

WHITEPAPER

TCO Deep Dive Kühl-LCV

Die wahren Kosten des Thermotransports

From:
**Standard Transport
Refrigeration Ltd.**



SCXNAXX3593596

Ship to:
TCO Fleet Unlimited

Kalkulationskompass für alle offensichtlichen und verborgenen Kostenquellen, die Entscheidungsträger im Kühlfuhrpark heute auf dem Radar haben müssen.

Executive Summary

Die meisten Flottenkalkulationen enden bei Anschaffung, Leasing, Treibstoff und Fahrer. Das Transportkältesystem taucht als Fixposten auf – und bleibt es. Das ist ein Fehler, der sich in Zahlen messen lässt.

Ein Teil dieser Kosten ist sichtbar: Werkstattrechnung, Kältemittel, Filtertrockner. Der größere Teil ist es nicht: Fahrerzeit für An- und Abholung, Dispositionsaufwand, entgangene Touren, Ersatzfahrzeuge, Dokumentationspflichten. Diese indirekten Servicekosten verteilen sich über verschiedene Kostenstellen und erscheinen in keiner Wartungs-abrechnung. Erst wenn sie zusammengeführt werden, zeigt sich das wahre Bild.

Wer die wahren Kosten des konditionierten Transports berechnen will, muss fünf Positionen zusammendenken: Wartungs- und Servicekosten (direkt und indirekt), Kältemittelkosten, CO₂-Bepreisung durch ETS 2, Nutzlast- und Reichweitenverlust sowie den regulatorischen Restwertfaktor. Zusammen ergeben sie ein Bild, das die Investitionsentscheidung in ein neues Licht rückt.

Dieses Whitepaper stellt kein Zahlenmaterial aus Kundenprojekten vor – die Datenlage lässt das nicht zu. Es stellt ein illustratives Berechnungsmodell auf Basis öffentlich verfügbarer Marktdaten zur Verfügung, das Flottenbetreiber mit eigenen Kostendaten befüllen können.

2 x / Jahr

Servicestandard
konventionelle
Kälteanlagen

€ 1.390+

Indirekte
Servicekosten
Pro Fahrzeug/Jahr

€ 14.200

Restwertunterschied
Bedingt durch Kälte-
mittelwahl

Der blinde Fleck: Das Kühlsystem als unterschätzter Kostentreiber.

Die Zulassungsstatistik von Kühltransportern wird nach wie vor von Verbrennern dominiert. Auch wer noch nicht elektrifiziert hat, rechnet akribisch: Leasingrate, Versicherung, Fahrerlohn, Diesel. Was dabei in den seltensten Fällen vollständig erfasst wird, ist das Kühlsystem als eigenständiger Kostenfaktor – unabhängig vom Antrieb.

Was in den meisten Kalkulationen fehlt, sind nicht die offensichtlichen Betriebskosten – Energie, Versicherung, direkter Serviceaufwand. Diese sind bekannt. Gemeint sind die indirekten Kosten: der Aufwand für Fahrerzeit bei Werkstattfahrten, Dispositionsaufwand bei Fahrzeugausfall, Ersatzfahrzeuge, entgangene Touren. Und darunter liegen die regulatorischen Zukunftskosten: Restwertverfall durch F-Gas-Auslauf und drohendes PFAS-Verbot, steigende Kältemittelpreise durch Verknappung, CO₂-Mehrkosten durch ETS 2. Kosten, die sich auf verschiedene Kostenstellen verteilen und deshalb selten in ihrer Summe sichtbar werden.



Das Kühlsystem verursacht Kosten, die in keiner einzelnen Budgetzeile auftauchen – und deshalb in den meisten TCO-Analysen zu niedrig angesetzt werden.

Hinzu kommt eine Verschiebung, die viele Kalkulationen nicht antizipieren. Die Kostenlandschaft verändert sich:

- ETS 2 verteuert den Dieselbetrieb ab 2027 sprunghaft.
- Die F-Gas-Verordnung treibt Kältemittelpreise durch künstliche Verknappung.
- Kältemitteln mit PFAS-Anteilen droht ebenfalls das regulatorische Aus.
- Fahrzeuge mit synthetischen Kältemitteln verlieren regulatorisch bedingten Restwert – auch dann, wenn sie technisch einwandfrei laufen.



Die fünf TCO-Treiber im Detail.

1. Wartungs- und Servicekosten

Die Wartungspflicht für Kälteanlagen ist nicht optional. Gesetzlich vorgeschrieben ist eine jährliche Inspektion durch einen zertifizierten Kältetechniker. Branchenstandard – und was die meisten Hersteller empfehlen – geht weiter: zweimal jährlich, Frühjahr und Herbst. Mindestens alle 800 bis 1.000 Betriebsstunden.

Was ein Service kostet

- Arbeitsstunden Kältetechniker: 2–4 Stunden je Termin
- Anfahrt und Zertifizierungsaufschlag: je nach Region variabel
- Filtertrockner-Tausch: nach den ersten 2 Monaten Betrieb vorgeschrieben
- Kältemittelprüfung und ggf. Nachfüllung: abhängig von Leckagerate
- Stehzeit des Fahrzeugs: durchschnittlich 0,5–1 Tag pro Termin

Was eine Stehzeit kostet

- Entgangene Touren: je nach Betrieb 2–5 Zustellungen pro Tag
- Ersatzfahrzeug oder Umplanung: operativer Mehraufwand
- Fahrerlohn ohne Gegenleistung: Stehzeiten sind Betriebskosten
- Bei 2 Serviceterminen/Jahr: 1–2 Arbeitstage gebundenes Fahrzeug
- Bei 10 Fahrzeugen: bis zu 20 Fahrzeugtage Stehzeit jährlich



Die indirekten Servicekosten: Was in keiner Servicerechnung steht

Die direkte Servicerechnung – Technikerzeit, Filtertrockner, Kältemittel – ist der sichtbare Teil. Der größere Teil der Servicekosten ist über verschiedene Kostenstellen verteilt und taucht in keiner Wartungsabrechnung auf. Erst wenn diese indirekten Kosten sichtbar gemacht werden, lässt sich von den wahren Kosten der Kühlung sprechen.

Indirekte Servicekosten – eine vollständige Betrachtung

Fahrzeugbezogene Stillstandskosten

- Entgangene Touren: 1–2 operative Fahrzeugtage jährlich
- Nicht ausgeführte Zustellungen: 2–5 Touren pro Stehzeittag
- Regressrisiko & Pönalen bei verspäteten Zeitfenstern
- (Reaktivierungsaufwand: Rückführung ins Touren-System)

Personal- und Logistikkosten

- Unproduktive Fahrerstunden für An- und Abholung: 1–3 Stunden je Termin
- Dispositionsaufwand für Fahrzeugausfall
- Koordination mit Kältetechnikbetrieb: Terminabstimmung, Freigaben
- Dokumentationspflicht Kältemittelprotokoll

Ersatzmobilität

- Ersatzfahrzeug: € 80–250/Tag je nach Verfügbarkeit
- Umrüstkosten bei nicht spezialisierten Ersatzfahrzeugen
- Kühlkettenkontinuität bei Pharma- oder Premiumfrische

Langfristige Effekte

- Erhöhte Fahrzeugbeanspruchung durch zusätzliche Lade-Entlade-Zyklen
- Reputationsrisiko durch verspätete Lieferungen
- Kalkulationsunsicherheit durch schwankende Servicefrequenz

Bei zwei Serviceterminen jährlich und 6 Stunden Stehzeit je Termin ergibt allein der Personalaufwand rund € 800,– pro Fahrzeug und Jahr – bevor eine einzige Werkstattrechnung gestellt ist. Diese Kosten erscheinen nicht unter Wartung. Sie erscheinen überhaupt nicht.

Servicekosten pro Fahrzeug und Jahr: Die vollständige Rechnung.

Annahmen: 250 Betriebstage/Jahr · Stehzeitenkosten € 400/Tag ·
Kältemittelpreis R452A: € 12/kg, 2 kg Nachfüllung/Jahr · Servicestunde
Kältetechniker: € 95

Position	Kosten/Jahr
DIREKTE SERVICEKOSTEN	
Pflichtinspektion (1x /Jahr)	€ 380
Empfohlener Service-Intervall	€ 380
Filtertrockner-Tausch (1. Jahr)	€ 120
Kältemittel-Nachfüllung (Schätzung)	€ 240
INDIREKTE SERVICEKOSTEN	
Operativer Fuhrpark-Ausfall (Fahrzeug-Stillstand & blockierte Lenkzeit)	€ 780
Administrativer Overhead (Touren-Umplanung & SLA-Sicherung)	€ 200
Produktivitätsverlust (Transferfahrten & Ausfall Fahrerkapazität)	€ 260
Ersatzfahrzeug (Schätzung 1 Tag à € 150)	€ 150
Pönnen / Drohende Konventionsstrafen (konservativ)	variabel
Summe kalkulierte Servicekosten pro Kühlfahrzeug / Jahr	€ 2.510+

Bei einer Kühlflotte von 10 Fahrzeugen ergibt das ein jährliches Kostenvolumen von ca. € 25.000 – aus direkten Wartungskosten und kalkulierbaren indirekten Aufwänden. Entgangene Touren und Nutzlastverluste sind darin nicht enthalten. Der tatsächliche Betrag ist höher. Das ist der Handlungsspielraum, den eine vollständige TCO-Betrachtung offenlegt.

Die ATP-Bescheinigung: Ein übersehener Pflichttermin

Grenzüberschreitende Lebensmitteltransporte benötigen eine gültige ATP-Bescheinigung. Sie ist ein eigenständiger Pflichttermin — zusätzlich zu Hauptuntersuchung und Kältewartung. Eine abgelaufene ATP schlägt sofort auf die Verfügbarkeit des Fahrzeugs durch.

- Fahrzeugausfall für grenzüberschreitende Transporte – unabhängig vom technischen Zustand
- Kurzfristige Tourenumplanung oder Ersatzfahrzeugbeschaffung nötig
- Erneute Prüfung erfordert Vorlauf – ungeplant entsteht Stehzeit
- Bei mehreren Fahrzeugen mit unterschiedlichen Prüfterminen wächst der Koordinationsaufwand überproportional

2. Kältemittelkosten und regulatorisches Preisrisiko

Kältemittelkosten werden in den meisten Kalkulationen als stabil angenommen. Das war lange richtig. Es ist es nicht mehr. Die EU F-Gas-Verordnung verknappt das HFK-Kontingent jährlich – weniger Angebot bei gleicher Nachfrage treibt die Preise.

R452A – das aktuell meistgenutzte „Übergangs-Kältemittel“ – hat ein GWP von 2.140 und fällt als fluorierte Verbindung unter die PFAS-Definition. Wer auf R454A oder R513A umrüstet – die „nächste Generation“ der Industrie – investiert in Systeme, die zu 56–65 % aus R1234yf bestehen: einem HFO, das zu Trifluoressigsäure (TFA) zerfällt und ebenfalls unter die PFAS-Definition fällt. Der Umbau ist teuer. Der Schutz ist zeitlich begrenzt.

Propan R290 unterliegt keiner dieser Dynamiken. Es ist ein natürlich vorkommendes Gas ohne Produktionskontingent, ohne PFAS-Klassifizierung und ohne regulatorisches Auslaufrisiko. Der Preis ist stabil und langfristig kalkulierbar.

**Natürliche
Kältemittel bleiben
kalkulierbar.**

3. ETS 2: CO₂-Mehrkosten ab 2027

Ab 2027 tritt das europäische ETS 2 in Kraft. Prognose: bis zu € 200/Tonne CO₂ bis 2032, entspricht rund 60 Cent Aufschlag pro Liter Benzin. Für Dieselflotten eine kalkulierbare, wachsende Mehrbelastung. Für elektrifizierte Flotten ein struktureller Kostenvorteil.

€ 45 CO ₂ -Preis heute Aktuelles ETS-1- Niveau	€ 200 Prognose 2032 ETS 2 Expertenschätzung	+60 ct pro Liter Diesel Bei € 200/t CO ₂	€ 275 Szenario 2045 Möglicher Hochpreisfad
---	---	--	--

Für bereits elektrifizierte Flotten ist ETS 2 ein struktureller Vorteil. Für Flotten, die noch auf Diesel setzen, ist es ein kalkulierbares Risiko – das sich mit jedem Jahr des Zuwartens vergrößert.

4. Nutzlast- und Reichweitenverlust

- Bei einem E-LCV mit 800 kg Nutzlastgrenze und 100 kg Kühlsystem entfallen 12,5 % der möglichen Zuladung allein auf das Aggregat. Ein modernes R290-System wiegt rund 39 kg — der Gewichtsunterschied entspricht bei einer typischen Frischezustellung 4–8 zusätzlichen Gebinden pro Tour.
- Kühlaggregate sind für E-LCVs ein relevanter Energieverbraucher. Moderne R290-Systeme sind für E-LCV-Batteriesysteme optimiert. In der Praxis: bis zu 25 % mehr Reichweite auf derselben Route.

5. Regulatorischer Restwertfaktor

Fahrzeuge mit synthetischen Kältemitteln – R452A, R454A, R513A – werden in den nächsten 5–8 Jahren einen regulatorisch bedingten Wertverlust erleiden. F-Gas-VO, REACH und wachsendes PFAS-Bewusstsein verändern den Wiederverkaufsmarkt. Das TCO-Modell in Kapitel 3 zeigt: Die Wahl des Kältemittels allein erzeugt einen Restwertunterschied von ca. € 14.200 pro Fahrzeug.



In fünf Betriebsjahren schrumpft der Wert von Kühlfahrzeugen mit konventioneller Kältetechnik auf 25%. Bei E-Vans ist der Wertverlust sogar noch größer. Eine zukunfts-sichere Kälteanlage stabilisiert den Restwert bei 40%.

Tiefgehende Kostenanalyse statt Investitionen versenken.

Drei Konfigurationen auf dem Prüfstand.

Die Entwicklung der einzelnen Kostentreiber zeigt: auch im Thermotransport stehen die Zeichen auf Veränderung. Die alte Rechnung geht nicht mehr auf. Mit der neuen Regulatorik verschiebt sich das kalkulatorische Risiko im Kühlfuhrpark noch weiter unter die Oberfläche. Das Balkendiagramm vergleicht drei grundlegend unterschiedliche Kühlfahrzeug-Konfigurationen, macht deutlich wie sich die drei Kostenebenen je nach Antriebs- und Kältemittelentscheidung verschieben. Modellbasis: leichtes Nutzfahrzeug, täglicher Kühlbetrieb, 5 Jahre/150.000 km.

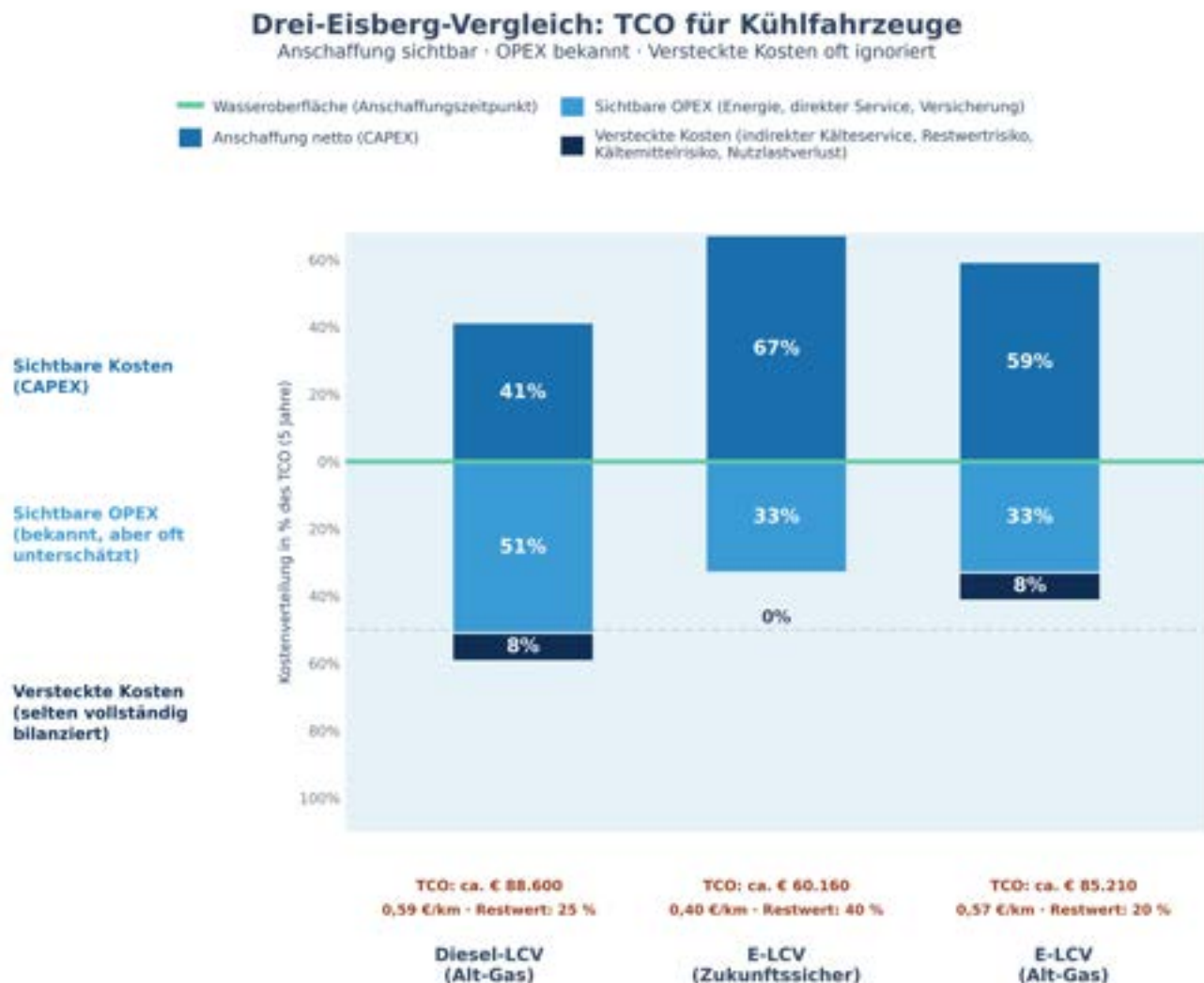


Abb. 1: TCO-Vergleich für Kühlfahrzeuge auf Renault Master Plattform. Illustratives Modell mit Schätzwerten auf Basis öffentlich verfügbarer Marktdaten. Einsatzbereich: Urbaner/regionaler Verteilerverkehr. Die Darstellung der versteckten Kosten bezieht sich auf das Kälteservice. Die indirekten Kosten der allgemeinen Fahrzeug-Wartung sind in der Darstellung nicht enthalten. pbx cooling 2026.

TCO-Direktvergleich: 5 Jahre/150.000 km

Illustratives Modell auf Basis öffentlich verfügbarer Marktdaten (Ford Transit Custom / Renault Master, urbaner/regionaler Verteilerverkehr). Alle Angaben Schätzwerte.

Kostenposition	Diesel-LCV + Kältetechnik konventionell	E-LCV + Kältemittel natürlich	E-LCV + Kältetechnik konventionell
Anschaffung (netto)	ca. € 48.000	ca. € 67.000	ca. € 63.000
Restwert nach 5 Jahren	ca. € 12.000 25% F-Gas-Abschlag	ca. € 26.800 40% zukunftsicher	ca. € 12.600 20% F-Gas-Abschlag
Effektiver Wertverlust	€ 36.000	€ 40.200	€ 50.400
Energie / Kraftstoff	€ 30.000 Diesel, inkl. ETS 2	€ 16.650 Aggregat BEV- optimiert	€ 18.000 Aggregat weniger effizient
Fahrzeug-Wartung	€ 2.600	€ 1.010	€ 1.010
Kälteservice	€ 13.500	€ 0 wartungsfrei	€ 13.500
Versicherung & Steuer	€ 6.500	€ 4.800	€ 4.800
THG Quote & Boni	€ 0	-€ 2.500	-€ 2.500
Gesamt TCO	€ 88.600	€ 60.160	€ 85.210
Kosten pro Kilometer	0,59 €/km	0,40 €/km	0,57 €/km

Die entscheidende Erkenntnis: Das billigste System beim Kauf ist über die Laufzeit das teuerste. Das scheinbare Sparen an der Kälteanlage beim E-LCV kostet am Ende € 25.050 mehr als die vollwertige Lösung. Und das zukunftsichere E-LCV ist trotz höherem Kaufpreis das wirtschaftlichste System über den gesamten Lebenszyklus.

Diesel + Synthetische KM Heute günstig, morgen teuer.

Günstig im Einkauf. Aber der Diesel-Kompressor erhöht Kraftstoffverbrauch permanent. Kältemittel wird teurer. Und am Ende der Haltedauer: Restwerteinbruch durch auslaufendes Kältemittel.

E-LCV + Synthetische KM Das Worst-Case-Szenario.

Wer beim E-Fahrzeug an der Kälteanlage spart, kombiniert den hohen Kaufpreis des E-LCVs mit dem vollen Risikoprofil der alten Kältetechnik. Der scheinbare Einkaufsvorteil von ca. € 4.000 verwandelt sich am Ende in einen TCO-Nachteil von € 24.050 gegenüber der zukunftsicheren Lösung.

E-LCV + Natürliches KM Weitblick rechnet sich.

Höherer Kaufpreis. Aber kaum Wartungsaufwand. Hoch-effiziente Nutzung der Batterie. Kein Kältemittelrisiko. Weder preislich noch regulatorisch. Stabiler Restwert. Das wirtschaftlich überlegene System über den gesamten Lebenszyklus.

Investitionsschutz: Regulatorischer Rückenwind als TCO-Faktor

TCO ist keine statische Rechnung. Sie verändert sich mit dem regulatorischen Umfeld – und dieses Umfeld verändert sich in eine Richtung, die Flottenbetreiber mit natürlichen Kältemitteln systematisch begünstigt.

F-Gas-VO + REACH als Restwertfaktor

Das TCO-Modell zeigt es konkret: Der Restwertunterschied zwischen zukunftssicherem E-LCV (40 %) und E-LCV mit Alt-Gas (20 %) beträgt ca. € 14.200 — allein durch die Wahl des Kältemittels. Dieser Unterschied entsteht durch regulatorische Entscheidungen, die heute bereits feststehen.

ETS 2 als struktureller Vorteil für E-LCVs

Ab 2027 werden Diesel-Flotten durch ETS 2 jährlich teurer.
E-LCV-Flotten sind davon nicht betroffen. Das Modell rechnet bereits mit konservativem ETS 2-Satz – die tatsächliche Differenz wird größer sein.

Fünf Fakten, die bei der Anschaffung von Kühl-LCVs und Kühlsystemen nicht übersehen werden dürfen.

- 1** Wartungsfreiheit spart € 2.500+ pro Fahrzeug und Jahr – direkte Servicekosten und indirekte Aufwände wie Fahrerzeit, Disposition, Ersatzfahrzeuge und entgangene Touren eingerechnet
- 2** Kältemittelkosten: R290 ist langfristig stabil; R452A und HFOs wie R454A/R513A sind als PFAS-Verbindungen regulatorisch im Auslauf
- 3** ETS 2 ab 2027: E-LCV-Flotten mit R290 sind strukturell begünstigt
- 4** Für moderne LCVs optimierte Kälteanlagen verbessern die operative Effizienz messbar (+15 % Nutzlast und +25 % Reichweite)
- 5** Restwertschutz: Die Wahl des Kältemittels allein erzeugt laut TCO-Modell einen Restwertunterschied von ca. € 14.200 pro Fahrzeug



Die Zukunft der Transportkälte hat bereits begonnen.

Alles bis hierher war Modellrechnung – nachvollziehbar, aber Theorie. Einen praxistauglichen Weg in eine F-Gas-freie Welt eröffnet eine Technologie, die mit dem natürlichen Kältemittel Propan R290 betrieben wird. Ziel des dafür verantwortlichen Forschungsteams war es, ein Transportkältesystem zu entwickeln, das die spezifischen Anforderungen moderner (E-)Kühltransporter erfüllt und damit nach fünf Jahrzehnten technologischen Stillstand einen revolutionären Ansatz für die Urbane Kühlkette zu liefern. Heute ist das ehemalige Start-up der PBX GmbH drauf und dran, sich europaweit als "Next Generation LCV Refrigeration" zu etablieren. Das erste komplett wartungsfreie Kühlsystem hat sich im Praxiseinsatz bereits bestens bewährt und ist in Österreich, Frankreich, den Niederlanden, Rumänien, der Schweiz, Schweden sowie in Großbritannien erfolgreich im Einsatz.



Mind the cost below the surface.

Flottenbetreiber, die ihre TCO-Kalkulation um die fünf beschriebenen Kostenpositionen ergänzen, werden feststellen: Das Kühlsystem ist kein Fixposten. Es ist eine Variable mit erheblichem Hebel – in der Servicerechnung, im Restwert, in der Regulatorik und in der operativen Effizienz.



Die Frage ist nicht, ob sich der Umstieg auf eine zukunftssichere Technologie rechnet. Die Frage ist, wie viel es Unternehmen kostet, die jetzt noch zögern.

Sie wollen Ihre Kühlfahrzeug-Kalkulation auf den Prüfstand stellen? Rechnen wir gemeinsam.

Einfach den Code scannen und ein unverbindliches Informationsgespräch vereinbaren.



Wir zeigen Ihnen, welche Perspektiven der Umstieg auf natürliche Kältemittel Ihrem Unternehmen eröffnet – technisch, wirtschaftlich und regulatorisch – und wie Sie diese Potenziale konkret umsetzen.

hello@pbx-cooling.com www.pbx-cooling.com

© 2026 pbx GmbH. All rights reserved. Regulatory information is based on the status of May 2026. TFA notices are based on ECHA documentation and current specialist literature.

pbx
clean cooling