3	Präsenzmelder Tree Weiß
1	NFC Code Touch Tree Signalweiß
1	Intercom Signalweiß
1	Montagerahmen 2-fach Silber
1	Miniserver Compact
4	Energiezähler 3-phasig Tree
1	Exosphere Miniserver Pro (10 Jahre)
6	Stellantrieb Tree
1	Remote Air Anthrazit
3	Tür- & Fensterkontakt Air Weiß
2	Wassersensor Air
2	RGBW LED Streifen 5m IP20 (berührungssicher)
2	Bewegungsmelder 24V
1	LED Streifen Tunable White IP68 (wasserfest)
3	Install Speaker 7 Master
1	Wallbox 11kW

Anordnung und Verteilung

Die Anordnung der digitalen Komponenten hat funktions- und raumbezogen zu erfolgen. Die Positionierung innerhalb der Bereiche Außenbereich, Eingangsbereich, Technikraum, Badezimmer, Küche und Wohnbereich ist so vorzunehmen, dass die vorgesehenen Funktionen praxisnah, nachvollziehbar und didaktisch sinnvoll dargestellt werden können.

Schnittstellen, Verkabelung und Erweiterbarkeit

Sämtliche aufgeführten Komponenten sind über das herstellerseitige Bus-System (Loxone Tree und Loxone Air) sowie über die in Abschnitt 3.4 beschriebenen herstellerübergreifenden Protokolle in die Gebäudesteuerung einzubinden. Die Verkabelung ist so auszuführen, dass:

- alle Bus-Leitungen, Versorgungsspannungen und Sensorzuleitungen für die in Abschnitt 2.1 beschriebene hardwareseitige Fehlersimulation zugänglich und gezielt

- unterbrechbar sind,
- spätere Erweiterungen um zusätzliche Sensoren, Aktoren oder Bus-Teilnehmer ohne grundlegenden Umbau der Verkabelung möglich sind,
- alle Komponenten für Wartungs- und Diagnosezwecke erreichbar bleiben.

3.4.2 Grundkonfiguration und Inbetriebnahme der Gebäudesteuerung

Die Schulungswand ist nicht als unkonfigurierter Komponentenverbund, sondern als vollständig in Betrieb genommene und im Grundzustand funktionsfähig parametrisierte Gesamtanlage zu liefern. Bestandteil der ausgeschriebenen Leistung ist die Erstellung einer betriebsfertigen Konfiguration der Gebäudesteuerung, die alle vorhandenen Komponenten korrekt einbindet und einen sinnvollen, nachvollziehbaren Anlagenbetrieb ohne weitere Eingriffe durch das Ausbildungspersonal sicherstellt.

Anforderungen an die Grundkonfiguration

Die im Lieferumfang enthaltene Grundkonfiguration der Gebäudesteuerung muss folgende Anforderungen erfüllen:

Anforderung	Beschreibung
Vollständige Geräteeinbindung	Sämtliche unter 3.4.1 aufgeführten digitalen Komponenten sind in der Konfiguration angelegt, korrekt zugeordnet und auf Funktion geprüft.
Sinnvolle Grundlogik	Die Anlage zeigt im Auslieferungszustand ein praxisgerechtes Verhalten. Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Beschattung, PV-Einbindung und Sicherheitstechnik arbeiten ohne weitere Konfiguration in einem realitätsnahen Grundbetrieb.
Räumliche Zuordnung	Sensoren, Aktoren und Bediengeräte sind den jeweiligen Räumen (Außenbereich, Eingangsbereich, Technikraum, Badezimmer, Küche, Wohnbereich) eindeutig zugeordnet und im Programm entsprechend benannt.
Visualisierung	Eine vollständige Visualisierung der Anlage über die Bedien-App ist eingerichtet. Sämtliche Räume, Funktionen und Energieflüsse sind nachvollziehbar dargestellt.
Automatisierungslogiken	Praxisrelevante Grundautomatiken sind eingerichtet, beispielsweise CO ₂ -geführte Lüftung, präsenzabhängige Beleuchtung, Wind- und Sonnenautomatik für die Beschattung sowie zeitgesteuerte Heizprofile.
Energieflussabbildung	Die Energieflüsse zwischen PV-Anlage, Speicher, Wärmepumpe, Wallbox und Allgemeinverbrauch sind in der Visualisierung erkennbar dargestellt.
Dokumentation der Konfiguration	Die ausgelieferte Konfiguration ist in Form einer kommentierten Programmdatei sowie in Form einer didaktisch aufbereiteten Übersichtsdokumentation zu übergeben.

Sicherung des Grundzustands

Der ausgelieferte Grundzustand der Konfiguration ist durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen so zu sichern, dass er jederzeit reproduzierbar wiederherstellbar ist:

- Die vollständige Konfiguration im Auslieferungszustand ist als Sicherungskopie zu übergeben.
- Der Sollzustand muss sich nach Übungen, in denen Auszubildende oder

Ausbildungspersonal Veränderungen an der Konfiguration vorgenommen haben, jederzeit ohne erweiterte Vorkenntnisse vollständig wiederherstellen lassen.

- Das in Abschnitt 2.1 beschriebene Verfahren der softwareseitigen Fehlersimulation über austauschbare Datenträger setzt auf diesem definierten Grundzustand auf.

3.5 Medienanschlüsse am Aufstellort

Für den Betrieb der Schulungswand sind am Aufstellort folgende Medienanschlüsse vorhanden:

Strom	400 V / 32 A CEE
Trinkwasser	DN 15
Abwasser	DN 50
Netzwerk	1 × RJ45 / LAN

Der LAN-Anschluss dient sowohl der internen Vernetzung der Schulungswand als auch der Anbindung an die Moodle-Plattform des Auftraggebers.

3.6 Abmessung

Ca. BxHxT: 4500x3500x4500mm

Eine maßliche Abweichung von $\pm 5 \%$ ist zulässig (siehe beigefügten Raumplan). Der Auftragnehmer hat sich im Rahmen eines Vor-Ort-Termins über die örtlichen Gegebenheiten sowie die tatsächlichen Einbausituationen und Platzverhältnisse zu informieren.

3.7 Dokumentation/Wartung

Bestandteil der Leistung sind sämtliche für Betrieb, Nutzung und Unterweisung erforderlichen Unterlagen. Hierzu zählen insbesondere:

- technische Dokumentation
- Bedienunterlagen
- Einweisungsunterlagen
- Unterlagen zu den eingebauten Komponenten und Schnittstellen
- Unterlagen für Wartung und Fehlersimulation

3.9 Abnahme

Die Abnahme der Gesamtanlage erfolgt nach erfolgreicher Durchführung und Dokumentation der vereinbarten Leistungen. Hierzu gehören insbesondere:

- Abstimmung und Umsetzung der Einbindung der IT- und Kommunikationstechnik in die Schulungswand, wahlweise über die HWK oder externe Dienstleister
- Durchführung und Übergabe eines Funktionsprüfungsprotokolls aller relevanten Anlagen- und Systemfunktionen
- Vollständige Einweisung der Ausbilder / Nutzer in Bedienung, Funktion und didaktische Einsatzmöglichkeiten der Anlage
- Erstellung und Unterzeichnung eines Abnahmeprotokolls
- Etwaige festgestellte Mängel sind im Rahmen des Abnahmeverfahrens zu dokumentieren und durch den Auftragnehmer innerhalb angemessener Frist zu beheben. Die Endabnahme erfolgt nach mängelfreier Leistungserbringung

3.10 Support-, Wartungs- und Updateleistungen

Zur Sicherstellung des dauerhaften Schulungsbetriebs sind über die Projektlaufzeit Support-, Wartungs- und Updateleistungen bereitzustellen. Diese umfassen technischen Support (telefonisch und bei Bedarf vor Ort), Aktualisierung der eingesetzten Systeme sowie

Unterstützung zur Aufrechterhaltung der didaktischen und technischen Einsatzfähigkeit der Schulungswand.

3.11 Visualisierung der Schulungswand



