

Systemanalyse: Smart-Home-System (KNX-Gebäudeautomation)

Gruppe: Erdem, Kunze, Kaçmaz

Datum: 05.02.2026 **Präsentation:** 19.02.2026

Inhaltsverzeichnis

Systemanalyse: Smart-Home-System (KNX-Gebäudeautomation)	1
Gruppe: Erdem, Kunze, Kaçmaz	1
1. Systemauswahl und fachliche Begründung	2
1.1 Gewähltes System	2
1.2 Eignung für die Systemanalyse nach Bader/Pahl	2
1.3 Begründung der Unterrichtsrelevanz anhand des Rahmenlehrplans	4
1.4 Didaktische Begründung	5
2. Systemanalyse nach Bader/Pahl	6
2.1 Ermittlung des Systemzwecks	6
2.2 Festlegung der Systemgrenzen	7
2.3 Ermittlung der Eingangs-, Ausgangs- und Zustandsgrößen	8
2.4 Beschreibung der Systemfunktionen	9
2.5 Konkretisierung der Systembestandteile (Subsysteme)	12
2.6 Analyse der Systemstruktur (Anordnungs- und Beziehungsgefüge)	14
2.7 Analyseergebnisse reflektieren	16
3. Arbeitsplan	17
3.1 Arbeitspakete	17
3.2 Gliederung der Präsentation (max. 45 Minuten)	19
4. Quellen	19

1. Systemauswahl und fachliche Begründung

1.1 Gewähltes System

KNX-basiertes Smart-Home-System für die Steuerung von Beleuchtung, Beschattung, Heizung und Energiemanagement in einem Wohngebäude.

Das KNX-System wurde gewählt, weil sein Schwerpunkt auf der **Informationsverarbeitung** (Erfassen, Übertragen, Verarbeiten, Speichern) innerhalb der Gebäudetechnik liegt. Im Gegensatz zu Systemen, die primär Energieumwandlung oder -verteilung adressieren, steht hier die vernetzte Steuerung und Automatisierung im Vordergrund. Damit adressiert das System ein eigenständiges Kompetenzfeld, das im Rahmenlehrplan vor allem in den höheren Lernfeldern (LF 7, 9, 12/13) verankert ist und im beruflichen Alltag von Elektronikern FR EEG zunehmend an Bedeutung gewinnt.

1.2 Eignung für die Systemanalyse nach Bader/Pahl

Ein System wird nach Bader (1991, S. 445f.) bestimmt durch seine Abgrenzung von der Umwelt, seine Eingangs- und Ausgangsgrößen, die Funktionen zwischen diesen Größen, seine Subsysteme und deren Struktur als Beziehungsgefüge. Das KNX-Smart-Home-System eignet sich besonders gut für eine solche Analyse:

Kriterium nach Bader/Pahl	Eignung des KNX-Systems
Systemgrenze definierbar	Das System lässt sich funktional klar abgrenzen: Es umfasst die KNX-Businfrastruktur, Sensoren und Aktoren – die angesteuerten Endverbraucher (Leuchten, Motoren) gehören bereits zur Systemumwelt.
Ein-/Ausgangsgrößen identifizierbar	Eingangsgrößen lassen sich klar nach Baders Kategorien zuordnen: Energie umfasst die Netzspannung (230 V AC), mechanische Tasterbetätigungen sowie Umgebungsgrößen (Lichtenergie, Wärmeenergie, IR-Strahlung, kinetische Energie des Windes), die an der Systemgrenze als physikalische Energieformen vorliegen und erst innerhalb des Systems von Sensoren in messbare Größen (Lux, °C, m/s) gewandelt werden. Information umfasst Benutzerbefehle (App/Visualisierung) und Zeitinformation. Ausgangsgrößen sind Energieflüsse an den Aktorklemmen (230 V AC, 0–10 V DC) und Statusrückmeldungen (Information). Stoff spielt als Kategorie keine Rolle – das System ist ein Energie-Informationssystem , in dem die Informationsverarbeitung die zentrale Funktion bildet. Diese Dominanz der Informationsverarbeitung bei gleichzeitigem Fehlen von Stoffströmen zeigt Lernenden, dass die Zuordnung zu Baders Kategorien systemspezifisch ausfällt und keine Gleichverteilung erfordert.
Rekursive Zerlegung in Subsysteme	Bader beschreibt die Systemzerlegung als rekursiven Prozess: Hauptfunktion → Teilfunktionen → Grundfunktionen → Funktionselemente, wobei „praktisch beliebig viele hierarchische Untergliederungen der Systemfunktionen und der Subsysteme“ möglich sind (Bader, 1991, S. 455). Die Zerlegungstiefe ist „eine Frage der Gewichtung und damit der Sichtweise und Entscheidung im konkreten Anwendungsfall“ (ebd.). Das KNX-System eignet sich besonders, da seine Topologie (Bereich → Linie → Gerät) bereits eine physische Hierarchie vorgibt. Für die vorliegende Analyse wird die Zerlegung auf vier Ebenen begrenzt: Gesamtsystem → Funktionseinheiten (Sensorik, Buskommunikation, Aktorik, Visualisierung) → Teilfunktionen (z. B. Messwerterfassung, Tele-

Kriterium nach Bader/Pahl	Eignung des KNX-Systems
	grammübertragung) → Funktionselemente (z. B. Tastsensor, Schaltaktor, Busankoppler). Eine tiefere Zerlegung — etwa in die interne Schaltungstechnik eines KNX-Aktors — ist möglich, übersteigt jedoch die im Rahmenlehrplan adressierten Kompetenzen und die Lernvoraussetzungen der Zielgruppe (vgl. Pahl, 2016a, S. 37).
Hauptfunktion und Teilfunktionen trennbar	Die Hauptfunktion (Informationsverarbeitung zur Gebäudesteuerung) lässt sich systematisch in die Teilfunktionen Erfassen, Übertragen, Verarbeiten, Steuern/Regeln, Speichern und Visualisieren zerlegen.
Für Lernende zugänglich	KNX-Komponenten sind am Markt verfügbar und in vielen Berufsschulen als Laborausstattung vorhanden. Die symbolische Darstellung der Systemstruktur über Topologie-Diagramme und Gruppenadress-Tabellen fördert das abstrakte Systemdenken, das Pahl (2016a, S. 34) als Anforderung an die Lernenden formuliert.

1.3 Begründung der Unterrichtsrelevanz anhand des Rahmenlehrplans

Das Smart-Home-System adressiert Kompetenzen aus mehreren Lernfeldern des Rahmenlehrplans für Elektroniker/in FR Energie- und Gebäudetechnik. Im Folgenden werden die Bezüge anhand konkreter beruflicher Handlungen und Wissensbereiche aus den Lernfeldmatrizen (ISB 2022) begründet:

LF 7 – Steuerungen und Regelungen für Systeme programmieren und realisieren (84 Std.) Die Lernfeldmatrix fordert u.a. das Sachwissen zu Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik (Sensoren, Aktoren, Kleinststeuerungen) sowie das Prozesswissen zur Programmierung und Anbindung an Bussysteme der Gebäudetechnik (LF 7-2). Das KNX-System bildet genau diese Kompetenz ab: Die ETS-Programmierung mit Gruppenadressierung und Logikbausteinen entspricht der geforderten Handlung „Steuerungen und Regelungen entsprechend eines Projekts identifizieren und realisieren“. Die Übergabe an den Betreiber mit Kundeneinweisung (LF 7-6) lässt sich am Beispiel einer Smart-Home-Visualisierung handlungsorientiert umsetzen.

LF 9 – Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren (98 Std.) Dieses Lernfeld bildet den Kern des Systems. Die Lernfeldmatrix nennt unter Sachwissen explizit „Gebäudesystemtechnik: Bussysteme, Smarthome“ sowie den „Vergleich von KNX, LON & LCN“ (LF 9-1). Das Prozesswissen umfasst die „Aufnahme von Kundenwünschen zur Gebäudekommunikation“ und den „Abgleich mit betrieblichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Möglichkeiten“. Als Reflexionswissen wird die „Effizienzsteigerung durch Smart-Metering und Smart-Grid“ gefordert. Die Systemanalyse eines KNX-Systems liefert damit die fachliche Grundlage für die im Lernfeld geforderte Kundenberatung, Planung und Realisierung.

LF 12/13 – Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen, realisieren, anpassen und dokumentieren (126 Std.) Diese beiden Lernfelder fordern die Gesamtkonzeption vernetzter Gebäudetechnik. Ein Smart-Home-System integriert Beleuchtung, Beschattung, Heizung und Energiemanagement in einer übergreifenden Steuerungsarchitektur. Die Systemanalyse nach Bader/Pahl macht diese Vernetzung für Lernende transparent und fördert das systemische Denken, das für die Planung solcher Gesamtanlagen notwendig ist.

LF 3 – Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren (72 Std.) Die Raumtemperaturregelung im KNX-System bildet einen klassischen Regelkreis ab, wie er in LF 3 gefordert wird: Der Temperatursensor erfasst die Ist-Temperatur (Messgröße) und sendet sie als Bustelegramm an die Regler-Applikation, die im Raumtemperaturregler oder Heizungsaktor implementiert ist. Diese vergleicht den Istwert mit dem Sollwert (Regelabweichung) und gibt über den Heizungsaktor die Steuergröße (0–10 V DC oder PWM-Signal) an der Systemgrenze aus, welche die Stellgröße (Ventilöffnung) des Ventils beeinflusst; das Ventil als Stellglied gehört zur Systemumwelt (vgl. Abschnitt 2.2). Die **Rückführung** erfolgt kontinuierlich über den Temperatursensor, der die veränderte Raumtemperatur (Regelgröße) erneut erfasst und so den Regelkreis schließt. Gleichzeitig lässt sich an der Jalousiesteuerung (Helligkeitssensor → Logik → Jalousieaktor) eine einfache **Steuerung** (ohne Rückführung) demonstrieren — die Unterscheidung von Steuern und Regeln wird am konkreten Beispiel greifbar.

1.4 Didaktische Begründung

Aktualität und berufliche Relevanz

Die Gebäudeautomation ist ein zentrales Handlungsfeld des Elektrohandwerks. Die Handwerkskammer Niederbayern-Oberpfalz beschreibt unter dem Begriff „Handwerk 4.0“ die zunehmende digitale Vernetzung von Betriebsstrukturen und Produkten (vgl. ISB 2022, S. 6). Für Elektroniker/innen FR Energie- und Gebäudetechnik bedeutet dies konkret: Die Planung und Realisierung von Bussystemen wie KNX ist keine Spezialisierung mehr, sondern gehört zum Kerngeschäft. Der Rahmenlehrplan trägt dem Rechnung, indem LF 9 mit 98 Stunden das umfangreichste Lernfeld der Fachrichtung ist.

Exemplarität im Sinne der Systemdidaktik

KNX eignet sich als exemplarisches System im Sinne Baders, weil die an ihm erworbenen Erkenntnisse auf strukturell ähnliche Systeme übertragbar sind. Bader (1991, S. 452) betont, dass die systemtheoretische Strukturierung gerade durch ihre Abstraktion das „Durchschauen“ und „Handhaben“ komplexer technischer Systeme fördert. Am KNX-System erlernte Konzepte wie Sensor-Aktor-Kommunikation, Adressierung, Topologieplanung und Parametrierung lassen sich auf andere Bussysteme (Modbus, BACnet, DALI) und vernetzte Systeme (IoT-basierte Gebäudeautomation, Industrieautomation) übertragen.

Handlungsorientierung

Am KNX-System lässt sich die vollständige Handlungskette des Elektrohandwerks abbilden: Kundenberatung → Planung → Installation → Programmierung → Inbetriebnahme → Dokumentation → Kundeneinweisung → Wartung. Dies entspricht der in der Umsetzungshilfe (ISB 2022, S. 15ff.) geforderten Handlungssystematik im kompetenz- und handlungsorientierten Unterricht. Die Systemanalyse nach Bader/Pahl bereitet dabei die Phase des Verstehens vor, die Voraussetzung für kompetentes berufliches Handeln ist (vgl. Bader 1991, S. 452).

Die folgende Systemanalyse orientiert sich am *Analyseschema für technische Systeme* nach Bader (1991, S. 452), das die Schritte Systemgrenze festlegen, Zweck beschreiben, Ein-/Ausgangsgrößen ermitteln, Funktionen identifizieren, Subsysteme konkretisieren und Systemstruktur analysieren als methodische Leitlinie vorgibt. Jenewein und Pahl (2016b, S. 140f.) konkretisieren dieses Schema durch Verlaufsphasen, die den Analyseprozess von der Systemidentifikation über die Funktionsanalyse bis zur Reflexion der Ergebnisse strukturieren. Die Zerlegungstiefe wird dabei – wie in Abschnitt 1.2 begründet – an den beruflichen Handlungsanforderungen und den Lernvoraussetzungen der Zielgruppe ausgerichtet (vgl. Pahl, 2016a, S. 37).

2. Systemanalyse nach Bader/Pahl

2.1 Ermittlung des Systemzwecks

Der erste Schritt der Systemanalyse nach Bader (1991, S. 452) ist die Bestimmung des Systemzwecks. Der Zweck beschreibt, welche Leistung das System für seinen Nutzer oder Betreiber erbringt.

Das KNX-Smart-Home-System hat den Zweck, gebäudetechnische Funktionen – Beleuchtung, Beschattung, Heizung, Energiemanagement – zentral und automatisiert zu steuern, um den Bewohnern erhöhten Komfort, gesteigerte Energieeffizienz und verbesserte Sicherheit zu bieten. Es ersetzt die konventionelle Einzelsteuerung (ein Schalter → eine Leuchte) durch eine vernetzte Steuerungsarchitektur, in der beliebige Sensoren mit beliebigen Aktoren verknüpft werden können.

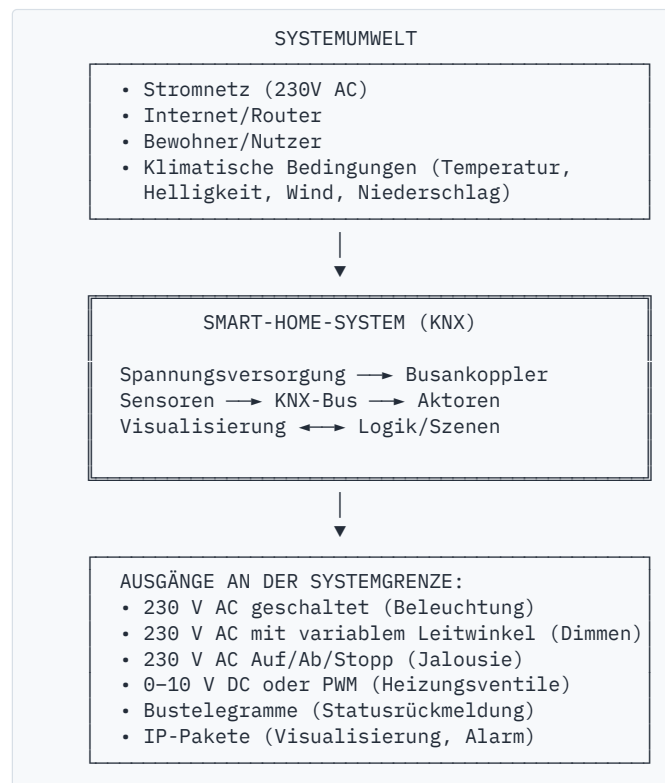
Aus diesem Zweck leitet sich die **Hauptfunktion** des Systems ab: Die Erfassung von Sensordaten, deren Verarbeitung zu Steuerkommandos und die gezielte Weiterleitung an Aktoren über ein gemeinsames Bussystem. Das System ist damit primär ein **informationsverarbeitendes System** – seine Kernleistung ist nicht die Umwandlung von Nutzenergie (das tun die angesteuerten Endverbraucher), sondern die Steuerung des Energieflusses zu diesen Verbrauchern durch Informationsverarbeitung. Energiewandlungen innerhalb des Systems beschränken sich auf die Busspeisung (230 V AC → 29 V DC) und die Leistungsstellglieder der Aktoren (z. B. Phasenan-/abschnitt im Dimmaktor), die jedoch der Informationsverarbeitung untergeordnet sind.

Die konkreten Zielstellungen, die der Systemzweck im Betrieb adressiert, lassen sich wie folgt differenzieren:

Zielstellung	Umsetzung durch das System
Komfort	Szenensteuerung (ein Tastendruck für mehrere Aktionen), Zeitprogramme, Fernzugriff über Visualisierung
Energieeffizienz	Bedarfsgerechte Steuerung durch Präsenz- und Helligkeitssensoren, automatische Beschattung zur Reduzierung von Kühl-/Heizlast
Sicherheit	Anwesenheitssimulation, Windüberwachung für Jalousien, Alarmfunktionen mit Benachrichtigung

2.2 Festlegung der Systemgrenzen

Systemgrenzen des Smart-Home-Systems



Begründung der Grenzziehung

Die Festlegung der Systemgrenze ist nach Bader (1991, S. 452) eine bewusste Entscheidung, die den Analysegegenstand definiert. Für das KNX-Smart-Home-System wurden folgende Abgrenzungen getroffen:

Grenzentscheidung	Begründung
Endverbraucher (Leuchten, Motoren, Ventile) → Systemumwelt	Die Endverbraucher sind austauschbar und funktionieren unabhängig vom Bussystem. Eine Leuchte kann konventionell oder per KNX-Aktor geschaltet werden — sie ist kein Teil der Steuerungslogik. Das System endet an den Aktor-Ausgangsklemmen.
Stromnetz (230 V AC) → Systemumwelt	Das Stromnetz liefert die Betriebsenergie, ist aber nicht Teil der Steuerungsfunktion. Es ist eine externe Versorgungsvoraussetzung, vergleichbar mit der Druckluftversorgung bei pneumatischen Systemen.
Internet-Router → Systemumwelt	Der Router ist ein allgemeines Netzwerkgerät, das nicht KNX-spezifisch ist. Der KNX-IP-Router im System bildet die Schnittstelle zur Systemumwelt; der dahinterliegende Internetanschluss ist externe Infrastruktur.
Bewohner/Nutzer → Systemumwelt	Der Nutzer gibt Befehle (Tasterbetätigung, App-Eingabe) und empfängt Rückmeldungen (Visualisierung). Er ist Sender von Eingangsgrößen und Empfänger von Ausgangsgrößen — damit per Definition Systemumwelt.
Klimatische Bedingungen → Systemumwelt	Temperatur, Helligkeit, Wind sind physikalische Größen der Umgebung, die das System über Sensoren erfasst. Sie sind Eingangsgrößen, nicht Systembestandteile.

Diese Grenzziehung folgt dem Kriterium der **funktionalen Zugehörigkeit**: Zum System gehört, was aktiv an der Informationsverarbeitung beteiligt ist — also alle Komponenten, die Bustelegammme erzeugen, transportieren, verarbeiten oder in Ausgangsgrößen wandeln. Alles, was vor den Sensoren (physikalische Umwelt) oder nach den Aktoren (Endverbraucher) liegt, ist Systemumwelt.

2.3 Ermittlung der Eingangs-, Ausgangs- und Zustandsgrößen

Bader (1991, S. 445f.) ordnet die Ein- und Ausgangsgrößen eines technischen Systems den drei Kategorien **Stoff**, **Energie** und **Information** zu. Für das KNX-System gilt: Es verarbeitet keine Stoffströme — weder werden Materialien transportiert noch chemisch umgesetzt. Das System ist ein **Energie-Informationssystem**, wobei die Informationsverarbeitung die dominierende Kategorie darstellt (vgl. Abschnitt 1.2).

Eingangsgrößen

Kategorie (Bader)	Eingangsgröße	Physikalische Größe
Stoff	—	Keine Stoffströme. Das System verarbeitet ausschließlich Energie und Information.
Energie	Netzspannung	230 V AC, 50 Hz
Energie	Mechanische Betätigung (Taster)	Kraft / Weg
Energie	Lichtenergie (Umgebungs-helligkeit)	0–100.000 lx
Energie	Wärmeenergie (Raumtemperatur)	–20 bis +50 °C
Energie	IR-Strahlung (Personenpräsenz)	Wellenlänge ca. 10 µm
Energie	Windgeschwindigkeit, Solarstrahlung, Niederschlag	m/s, W/m², binär
Information	Zeitinformation	Uhrzeit, Datum (interne Uhr oder NTP)
Information	Benutzerbefehle (App/Visualisierung)	IP-Pakete über Netzwerk

Licht, Wärme, Bewegung und Wind überqueren die Systemgrenze als **Energie** — die Sensoren innerhalb des Systems wandeln diese physikalischen Größen in digitale Bustelegammme (Information). Diese Zuordnung ist diskutierbar: Man könnte argumentieren, dass z. B. die IR-Strahlung eines Bewohners bereits **Information** (Anwesenheit) trägt. Entscheidend ist jedoch die physikalische Betrachtung an der Systemgrenze: Dort liegt eine Energieform vor (IR-Strahlung, Wärmeenergie, Lichtenergie), die erst innerhalb des Systems durch den Sensor in ein digitales Signal gewandelt wird. Die Kategorisierung als Energie beschreibt also die Größe an der Systemgrenze, nicht ihre spätere Bedeutung im System.

Die Busspannung 29 V DC (SELV) ist keine Eingangsgröße, sondern wird von der KNX-Spannungsversorgung innerhalb des Systems aus der Netzspannung erzeugt.

Ausgangsgrößen

Kategorie (Bader)	Ausgangsgröße	Physikalische Größe
Stoff	—	Keine Stoffströme
Energie	Schaltausgang Beleuchtung	230 V AC (potentialfreier Kontakt)
Energie	Dimmerausgang	230 V AC mit variablem Leitwinkel (Phasen-/abschnitt)
Energie	Jalousie-Motoransteuerung	230 V AC (Auf/Ab/Stopp)
Energie	Heizungsventil-Ansteuerung	0–10 V DC oder PWM
Information	Statusrückmeldung	Bustelegamm an andere Teilnehmer
Information	Visualisierungsdaten	Zustandsanzeige auf Display/App
Information	Alarmmeldung	Push-Nachricht an Nutzer

Die Aktorausgänge (230 V AC für Jalousien/Beleuchtung, 0–10 V DC oder PWM für Heizungsventile) sind nach Bader als **Ausgangsgrößen der Kategorie Energie** zu klassifizieren: An der Systemgrenze liegt eine physikalische Spannung an, die den Endverbraucher antreibt. Der Sollwert (z. B. Ventilöffnung 65 %) wird systemintern als Bustelegramm (Information) übertragen und erst vom Aktor in eine Steuergröße (0–10 V DC oder PWM) gewandelt, welche die Stellgröße (Ventilöffnung) des Stellglieds beeinflusst.

Zustandsgrößen

Zustandsgrößen beschreiben den inneren Zustand des Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt:

Zustandsgröße	Beschreibung
Betriebsmodus	Normal / Abwesend / Urlaub / Nacht
Szenenaktivierung	Aktive Szene (z. B. „Kino“, „Essen“)
Alarmstatus	Scharf / Unscharf / Alarm ausgelöst
Raumtemperatur-Sollwerte	Je Raum eingestellte Zieltemperatur
Beschattungsautomatik	Aktiv / Inaktiv je Fassade
ETS-Parametrierung	Gerätekonfiguration, Gruppenadress-Zuordnung, Applikationsprogramme (persistent, nur über ETS änderbar)
Ausfallverhalten	Parametrierbares Verhalten bei Busspannungsausfall (letzter Zustand / definierter Sicherheitszustand / Handbetrieb)

2.4 Beschreibung der Systemfunktionen

Hauptfunktion

Aus dem Systemzweck (Abschnitt 2.1) ergibt sich die Hauptfunktion: **Erfassung von Sensordaten, deren Verarbeitung zu Steuerkommandos und die gezielte Weiterleitung an Aktoren** über ein gemeinsames Bussystem zur automatisierten Gebäudesteuerung.

Die Hauptfunktion lässt sich in folgende Teilfunktionen zerlegen, die jeweils eine spezifische Transformation der Bader-Kategorien Energie und Information beschreiben:

Teilfunktionen

Teilfunktion	Beschreibung	Kategorientransformation (nach Bader)
Erfassen	Sensoren nehmen physikalische Größen (Temperatur, Helligkeit, Präsenz) auf und wandeln sie in digitale Bustelegramme	Energie → Information
Übertragen	Der KNX-Bus transportiert Telegramme zwischen allen Busteilnehmern nach dem CSMA/CA-Verfahren (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)	Information → Information
Verarbeiten	Logikmodule und Aktoren verknüpfen Eingangstelegramme nach programmierten Regeln (UND, ODER, Szenen, Zeitprogramme)	Information → Information
Steuern/Regeln	Aktoren setzen Bustelegramme in physische Energieflüsse um (Relais schalten, Motoren ansteuern, Ventile öffnen)	Information → Energie
Visualisieren	Touchpanels und Apps stellen Systemzustände dar und nehmen Benutzereingaben entgegen	Information → Information (bidirektional)
Speichern	Szenen, Parameter und Sollwerte werden persistent in Gerätespeichern abgelegt	Information → Information (zeitversetzt)

Grundfunktionen nach Bader

Bader (1991, S. 452) fordert die Rückführung der Teilfunktionen auf **Grundfunktionen**: Wandeln, Koppeln, Verknüpfen, Speichern und Trennen. Diese beschreiben, was auf elementarster Ebene mit den Ein- und Ausgangsgrößen geschieht:

Teilfunktion	Grundfunktion	Erläuterung
Erfassen	Wandeln	Physikalische Größe (Energie) wird in ein elektrisches Signal und weiter in ein digitales Bustelegramm gewandelt. Beispiel: Temperatursensor wandelt Wärmeenergie → Widerstandsänderung → 2-Byte-Gleitkommawert (KNX-Datenpunkttyp DPT 9.001).
Übertragen	Koppeln	Telegramme werden zwischen Sender und Empfänger gekoppelt — der Bus stellt die physische und logische Verbindung her. Die Gruppenadressierung ermöglicht eine 1:n-Kopplung (ein Sensor adressiert mehrere Aktoren).
Verarbeiten	Verknüpfen	Mehrere Eingangsgrößen werden logisch miteinander verknüpft (UND, ODER, Schwellwertvergleich). Diese Grundfunktion erzeugt aus bestehender Information neue Information.
Steuern/Regeln	Wandeln	Digitales Bustelegramm (Information) wird in einen physischen Energiefluss (Energie) gewandelt. Beispiel: Schaltaktor wandelt 1-Bit-Telegramm → Relaisansteuerung → 230 V AC am Ausgang.
Visualisieren	Wandeln	Bustelegramme (Information) werden in für den Menschen wahrnehmbare Darstellungen gewandelt (Display, LED-Anzeige). Umgekehrt werden Benutzereingaben (Touch, Wisch) in Bustelegramme gewandelt.
Speichern	Speichern	Zustandsgrößen (Szenen, Sollwerte, Parameter) werden zeitüberdauernd in nichtflüchtigem Speicher abgelegt und bei Bedarf wieder abgerufen.
Steuern/Regeln	Trennen	Schaltaktoren trennen den Energiepfad zu Verbrauchern (Relais öffnet → 230 V AC unterbrochen). Trennen ist die

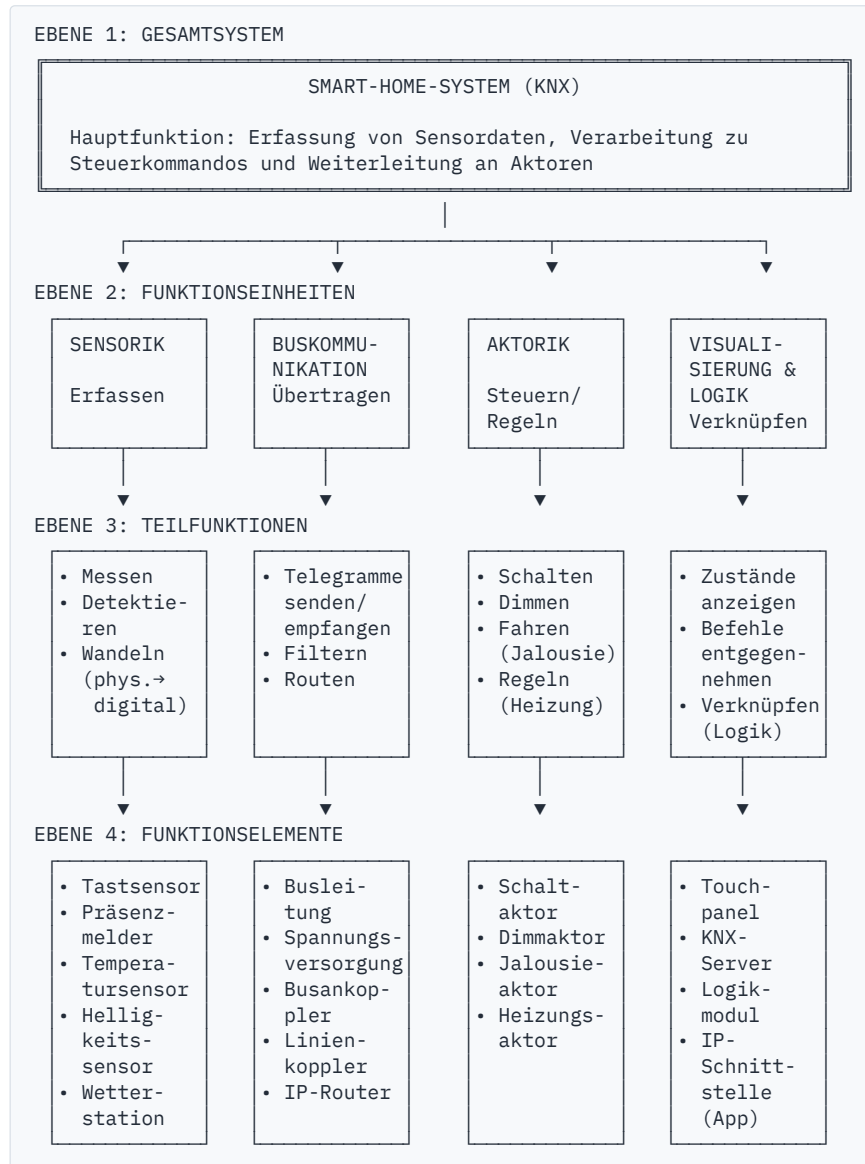
Teilfunktion	Grundfunktion	Erläuterung
Übertragen	Trennen	komplementäre Grundfunktion zu Koppeln auf der Energie-seite. Linienkoppler filtern den Informationsfluss nach Gruppen-adresse und trennen damit linienübergreifenden Verkehr selektiv — nur adressierte Telegramme passieren die Linien-grenze. Trennen ist hier die komplementäre Grundfunktion zu Koppeln auf der Informationsseite.

Die Grundfunktion **Trennen** tritt in zwei verschiedenen Bader-Kategorien auf: auf der Energieseite als Unterbrechung des Laststrompfads (Schaltaktor öffnet Relais → 230 V AC getrennt) und auf der Informationsseite als selektive Filterung des Telegrammverkehrs (Linienkoppler blockiert nicht adressierte Telegramme). Diese doppelte Ausprägung illustriert, dass Grundfunktionen kategorienübergreifend wirken können — ein Aspekt, der bei der Analyse bewusst reflektiert werden sollte.

2.5 Konkretisierung der Systembestandteile (Subsysteme)

Rekursive Zerlegung in vier Ebenen

Wie in Abschnitt 1.2 begründet, wird die rekursive Zerlegung (Bader, 1991, S. 455) auf vier Ebenen begrenzt: Gesamtsystem → Funktionseinheiten → Teilfunktionen → Funktionselemente.



Im Folgenden werden die vier Funktionseinheiten mit ihren Funktionselementen, Teilfunktionen und den zugehörigen Ein-/Ausgangsgrößen detailliert beschrieben.

Funktionseinheit 1: Sensorik

Die Sensorik bildet die Schnittstelle zwischen Systemumwelt und KNX-Bus. Ihre Grundfunktion ist das **Wandeln**: Physikalische Größen der Umgebung werden in digitale Bustelegramme transformiert.

Funktionselement	Teilfunktion	Eingang (Kategorie)	Ausgang (Kategorie)
Tastsensor	Benutzereingabe erfassen	Mechanische Betätigung (Energie)	Bustelegramm 1 Bit (Information)
Präsenzmelder	Anwesenheit detektieren	IR-Strahlung (Energie)	Bustelegramm 1 Bit (Information)
Temperatursensor	Raumtemperatur messen	Wärmeenergie (Energie)	Bustelegramm DPT 9.001 (Information)
Helligkeitssensor	Beleuchtungsstärke messen	Lichtenergie (Energie)	Bustelegramm DPT 9.004 (Information)
Wetterstation	Außenbedingungen erfassen	Wind, Regen, Sonne (Energie)	Mehrere Bustelegramme (Information)

Funktionseinheit 2: Buskommunikation

Die Buskommunikation stellt die physische und logische Verbindung zwischen allen Teilnehmern her. Ihre Grundfunktionen sind **Koppeln** (Telegramme transportieren), **Trennen** (Linienkoppler filtern linienübergreifenden Verkehr) und – als Sonderfall – **Wandeln** (Spannungsversorgung: 230 V AC → 29 V DC). Die logische Verknüpfung (UND, ODER, Schwellwerte) wird der Funktionseinheit 4 (Logik) zugeordnet, da sie eine inhaltliche Auswertung der Telegramme darstellt und nicht zum reinen Transport gehört.

Funktionselement	Teilfunktion	Eingang (Kategorie)	Ausgang (Kategorie)
Spannungsversorgung	Busenergie bereitstellen	230 V AC (Energie)	29 V DC (SELV) (Energie)
Busankoppler	Gerät an Bus anbinden	Telegramm (Information)	Telegramm (Information)
Buslinie (TP)	Telegramme übertragen	Telegramm (Information)	Telegramm (Information)
Linienkoppler	Linien verbinden, filtern	Telegramm (Information)	Telegramm (Information)
IP-Router	KNX mit IP-Netz koppeln	KNX-Telegramm (Information)	IP-Paket (Information)

Funktionseinheit 3: Aktorik

Die Aktorik bildet die Schnittstelle vom KNX-Bus zur Systemumwelt (Endverbraucher). Ihre Grundfunktion ist das **Wandeln**: Digitale Bustelegramme werden in physische Energieflüsse (Energie) transformiert.

Funktionselement	Teilfunktion	Eingang (Kategorie)	Ausgang (Kategorie)
Schaltaktor	Verbraucher ein/ausschalten	Bustelegramm 1 Bit (Information)	230 V AC über potentialfreien Relaiskontakt (Energie)
Dimmaktor	Helligkeit stufenlos regeln	Bustelegramm DPT 5.001 (Information)	230 V AC mit variablem Leitwinkel (Energie)
Jalousieaktor	Beschattung positionieren	Bustelegramm DPT 5.001 (Information)	230 V AC Motoransteuerung (Energie)
Heizungsaktor	Ventilstellung regeln	Bustelegramm DPT 5.001 (Information)	0–10 V DC oder PWM (Energie)

Funktionseinheit 4: Visualisierung und Logik

Die Visualisierung bildet die Mensch-Maschine-Schnittstelle des Systems. Ihre Grundfunktion ist das **Wandeln** in beide Richtungen: Bustelegramme werden für den Menschen dargestellt, Benutzereingaben werden in Bustelegramme gewandelt. Die Logikfunktion **verknüpft** Eingangsinformationen zu neuen Steuerungsentscheidungen.

Funktionselement	Teilfunktion	Eingang (Kategorie)	Ausgang (Kategorie)
Touchpanel	Systemzustände anzeigen, Befehle entgegennehmen	Bustelegramme (Information) + Berührung (Energie)	Displayanzeige (Information) + Bustelegramme (Information)
KNX-Server	Szenen speichern, Zeitprogramme ausführen	Bustelegramme (Information)	Bustelegramme (Information)
Logikmodul	Eingangswerte verknüpfen (UND, ODER, Schwellwerte)	Bustelegramme (Information)	Bustelegramme (Information)
IP-Schnittstelle (App)	Fernzugriff ermöglichen	IP-Paket (Information)	Bustelegramm (Information)

2.6 Analyse der Systemstruktur (Anordnungs- und Beziehungsgefüge)

Kommunikationsstruktur

Die Systemstruktur des KNX-Systems ist durch zwei Ordnungsprinzipien geprägt: die **physische Topologie** (wie sind die Geräte verkabelt?) und die **logische Struktur** (wie kommunizieren die Geräte miteinander?).

Physische Topologie: KNX verwendet eine hierarchische Linientopologie. Die Geräte sind in Linien organisiert, die über Linienkoppler zu Bereichen zusammengefasst werden. Diese Topologie begrenzt die Buslast und ermöglicht eine strukturierte Adressierung.

Logische Struktur: Die Kommunikation erfolgt über Gruppenadressierung — unabhängig von der physischen Topologie kann jeder Sensor mit jedem Aktor verknüpft werden. Gruppenadressen sind hierarchisch aufgebaut (Hauptgruppe/Mittelgruppe/Untergruppe, z. B. 1/2/3 = Hauptgruppe „Beleuchtung“ / Mittelgruppe „Wohnzimmer“ / Untergruppe „Deckenleuchte schalten“). Ein Tastsensor in Linie 1 kann einen Dimmaktor in Linie 2 ansteuern, sofern ein Kommunikationsobjekt beider Geräte derselben Gruppenadresse zugeordnet ist. Diese Zuordnung erfolgt projektspezifisch in der ETS (Engineering Tool Software), dem zentralen Parametrier- und Inbetriebnahmewerkzeug für KNX-Anlagen. Ohne ETS-Projektierung ist kein KNX-System funktionsfähig — sie bildet die Konfigurationsschnittstelle zwischen Planer/Installateur und System.

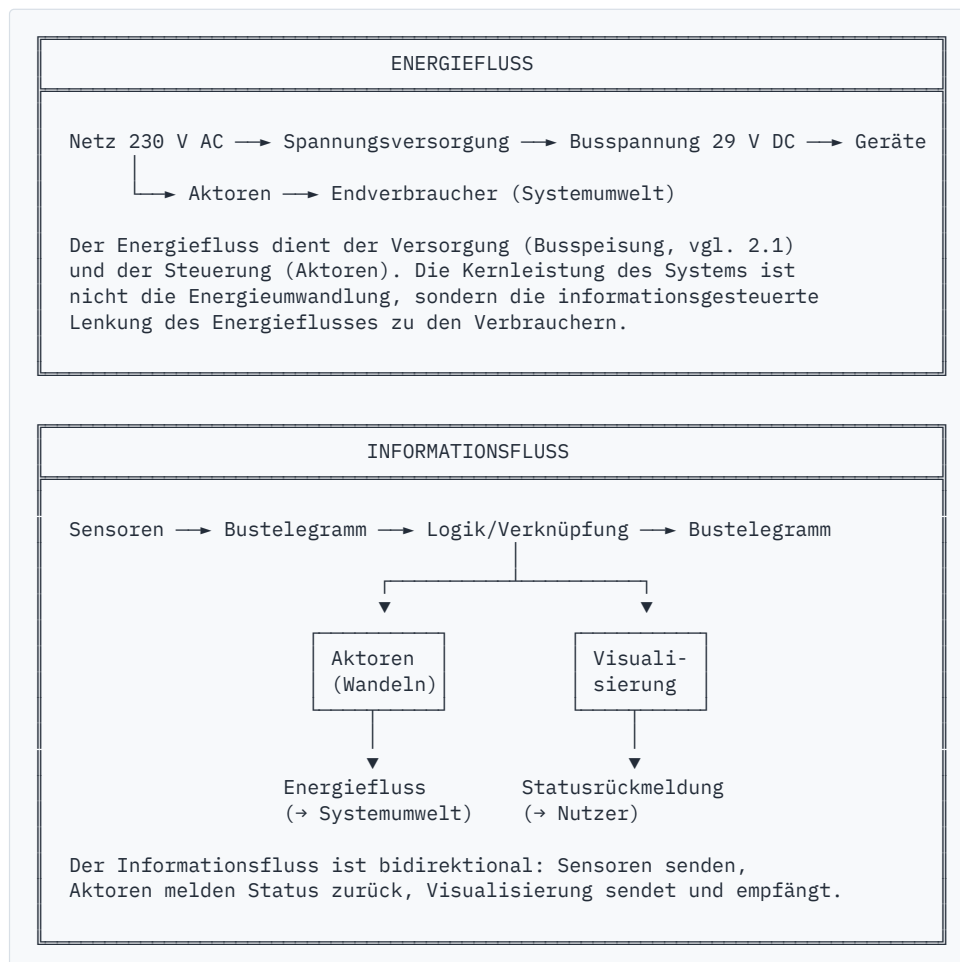
Beziehungsgefüge (Kommunikationsmatrix)

Die folgende Matrix zeigt die logischen Kommunikationsbeziehungen zwischen ausgewählten Funktionselementen. Ein „✓“ bedeutet: Der Sender sendet Telegramme, die der Empfänger verarbeitet.

Sender ↓ / Empfänger →	Schaltaktor	Dimmaktor	Jalousieaktor	Heizungsaktor	Visualisierung
Tastsensor	✓	✓	✓	—	✓
Präsenzmelder	✓	✓	—	—	✓
Temperatursensor	—	—	—	✓	✓
Helligkeitssensor	—	✓	✓	—	✓
Wetterstation	—	—	✓ (Windschutz)	—	✓
Logikmodul	✓	✓	✓	✓	✓
Zeitprogramm	✓	✓	✓	✓	✓
Visualisierung (Nutzer)	✓	✓	✓	✓	—

Energie- und Informationsfluss

Das System weist zwei getrennte Flusspfade auf, die in der Aktorik zusammentreffen:



2.7 Analyseergebnisse reflektieren

Die Reflexion der Analyseergebnisse folgt den Leitfragen, die Pahl (2016a, S. 37) für die abschließende Phase der Systemanalyse formuliert: Was hat die Analyse ergeben? Welche Erkenntnisse sind für berufliches Handeln relevant? War die gewählte Analysetiefe angemessen?

Zusammenfassung der Analyseergebnisse

Die Systemanalyse zeigt, dass das KNX-Smart-Home-System ein **informationsverarbeitendes System** ist, das sich klar in vier Funktionseinheiten gliedern lässt: Sensorik (Erfassen), Buskommunikation (Übertragen), Aktorik (Steuern/Regeln) und Visualisierung/Logik (Darstellen, Bedienen und Verknüpfen). Die dominierende Bader-Kategorie ist **Information** — das System verarbeitet keine Stoffströme und seine Kernleistung ist nicht die Umwandlung von Nutzenergie, sondern die Steuerung des Energieflusses zu Verbrauchern durch Informationsverarbeitung. Die Energiewandlungen im System (Busspeisung 230 V AC → 29 V DC, Leistungsstellglieder der Aktoren) sind der Informationsverarbeitung untergeordnet (vgl. Abschnitt 2.1).

Alle fünf Grundfunktionen nach Bader treten auf: Wandeln (Sensor: Energie → Information; Aktor: Information → Energie), Koppeln (Bus: Telegramme zwischen Teilnehmern transportieren), Verknüpfen (Logikmodule: mehrere Eingangsinformationen zu Steuerungsentscheidungen kombinieren), Speichern (Szenen, Sollwerte, Parameter) und Trennen (Schaltaktoren unterbrechen den Energiepfad, Linienkoppler filtern den Informationsfluss). Die logische Verknüpfung über Gruppenadressierung entkoppelt die physische Topologie von der Funktionszuordnung — ein Strukturmerkmal, das KNX von konventioneller Elektroinstallation grundlegend unterscheidet.

Bedeutung für berufliches Handeln

Die Systemanalyse liefert Erkenntnisse, die unmittelbar für das berufliche Handeln von Elektronikern FR Energie- und Gebäudetechnik relevant sind:

Systematische Fehlersuche: Die Zerlegung in Funktionseinheiten mit klar definierten Ein- und Ausgangsgrößen ermöglicht eine strukturierte Fehlereingrenzung. Funktioniert eine Jalousiesteuerung nicht, lässt sich der Fehler systematisch eingrenzen: Sendet der Sensor ein Telegramm? (Sensorik) → Kommt das Telegramm am Aktor an? (Buskommunikation) → Reagiert der Aktor auf das Telegramm? (Aktorik) → Wird der Status korrekt zurückgemeldet? (Visualisierung). Diese Vorgehensweise entspricht dem im Rahmenlehrplan geforderten systematischen Analysieren und Prüfen.

Planung und Projektierung: Die Kenntnis der Systemstruktur ist Voraussetzung für die Planung neuer KNX-Anlagen. Die Zuordnung von Teilfunktionen zu Funktionselementen (z. B. „Raumtemperatur regeln“ → Temperatursensor + Heizungsaktor + Regler-Applikation) bildet die Grundlage für die Geräteauswahl und Gruppenadress-Planung.

Kundenberatung: Die Unterscheidung von Systemzweck (Was leistet das System?) und Systemfunktionen (Wie leistet es das?) ermöglicht eine fachlich fundierte Kundenberatung. Der Elektroniker kann dem Kunden den Nutzen (Komfort, Energieeffizienz, Sicherheit) erklären, ohne sich in technischen Details zu verlieren — oder bei Bedarf die technische Umsetzung transparent machen.

Ausfallverhalten und IT-Sicherheit: Die Systemanalyse zeigt, dass das KNX-System über kein zentrales Steuerungsgerät verfügt — jeder Busteilnehmer arbeitet autonom. Bei Busspannungsausfall ist das parametrisierte Ausfallverhalten (letzter Zustand, Sicherheitszustand oder Handbetrieb) entscheidend; die Kenntnis dieser Zustandsgröße (vgl. Abschnitt 2.3) gehört zur Inbetriebnahme-Kompetenz. Zudem ist zu beachten, dass KNX-Tp (Twisted Pair) keine Verschlüsselung oder Authentifizierung vorsieht und KNXnet/IP ohne zusätzliche Maßnahmen (VPN, KNX Secure) Sicherheitsrisiken birgt. Die Bewertung der IT-Sicherheit vernetzter Gebäudetechnik gewinnt im beruflichen Handeln zunehmend an Bedeutung.

Angemessenheit der Analysetiefe

Die Zerlegung auf vier Ebenen (Gesamtsystem → Funktionseinheiten → Teilfunktionen → Funktionselemente) erweist sich als angemessen für die Zielgruppe. Sie ist tief genug, um die beruflich relevanten Komponenten zu identifizieren und ihre Zusammenhänge zu verstehen. Eine tiefere Zerlegung — etwa in die interne Architektur eines Busankopplers (Mikrocontroller, Speicher, Transceiver) — wäre technisch möglich, übersteigt jedoch die im Rahmenlehrplan adressierten Kompetenzen und verschiebt den Fokus von der Systemebene auf die Bauteilebene (vgl. Pahl, 2016a, S. 37).

Übertragbarkeit der Analysemethodik

Die an diesem System durchgeführte Analysemethodik nach Bader ist auf strukturell ähnliche Systeme übertragbar. Die Schritte — Systemzweck bestimmen, Grenze festlegen, Ein-/Ausgangsgrößen nach Stoff/Energie/Information kategorisieren, Funktionen identifizieren, rekursiv zerlegen — bilden ein universelles Vorgehen, das auf andere gebäudetechnische Bussysteme (DALI, Modbus, BACnet) ebenso anwendbar ist wie auf vernetzte Systeme außerhalb der Gebäudetechnik (Industrieautomation, Fahrzeugelektronik). Bader (1991, S. 452) betont gerade diese Übertragbarkeit als zentralen didaktischen Wert der Systemanalyse: Das „Durchschauen“ und „Handhaben“ eines konkreten Systems befähigt zum Verstehen strukturell verwandter Systeme.

3. Arbeitsplan

Der Arbeitsauftrag fordert als Handlungsergebnis einen „vollständigen und ausdefinierten Arbeitsplan“ (Arbeitsauftrag, Abschnitt 1). Der folgende Plan gliedert die Erarbeitung der Systemanalyse in Arbeitspakete, die sich am Analyseschema nach Bader (1991, S. 452) orientieren. Jedes Arbeitspaket benennt das erwartete Handlungsprodukt, damit der Arbeitsfortschritt überprüfbar ist.

3.1 Arbeitspakete

AP	Arbeitsschritt	Handlungsprodukt	Termin	Status
1	Literaturstudium: Bader (1991), Pahl (2016a), Jenewein/Pahl (2016b) lesen und Analyseschema herausarbeiten	Literatursynthese-Matrix mit Kernaussagen und daraus abgeleiteter allgemeingültiger Systemanalyse-Vorgehensweise	05.02.2026	✓
2	Rahmenlehrplan sich-ten: Lernfelder identifizieren, die das gewählte System adressiert; Lernfeldmatrizen (ISB 2022) auswerten	Curriculum-Mapping mit Zuordnung der Analyse-Schritte zu Sach-, Prozess- und Reflexionswissen	05.02.2026	✓
3	Systemauswahl treffen und begründen: System festlegen, Eignung für Bader/Pahl prüfen, Unterrichtsrelevanz und didaktische Begründung ausformulieren	Entscheidungsvorlage mit Kriterienraster (Systemzweck, Komplexität, Unterrichtsrelevanz, Didaktikbezug)	07.02.2026	✓
4	Systemzweck und Systemgrenzen festlegen (Bader-Schritte 1–2): Zweck formulieren,	Methodisch begründetes Zweck-/Grenzen-Set mit nachvollziehbaren Grenz-	09.02.2026	✓

AP	Arbeitsschritt	Handlungsprodukt	Termin	Status
	Hauptfunktion ableiten, Grenzentscheidungen treffen und begründen	entscheidungen und Ausschlüssen		
5	Ein-/Ausgangsgrößen ermitteln (Bader-Schritt 3): Größen nach Stoff/Energie/Information kategorisieren, Zustandsgrößen definieren	Größenkatalog mit konsistenter Klassifikation und Prüfhinweisen für spätere Struktur- und Funktionsanalyse	09.02.2026	✓
6	Systemfunktionen beschreiben (Bader-Schritte 4–5): Hauptfunktion → Teilfunktionen → Grundfunktionen (Wandeln, Koppeln, Verknüpfen, Speichern, Trennen) zuordnen	Funktionshierarchie des KNX-Systems als durchgängige Transformationskette von Eingang zu Ausgang	10.02.2026	✓
7	Subsysteme konkretisieren (Bader-Schritt 6): Rekursive Zerlegung in vier Ebenen durchführen, Funktionseinheiten mit Funktionselementen beschreiben	Rekursive Zerlegungsdocumentation mit Begründung der Ebenenbildung und Zuordnung der Funktionseinheiten	11.02.2026	✓
8	Systemstruktur analysieren (Bader-Schritt 7): Kommunikationsbeziehungen darstellen, Energie- und Informationsfluss visualisieren	Strukturmodell mit KNX-Kommunikationsbeziehungen sowie klar getrennten Energie- und Informationspfaden	12.02.2026	✓
9	Analyseergebnisse reflektieren (Bader-Schritt 8): Rückbezug auf berufliches Handeln, Analysetiefe bewerten, Übertragbarkeit prüfen	Reflexionsprotokoll mit Bewertung der Vorgehensweise, Grenzen der Analyse und didaktischem Transfer	12.02.2026	✓
10	Qualitätssicherung: Gesamtdokument gegen Analyseschema und Literatur prüfen, Konsistenz zwischen Kapiteln sicherstellen, Quellen abgleichen	QS-Checkliste mit Nachweis der vollständigen Schrittfolge und konsistenter Begriffs- und Quellenverwendung	14.02.2026	✓
11	Präsentationsmedien erstellen: Kernaussagen je Analyseschritt aufbereiten, Projektseite (Arbeitsauftrag/Literatursynthese/Arbeitsplan/PDF) finalisieren, Visualisierungen abstimmen	Abgestimmtes Präsentationspaket aus Projektseite + Folienskript mit klarer Methodenlinie	17.02.2026	✓
12	Interaktive Präsentation und Probelauf: HTML-Präsentation entlang der Gliederung erstellen, Teamdurchlauf mit Zeitmessung durchführen, Kürzungen festlegen	Vortragsreife interaktive Präsentation + Probelaufprotokoll mit finalen Anpassungen	18.02.2026	✓

AP	Arbeitsschritt	Handlungsprodukt	Termin	Status
13	Präsentation im Seminar	Finales Seminar-Ergebnis: strukturierte Vorstellung der Analyse mit Bezug auf Vorgehensmodell und Fachbefunde	19.02.2026	☐

3.2 Gliederung der Präsentation (max. 45 Minuten)

Block	Inhalt	Dauer
1	Einstieg über Projektseite: Arbeitsauftrag, Literaturfundament und Begründung der Systemauswahl (Warum KNX?)	ca. 8 Min.
2	Systemzweck und Systemgrenzen: Was leistet das System? Wo endet es? Begründung der Grenzzentscheidungen	ca. 5 Min.
3	Ein-/Ausgangsgrößen nach Stoff/Energie/Information: Kategorisierung, Besonderheit als Energie-Informations-System ohne Stoffströme	ca. 5 Min.
4	Systemfunktionen: Hauptfunktion → Teilfunktionen → Grundfunktionen (Wandeln, Koppeln, Verknüpfen, Speichern, Trennen)	ca. 7 Min.
5	Rekursive Zerlegung: Vier-Ebenen-Diagramm, Funktionseinheiten (Sensorik, Buskommunikation, Aktorik, Visualisierung) mit Beispielen	ca. 8 Min.
6	Systemstruktur: Kommunikationsmatrix, Energie- und Informationsfluss, Unterschied physische vs. logische Topologie	ca. 5 Min.
7	Reflexion: Bedeutung für berufliches Handeln, Übertragbarkeit, Angemessenheit der Analysetiefe	ca. 4 Min.
8	Interaktive Präsentationsansicht (Kurzdemonstration) sowie Rückfragen und Diskussion	ca. 3 Min.

4. Quellen

- Bader, R. (1991): Didaktik der Technik – Beitrag zu einer Theorie technischer Bildung in der Berufsschule durch Verstehen und Gestalten von Systemen. In: Die berufsbildende Schule (BbSch), 43. Jg., Heft 7/8, S. 441–458.
- Jenewein, K./Pahl, J.-P. (2016b): Analyse technischer Systeme. In: lernen & lehren, Heft 124, S. 138–145.
- KMK (2021): Rahmenlehrplan Elektroniker/in FR Energie- und Gebäudetechnik.
- ISB Bayern (2022): Umsetzungshilfe für den Ausbildungsberuf Elektroniker/in FR Energie- und Gebäudetechnik.
- Pahl, J.-P. (2016a): Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. 5. Auflage. Bielefeld.