

User:

Ich möchte ein neues, innovatives Produkt entwickeln. Welche Aktivitäten muss ich für die Entwicklung befolgen? Ich werde das Produkt im nächsten Schritt spezifizieren.

ChatGPT:

Für die systematische Entwicklung eines neuen, innovativen Produkts empfiehlt sich das strukturierte Vorgehen gemäß **VDI 2221 Blatt 1: Systematischer Entwicklungsprozess technischer Produkte und Systeme**. Dieses Vorgehensmodell gliedert den Entwicklungsprozess in vier Hauptphasen mit klar definierten Aktivitäten.

**Phasen und Aktivitäten der Produktentwicklung gemäß VDI 2221-1****1. Klärung und Präzisierung der Aufgabenstellung**

Ziel: Vollständiges Verständnis des Entwicklungsziels.

Aktivitäten:

- Analyse der Ausgangssituation
 - Erfassen der Anforderungen (Lastenheft)
 - Umfeld- und Stakeholderanalyse
 - Definition von Zielgrößen und Restriktionen
-

2. Erarbeitung von Funktionsstrukturen und Lösungsprinzipien

Ziel: Entwicklung von Lösungsansätzen auf Basis der Funktion.

Aktivitäten:

- Zerlegung in Teilfunktionen (Funktionsstruktur nach Pahl & Beitz)
 - Bildung von Wirkprinzipien (nach VDI 2221 und TRIZ)
 - Morphologischer Kasten zur Kombination von Lösungsprinzipien
 - Auswahl von Grobkonzepten (z. B. mit Nutzwertanalyse)
-

3. Entwurf (Konzeptausarbeitung)

Ziel: Ausarbeitung und Bewertung von Lösungskonzepten.

Aktivitäten:

- Erstellung von Konzeptvarianten
- Grobauslegung und Vorbemessung (nach VDI 2235)

- Bewertung nach technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Kriterien
 - Auswahl eines favorisierten Gesamtkonzepts
-

4. Ausarbeitung (Detailkonstruktion)

Ziel: Detaillierte Ausgestaltung für Fertigung, Montage und Betrieb.

Aktivitäten:

- CAD-Modellierung, Toleranzanalyse, Stücklisten
 - Auswahl von Werkstoffen und Fertigungsverfahren
 - Prüfplanung, Sicherheitsbetrachtung (z. B. FMEA)
 - Vorbereitung der Produktion und Dokumentation
-

Grafische Übersicht des Entwicklungsprozesses

```
dot
KopierenBearbeiten
digraph Produktentwicklung {
    rankdir=LR;
    node [shape=box, style=filled, fillcolor=lightgrey];

    A [label="1. Klärung der Aufgabe"];
    B [label="2. Erarbeitung von Funktionen\\n&Lösungsprinzipien"];
    C [label="3. Konzeptentwurf"];
    D [label="4. Ausarbeitung"];

    A -> B -> C -> D;
}
```

Wenn du mir im nächsten Schritt dein Produkt nennst, beginnen wir konkret mit Phase 1: **Aufgabenklärung** und leiten systematisch alle weiteren Schritte daraus ab.

User:

Ich möchte eine lunch box entwickeln, die sowohl heizen als auch kühlen kann. Beginne mit Schritt 1. Arbeitet ihn detailliert aus.

ChatGPT:

Sehr gut. Wir beginnen mit Schritt 1 der VDI 2221-1:

 **1. Klärung und Präzisierung der Aufgabenstellung**

Ziel dieser Phase ist es, die gestellte Aufgabe vollständig zu verstehen, relevante Einflussfaktoren zu identifizieren und ein **Lastenheft** zu erstellen.

Die Hauptfrage lautet: *Was soll das Produkt leisten – unabhängig davon, wie es gelöst wird?*

 **1.1 Ausgangssituation analysieren**

Ausgangsfrage: Warum wird dieses Produkt benötigt?

Gegebene Idee:

Eine **Lunchbox**, die Lebensmittel **aktiv heizen und kühlen** kann – ideal für mobile Anwendungen (z. B. Büro, Schule, Lkw, Baustelle, Outdoor).

Relevante Beobachtungen:

- Nutzer*innen haben oft keine Möglichkeit, Mahlzeiten unterwegs zu kühlen oder zu erwärmen.
 - Markt bietet bisher entweder **nur Heizboxen** oder **passive Kühlboxen**.
 - Thermoelektrische Module (Peltier-Elemente) ermöglichen theoretisch beides.
-

 **1.2 Anforderungen erfassen (Lastenheft-Entwurf)**

Wir gliedern die Anforderungen in:

► **Funktionale Anforderungen**

| Nr. | Anforderung |
|-----------|--|
| F1 | Die Lunchbox soll Speisen erwärmen können (z. B. auf >60 °C) |
| F2 | Die Lunchbox soll Speisen kühlen können (z. B. <10 °C) |
| F3 | Die Temperatur soll einstellbar sein |
| F4 | Es soll ein Betriebsmodus „nur kühlen“, „nur heizen“ oder „aus“ möglich sein |
| F5 | Die Stromversorgung soll über Akku und/oder Netz erfolgen |

► Nicht-funktionale Anforderungen

| Nr. | Anforderung |
|-----|--|
| NF1 | Maximales Gewicht: $\leq 2,5$ kg |
| NF2 | Außenmaße: $\leq 25 \times 20 \times 15$ cm |
| NF3 | Material lebensmittelecht, leicht zu reinigen |
| NF4 | Energiemanagement effizient (Akkulaufzeit > 2 h) |
| NF5 | Geräuscharm (z. B. < 40 dB) |
| NF6 | CE-konform, evtl. IP-Schutzklasse (Feuchtigkeit) |

❶ 1.3 Randbedingungen & Einflussfaktoren

| Bereich | Einfluss |
|-------------------|---|
| Umweltbedingungen | Outdoor-Einsatz: Temperaturen von -10 °C bis $+40$ °C |
| Rechtliche Normen | CE, RoHS, evtl. LFGB (Lebensmittelkontakt) |
| Wettbewerber | HotLogic, Xiaomi Youpin, Campingboxen |
| Benutzergruppen | Schüler, Berufspendler, Bauarbeiter, Camper |
| Stakeholder | Kunden, Produktsicherheitsstelle, Herstellerwerk |

⌚ 1.4 Zielgrößen & Zielkonflikte

| Zielgröße | Zielwert |
|---------------------|------------------------------|
| Max. Heiztemperatur | ≥ 60 °C |
| Min. Kühltemperatur | ≤ 10 °C |
| Laufzeit (Akku) | ≥ 2 Stunden |
| Ladezeit | < 2 Stunden |
| Volumen (Innen) | ca. 1–1,5 Liter |
| Preisziel | ≤ 80 € (Marktfähigkeit) |

Mögliche Zielkonflikte:

- Hohe Heiz-/Kühlleistung \leftrightarrow Akkulaufzeit
- Kompakte Bauform \leftrightarrow ausreichende Isolation / Technik
- Geringes Gewicht \leftrightarrow robuste Materialien

✿ 1.5 Abgeleitete Teilaufgaben

| Teilaufgabe |
|--|
| Auswahl geeigneter Heiz-/Kühltechnologie |
| Auslegung der Wärmedämmung |
| Konzeption des Energiemanagements |
| Gestaltung eines nutzerfreundlichen Interfaces |
| Definition von Reinigungs- und Sicherheitsfunktionen |

Grafische Darstellung der Aufgabenstruktur (nach VDI 2221-1)

```
dot
KopierenBearbeiten
digraph Aufgabenstruktur {
    node [shape=box, style=filled, fillcolor=lightyellow];
    rankdir=TB;

    A [label="Gesamtaufgabe:\nHeiz-/Kühl-Lunchbox"];
    B1 [label="Funktion:\nHeizen"];
    B2 [label="Funktion:\nKühlen"];
    B3 [label="Funktion:\nTemperaturregelung"];
    B4 [label="Stromversorgung"];
    B5 [label="Gehäuse & Isolation"];
    B6 [label="Bedienung & Anzeige"];
    B7 [label="Reinigung & Sicherheit"];

    A -> {B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7}
}
```

Ergebnis von Schritt 1:

Du verfügst nun über:

- Ein **vollständiges Anforderungsprofil**
 - Eine strukturierte **Aufgabener zerlegung**
 - Einen soliden Startpunkt für die **Funktionenanalyse (Schritt 2)**
-

 Möchtest du mit **Schritt 2: Funktionsstruktur und Lösungsprinzipien** fortfahren?

User:
Ja.

ChatGPT:

Sehr gut. Wir fahren nun mit Schritt 2 gemäß VDI 2221-1 fort:

2. Erarbeitung der Funktionsstruktur und Lösungsprinzipien

Zweck dieses Schritts:

- Systematische **Zerlegung der Gesamtfunktion** in Teilfunktionen
- Entwicklung technischer **Lösungsprinzipien** (Wirkprinzipien) zu diesen Teilfunktionen
- Grundlage für die spätere Kombination und Bewertung von Konzeptvarianten

Wir wenden die Methode der **Funktionsstruktur nach Pahl & Beitz** an:

- Funktionen werden **vom Eingang zum Ausgang** logisch miteinander verbunden.
 - Nur **material-, energie- und signalbezogene Vorgänge** werden betrachtet.
-

✳ 2.1 Gesamtfunktion definieren

"**Speisen in einem isolierten Behälter bedarfsgerecht kühlen oder erhitzen, versorgen und steuern.**"

⌚ 2.2 Zerlegung in Teifunktionen

Wir zerlegen die Funktion entlang der Prozesskette:

| Teifunktion-Nr. | Funktion | Beschreibung |
|-----------------|--------------------------------|--|
| TF1 | Energie bereitstellen | Akku/Ladegerät versorgt System |
| TF2 | Energie umwandeln (thermisch) | Heiz-/Kühlelement erzeugt Wärme/Kälte |
| TF3 | Temperatur regeln | Regler mit Sensoren steuert Heiz-/Kühlleistung |
| TF4 | Wärme isolieren | Minimierung von Verlusten |
| TF5 | Speise aufnehmen / umschließen | Innenbehälter für Lebensmittel |
| TF6 | Bedienen & Anzeigen | Nutzer stellt Temperatur ein, sieht Status |
| TF7 | Wärme ableiten (bei Kühlung) | Abwärme muss effizient abgeführt werden |

↗ 2.3 Funktionsstruktur (Funktionsblockdiagramm)

```
dot
KopierenBearbeiten
digraph Funktionsstruktur {
    rankdir=LR;
    node [shape=box, style=filled, fillcolor=lightblue];

    E1 [label="Elektrische Energie"];
    M1 [label="Lebensmittel"];
    S1 [label="Nutzereingabe"];

    F1 [label="TF1:\nEnergie bereitstellen"];
    F2 [label="TF2:\nEnergie umwandeln"];
    F3 [label="TF3:\nTemperatur regeln"];
    F4 [label="TF4:\nWärme isolieren"];
    F5 [label="TF5:\nSpeise aufnehmen"];
```

```

F6 [label="TF6:\nBedienen & Anzeigen"];
F7 [label="TF7:\nAbwärme ableiten"];

E2 [label="Wärme/Kälte"];
M2 [label="Gekühlte/geheizte Speise"];
S2 [label="Rückmeldung / Anzeige"];

E1 -> F1 -> F2 -> E2;
M1 -> F5 -> M2;
E2 -> F4;
E2 -> F3;
F3 -> F2;
F6 -> F3;
S1 -> F6;
F2 -> F7;
F3 -> S2;
}

```

2.4 Lösungsprinzipien (Beispiele)

► TF1: Energie bereitstellen

- **Li-Ion-Akku** mit 12 V, 5 Ah
- Netzanschluss mit Ladegerät (230 V → DC)
- USB-C als universeller Anschluss

► TF2: Energie umwandeln

- **Peltier-Element (TEC)**: kompaktes Heizen und Kühlen
- **Heizfolie / Heizdraht** für reine Heizfunktion
- Optional: Kühlkompressor (eher unpraktisch)

► TF3: Temperatur regeln

- **Thermostat-Schaltung**
- Mikrocontroller (z. B. ESP32, Arduino Nano)
- Temperaturfühler (NTC/PTC, digitale Sensoren z. B. DS18B20)

► TF4: Wärme isolieren

- Vakuumisiolerte Doppelwand
- PU-Schaum
- Thermoplast mit Aluminiumschicht

► TF5: Speise aufnehmen

- Edelstahlbehälter, herausnehmbar
- Lebensmittelechter Kunststoff (z. B. Tritan)
- Deckeldichtung mit Silikonring

► TF6: Bedienen & Anzeigen

- Touchpanel oder Drehknopf
- LCD- oder LED-Anzeige
- App-Anbindung (optional)

► TF7: Wärme ableiten

- Aluminiumkühlkörper mit Lüfter
- Heatpipe-Konstruktion
- Passive Kühlrippen

💼 Ergebnis Schritt 2:

- Du hast jetzt eine vollständige **Funktionsstruktur**
- Erste **Lösungsprinzipien** sind identifiziert
- Basis für morphologischen Kasten und Konzepterstellung ist gelegt

👉 Möchtest du im **nächsten Schritt (3): Konzeptentwurf und Variantenbildung** weitermachen? Dabei entwickeln wir aus den obigen Funktionsprinzipien systematisch Produktkonzepte.

| |
|--------------|
| User: Ja. |
|--------------|

ChatGPT:

Sehr gut. Wir machen nun weiter mit Schritt 3 gemäß VDI 2221-1:

🧠 **3. Konzeptentwurf – Bildung, Kombination und Bewertung von Lösungsvarianten**

🎯 **Zweck dieses Schritts:**

- Systematische Kombination der ermittelten **Lösungsprinzipien zu Produktkonzepten**
- Auswahl eines oder mehrerer **technisch und wirtschaftlich sinnvoller Gesamtentwürfe**
- Vorbereitung der Ausarbeitung im Detail (Schritt 4)

💼 **3.1 Morphologischer Kasten (nach Zwicky)**

Wir kombinieren die ermittelten Lösungen aus Schritt 2 zu vollständigen Konzeptvarianten. Dabei trägt jede Zeile eine Teilfunktion und jede Spalte eine mögliche Ausprägung.

| Teilfunktion | Variante A | Variante B | Variante C |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| TF1 Energieversorgung | Li-Ion-Akku (12 V, 5Ah) | Netzbetrieb + USB-C | Wechselakku-System |
| TF2 Heizen/Kühlen | Peltier-Element mit Polumschaltung | Heizfolie + Peltier getrennt | Kompressor + Heizdraht (aufwendig) |
| TF3 Temperaturregelung | Thermostat analog | Mikrocontroller mit Sensor | App-gesteuert über Bluetooth |
| TF4 Isolation | PU-Schaum + Kunststoff | Vakuumkammer | EPS-Kern mit Reflektionsfolie |
| TF5 Speisebehälter | Edelstahl herausnehmbar | Kunststoff fest integriert | Glasbehälter mit Dichtung |
| TF6 Bedienung/Anzeige | LED-Anzeige + Taster | Drehknopf + LCD | Touchpanel mit Display |
| TF7 Abwärmeabführung | Passiver Alu-Kühlkörper | Lüfter + Heatpipe | Aktive Belüftung mit Temperatursensor |

3.2 Kombination zu Konzeptvarianten

Wir wählen zunächst drei sinnvolle Varianten zur Bewertung:

◆ Konzept 1: Basic (kostengünstig, robust)

- Akku (12 V)
- Kombi-Peltier
- Thermostat
- PU-Isolation
- Edelstahlbehälter
- LED + Taster
- Passivkühlkörper

◆ Konzept 2: Smart (komfortabel, innovativ)

- Netz + Akku
- Peltier + Heizfolie
- Mikrocontroller + Sensor
- Vakuumisolierung
- Kunststoffbehälter integriert
- Drehregler + LCD
- Heatpipe + Lüfter

◆ Konzept 3: Premium (smart & leistungsstark)

- Wechselakku-System
- Kompressor + Heizdraht
- Bluetooth-App-Steuerung

- EPS + Reflektionsfolie
 - Glasbehälter
 - Touchdisplay
 - Aktive Belüftung
-

3.3 Bewertung mit Nutzwertanalyse

Wir verwenden folgende Bewertungskriterien:

- **Funktionalität (F)** – Heiz-/Kühlleistung, Temperaturregelung
- **Kosten (K)** – Material, Fertigung, Komponenten
- **Komfort (C)** – Bedienung, Reinigung, Mobilität
- **Energieeffizienz (E)** – Laufzeit, Isolation, Verbrauch
- **Realisierbarkeit (R)** – technisches Risiko, Komplexität

Gewichtung (Beispiel):

F = 30 %, K = 20 %, C = 20 %, E = 15 %, R = 15 %

| Kriterium | Gewicht | Konzept 1 | Konzept 2 | Konzept 3 |
|-------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| Funktionalität | 30 % | 6 | 8 | 9 |
| Kosten | 20 % | 9 | 7 | 4 |
| Komfort | 20 % | 6 | 8 | 9 |
| Energieeffizienz | 15 % | 7 | 8 | 6 |
| Realisierbarkeit | 15 % | 9 | 7 | 5 |
| Gesamtwert | 100 % | 7,05 | 7,65 | 6,35 |

Skala: 1 = schlecht, 10 = sehr gut

3.4 Auswahl & Begründung

 **Konzept 2 (Smart)** bietet die **beste Gesamtleistung** bei **akzeptabler Komplexität und hohem Kundennutzen**.

Es wird für den nächsten Schritt – **Detailausarbeitung** – ausgewählt.

Grafische Übersicht der Konzeptbildung

dot

KopierenBearbeiten

```
digraph Konzeptbildung {
```

```
    node [shape=box, style=filled, fillcolor=lightgreen];
    rankdir=LR;
```

```
    F1 [label="Teilfunktionen"];
    M1 [label="Morphologischer Kasten"];
```

```

C1 [label="Konzept 1:\nBasic"];
C2 [label="Konzept 2:\nSmart"];
C3 [label="Konzept 3:\nPremium"];
B [label="Nutzwertanalyse"];
A [label="Ausgewähltes Konzept:\nSMART"];

F1 -> M1 -> {C1 C2 C3} -> B -> A;
}

```

Ergebnis Schritt 3:

- Drei **Konzepte gebildet und bewertet**
- "**SMART**"-Konzept als Sieger ausgewählt
- Grundlage für die **Detailausarbeitung (Schritt 4)** gelegt

 Möchtest du mit **Schritt 4: Ausarbeitung des gewählten Konzepts** fortfahren? Hier geht es um konkrete Gestaltung, Bauteilauswahl, CAD, Toleranzen, Sicherheitsaspekte etc.

User:

Prüfe, ob alle Anforderungen aus der ursprünglich erstellten Anforderungsliste erfüllt sind.

ChatGPT:

Sehr gut. Eine **Rückverfolgbarkeit der Anforderungen** ist essenziell nach VDI 2221 und Bestandteil der **technischen Qualitätssicherung**.

Wir prüfen, ob das gewählte **Konzept 2 (Smart)** alle Anforderungen aus Schritt 1 erfüllt.

Anforderungsprüfung – Konzept 2 ("Smart")

◆ Funktionale Anforderungen

| Nr. | Anforderung | Erfüllt? | Begründung |
|-----|---------------------------|---|---|
| F1 | Speisen erwärmen (>60 °C) |  | Peltier und Heizfolie ermöglichen aktives Erwärmen |
| F2 | Speisen kühlen (<10 °C) |  | Peltier-Element (bei guter Isolierung) schafft dies |
| F3 | Temperatur einstellbar |  | Mikrocontroller mit Sensor erlaubt Regelung |

| | | | |
|----|---|-------------------------------------|---|
| F4 | Modi: Kühlen, Heizen, Aus | <input checked="" type="checkbox"/> | Softwaresteuerung am µC realisiert Betriebsmodi |
| F5 | Stromversorgung über Akku und/oder Netz | <input checked="" type="checkbox"/> | Kombination aus Netzbetrieb + Akku vorgesehen |

◆ Nicht-funktionale Anforderungen

| Nr. | Anforderung | Erfüllt? | Begründung |
|-----|---|--|--|
| NF1 | Gewicht \leq 2,5 kg | ⚠ Tendenziell | Hängt von Gehäuse, Akku und Kühlkomponenten ab (Grenzwertig) |
| NF2 | Maße \leq 25 \times 20 \times 15 cm | <input checked="" type="checkbox"/> | Umsetzbar bei kompakter Bauweise und Integration |
| NF3 | Material lebensmittelecht, leicht zu reinigen | <input checked="" type="checkbox"/> | Kunststoff- oder Edelstahl-Behälter vorgesehen |
| NF4 | Akkulaufzeit \geq 2 h | ⚠ kritisch | Leistungsaufnahme durch Peltier + Lüfter kann hohe Akkukapazität erfordern |
| NF5 | Geräuscharm (<40 dB) | ⚠ bedingt | Lüfterbetrieb erzeugt Geräusch – leise Lüfter notwendig |
| NF6 | CE-konform, ggf. IP-Schutzkla | ⚠ später prüfen | Umsetzbar, aber erst in Ausarbeitung zu validieren (z. B. IPx4) |

📌 Ergebnisse der Anforderungsprüfung

| Status | Anzahl | Anmerkung |
|--|--------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Erfüllt | 9/13 | Alle zentralen technischen Anforderungen sind erfüllt |
| ⚠ Teilweise / kritisch | 4/13 | Gewicht, Laufzeit, Geräusch und IP-Schutz sind kritisch zu überwachen |
| ✗ Nicht erfüllt | 0 | Keine Anforderung wird klar verfehlt |

💻 Fazit

- ▶ Das Konzept **erfüllt alle Kernfunktionen zuverlässig**
 - ▶ Vier Anforderungen müssen in der Detailausarbeitung (Schritt 4) gezielt überprüft und ggf. optimiert werden
-

👉 Sollen wir nun mit **Schritt 4: Ausarbeitung und technische Umsetzung** des ausgewählten Konzepts fortfahren? Dabei optimieren wir genau diese kritischen Punkte.

User:

Führe eine TRIZ-Sitzung durch.

ChatGPT:

Sehr gut. TRIZ (Theorie des erfinderischen Problemlösens) ist eine leistungsfähige Methode zur **systematischen Innovation**. Sie identifiziert **Widersprüche** im System und schlägt bewährte **Innovationsprinzipien** zu deren Lösung vor.

TRIZ-Sitzung zur Lunchbox mit Heiz-/Kühlfunktion

1. Technischer Kernwiderspruch identifizieren

TRIZ geht davon aus, dass Innovation oft durch das **Auflösen von Widersprüchen** entsteht. Bei deinem Produkt:

Wenn wir die Heiz-/Kühlleistung verbessern, dann verschlechtert sich die **Akkulaufzeit bzw. Energieeffizienz**.

TRIZ-Widerspruch:

| Zu verbessernder Parameter (TRIZ-Matrix) | Nr. |
|--|-----|
| Heiz-/Kühlleistung (Temperatur) | 22 |
| Sich verschlechternder Parameter (TRIZ-Matrix) | Nr. |
| Energieverbrauch / Energieeffizienz | 16 |

2. Anwendung der Widerspruchsmatrix

Wir schlagen den Widerspruch 22 vs. 16 in der **TRIZ-Widerspruchsmatrix** nach.

Vorschläge der Matrix:

Die Matrix empfiehlt bei (22 verbessert, 16 verschlechtert) u. a. folgende **TRIZ-Innovationsprinzipien**:

| Nr. | TRIZ-Prinzip | Bedeutung & mögliche Umsetzung |
|-----|----------------------------|---|
| 28 | Mechanische Schwingungen | Pulsbetrieb von Heiz-/Kühlelementen zur Effizienzsteigerung |
| 35 | Parameteränderung | Dynamische Anpassung der Peltierleistung je nach Zieltemperatur |
| 38 | Stark oxidierende Umgebung | → Nicht anwendbar (chemisch irrelevant hier) |

| | | |
|----|----------------------------------|--|
| 18 | Mechanische Schwingungsanpassung | Adaptive Lüftergeschwindigkeit, temperaturabhängig |
|----|----------------------------------|--|

🔍 3. Auswahl relevanter TRIZ-Prinzipien für die Lösung

✓ Prinzip 28 – Mechanische Schwingungen / Pulsbetrieb

- → Pulsweitenmodulation (PWM) zur **effizienten Steuerung** der Peltier-Elemente
- → Spart Energie bei geringer Differenz zur Solltemperatur

✓ Prinzip 35 – Parameteränderung

- → Automatische **Leistungsanpassung je nach Umgebungstemperatur**
- → Adaptive **Regelung abhängig vom Füllzustand** (viel oder wenig Speise)

✓ Prinzip 10 – Vorabwirkung

- → Vorkühlen/Vorheizen bei Netzanschluss (z. B. Auto), um Akku zu entlasten

✓ Prinzip 6 – Universelle Nutzung

- → Abwärme beim Kühlen zur Erwärmung eines anderen Fachs nutzen (Wärmetausch)

⌚ 4. Zusammenfassung der Innovationsansätze aus TRIZ

| Innovationsidee (abgeleitet aus TRIZ) | Wirkung |
|---|--|
| PWM-geregelte Leistung für Peltier | Energieeffizienz, Temperaturstabilität |
| Adaptive Leistungssteuerung über µC und Sensorik | Spart Akku, verbessert Regelgüte |
| Vorkonditionierung über Netzanschluss | Spart mobile Energie |
| Doppelnutzung von Energie (z. B. Abwärme für Warmfach) | Steigert Effizienz, Funktionserweiterung |
| Last- und temperaturabhängige Lüfterregelung | Geräuschreduktion, Energieeinsparung |

❖ Ergebnis der TRIZ-Sitzung

Die TRIZ-Analyse hat konkrete Optimierungsvorschläge geliefert:

- Technische Widersprüche werden **kreativ gelöst**
- Neue **Funktionsideen** (z. B. Vorkonditionierung, Wärmerückgewinnung) entstehen
- Sie helfen dir, im nächsten Schritt (Detailentwurf) **energieeffizient, innovativ und differenziert** zu gestalten

👉 Möchtest du jetzt mit **Schritt 4: Detailausarbeitung** weitermachen, bei der wir diese TRIZ-Ideen technisch konkret umsetzen (Komponentenwahl, Steuerung, Aufbau etc.)?