

CO₂ Levenscyclusanalyse

Analyse van de intern transportmiddelen
van Jungheinrich op basis van ISO 14040



Inhoud

I. Lijst met afkortingen	2
II. Lijst met afbeeldingen	3
III. Lijst met tabellen	3
0. Levenscyclusanalyse van de intern transportmiddelen van Jungheinrich	5
1. De onderzochte interne transportmiddelen van Jungheinrich	5
1.1. Doel en doelgroep van het onderzoek	6
1.2. Functie en functionele eenheid van de onderzochte transportmiddelen	9
1.3. Onderzoekskader	12
1.4.2. Gebruiksfase	15
1.4.3. Revisiefase	18
1.5. Foutenschatting en sensitiviteitsanalyse	19
1.5.1 Foutenschatting productiefase	19
1.5.2. Foutenschatting gebruiksfase	20
1.5.3 Foutenschatting revisiefase	20
1.5.4. Sensitiviteitsanalyse	21
2. Modelhypothesen en bepalingen in de energiebalans	22
3. Resultaten van het opmaken van de levenscyclusanalyse	23
3.1. Balansresultaten voor de productie en het gebruik	23
3.2. Balansresultaten van de revisie	24
3.3. CO _{2e} -uitstoot van de in omloop gebrachte trucks (productie en revisie)	25
3.4. Totaalbalans	26
4. Geldigheidsverklaring	28
5. Literatuur- en bronnenlijst (NIET VERTAALD!!!)	29
6. Aangangsel (NIET VERTAALD!!!)	29

I. Lijst met afkortingen

AG	Aktiengesellschaft (naamloze vennootschap)
CAFE	Corporate Average Fuel Economy
CO ₂	koolstofdioxide
CO _{2e}	koolstofdioxide-equivalent
ITM	intern transportmiddelen
h	uur
HF	hoogfrequent
ISO	Internationale Organisatie voor Standaardisatie
kg	kilogram
kWh	kilowattuur
LPG	Liquified Petroleum/ Propane Gas (vloeibaar gas)/LPG
m	meter

II. Lijst met afbeeldingen

Afbeelding 1: Inslagcyclus met een smalle gangentruck	7
Afbeelding 2: Uitslagcyclus met een smalle gangentruck	8
Afbeelding 3: Stellingen.....	8
Afbeelding 4: Magazijn lay-out hoogheffende orderverzameltruck	9
Afbeelding 5: Onderzoekskader milieubalans	13

III. Lijst met tabellen

Tabel 1: Indeling van het productportfolio volgens VDI 2198.....	6
Tabel 2: Cyclus volgens VDI 2198	7
Tabel 3: Randvoorwaarden voor de cyclus van de smalle gangentruck.....	8
Tabel 4: Randvoorwaarden voor de cyclus van de hoogheffende orderverzameltruck	9
Tabel 5: Productcluster 1 (Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t)	10
Tabel 6: Productcluster 2 (Heftrucks met verbrandingsmotor)	11
Tabel 7: Productcluster 3 (Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t)	11
Tabel 8: Productcluster 4 (Reachtrucks).....	11
Tabel 9: Productcluster 5 (Stapelaars).....	11
Tabel 10: Productcluster 6 (Palletwagens)	12
Tabel 11: Productcluster 7 (Trekkeurs).....	12
Tabel 12: Productcluster 8 (Smalle gangen trucks).....	12
Tabel 13: Productcluster 9 (Hoogheffende orderverzameltrucks).....	12
Tabel 14: Productielocaties van de onderzochte productclusters	15
Tabel 15: Omrekenfactoren ter bepaling van de CO _{2e} -emissie.....	17
Tabel 16: Sensitiviteitsberekeningen.....	22
Tabel 17: Onderzoekresultaten productie en gebruik	24
Tabel 18: Onderzoekresultaten revisie	26
Tabel 19: Wijziging van de CO _{2e} -uitstoot door revisie (2015).....	27
Tabel 20: Besparingspotentieel CO ₂ -uitstoot per voertuig door revisie	27
Tabel 21: Totaalbalans.....	28

0. De levenscyclusanalyse van de intern transportmiddelen van Jungheinrich

Elke dag worden in de hele wereld tijdens één- of meerploegendiensten in de intralogistiek meer dan tien miljoen hef- en magazijntrucks ingezet. Maatregelen voor het beperken van het energieverbruik zijn niet alleen gewenst omwille van de kosten, maar ook met het oog op het milieu.

In de automobielsector wordt de Corporate Average Fuel Economy, kortweg CAFE-methodiek, toegepast. Deze methodiek beschrijft de berekening van het verbruik van een voertuig en is in het kader van het duurzaam omgaan met natuurlijke bronnen wettelijk voorgeschreven in de Verenigde Staten. Op het gebied van de intern transportmiddelen bestaat zo'n gestandaardiseerde methode op dit moment nog niet.

Bij het streven om de milieuprestaties van de intern transportmiddelen van Jungheinrich blijvend te controleren, systematisch in de gaten te houden en te verbeteren, fungeert het milieupredikaat als leidraad voor een transparant, begrijpelijk en reproduceerbaar proces.

Bij het milieupredikaat gaat het om een levenscyclusanalyse die op de ISO-normen 14040 en 14044 gebaseerd is. Deze wordt door onafhankelijke keurmeesters van TÜV Nord geaudit. Voor de levenscyclusanalyse werd de intern transportvloot - van elektrische palletwagens tot vorkheftruck met verbrandingsmotor - onderzocht op basis van VDI-richtlijn 2198. Omdat smalle gangentrucks en hoogheffende orderverzameltrucks in deze VDI-richtlijn niet aan bod komen, werden zelf gedefinieerde cycli, die nauw aansluiten bij de VDI-Richtlijn 2516, gebruikt.

Onder een levenscyclusanalyse verstaan we een systematische analyse van de effecten van onze producten op het milieu tijdens de productie-, gebruiks- en revisiefase. Voor Jungheinrich vormen de CO_{2e}-emissies hierbij momenteel de enige duurzame, vergelijkbare en beïnvloedbare grootheden.

Omdat innovaties en nieuwe technologieën niet alleen resulteren in een groter en direct voordeel voor de gebruiker, maar vaak ook in betere ecologische eigenschappen dan de gebruikte technologie in het vorige model, plaatsen wij in deze samenhang het belang van een continue en ecologische optimalisering van het product op de voorgrond.

De duurzame verbeteringen van de energie-efficiëntie van onze vloot van intern transportmiddelen zijn enerzijds te danken aan het optimaliseren van de bestaande technologieën en anderzijds aan de invoering van nieuwe technologieën.

1. De onderzochte interne transportmiddelen van Jungheinrich

Bij de levenscyclusanalyse van Jungheinrich voertuigen werden verschillende productsegmenten met verschillende toepassingseigenschappen en aandrijvingen onderzocht, zoals elektrische, diesel- en LPG- aandrijving.

De ontwikkeling van de levenscyclus werd geanalyseerd voor de periode van 2005 tot 2015.

1.1. Doel en doelgroep van het onderzoek

Om de onderzochte producten te kunnen vergelijken werd het productassortiment van Jungheinrich uit tabel 1 op basis van VDI 2198 ingedeeld in clusters met vergelijkbare technische eigenschappen en inzetbaarheid. Daarbij komen dan nog de smalle gangentrucks en de hoogheffende orderverzameltrucks, waarvoor ook cycli vastgelegd werden. Deze indeling geldt voor alle fasen van het onderzoek.

	Productcluster	Aandrijving	Hoofdfunctie
1	Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t	Elektrisch	Goederenomslag met draagvermogen > 1,6 t
2	Vorkheftruck met verbrandingsmotor	Verbrandingsmotor	Goederenomslag in buiteninzet
3	Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t	Elektrisch	Goederenomslag met draagvermogen < 1,6 t
4	Reachtruck	Elektrisch	Inslag en uitslag met grotere hefhoogte, transport
5	Stapelaars	Elektrisch	Transport, inslag en uitslag
6	Palletwagens	Elektrisch	Transport, orderverzamenen
7	Trekkers	Elektrisch	Horizontaal goederentransport over langere afstanden

Tabel 1: Indeling van het productassortiment volgens VDI 2198

Volgens VDI 2198 kan aan elk van de hierboven beschreven productclusters een specifieke cyclus worden toegekend om het verbruik van het voertuig in de gebruiksfase te bepalen. In deze VDI richtlijn wordt het aantal cycli per uur, de rijafstand (in meter) en de hefhoogte (in meter) voor de verschillende transportmiddelen beschreven. (Zie tabel 1 en tabel 2.)

	1, 2	3	4	5	6	7
	Elektrische-vorkheftrucks > 1,6t en alle vorkheftrucks met verbrandingsmotor	Elektrische-vorkheftrucks < 1,6 t	Reachtrucks	Stapelaars	Palletwagens	Trekkers
Aantal cycli per uur	60	45	35	20	20	40
Afstand L in meter	30	30	30	30	30	50
Hefhoogte bij A en B in meter	2	2	4	2	0,1	–

Tabel 2: Cyclus volgens VDI 2198

Voor de groep van de smalle gangentrucks (productcluster 8) en de hoogheffende orderverzameltrucks (productcluster 9) werden op grond van de speciale inzettoepassingen twee extra cycli vastgelegd.

Cyclus smalle gangenvorkheftrucks (productcluster 8):

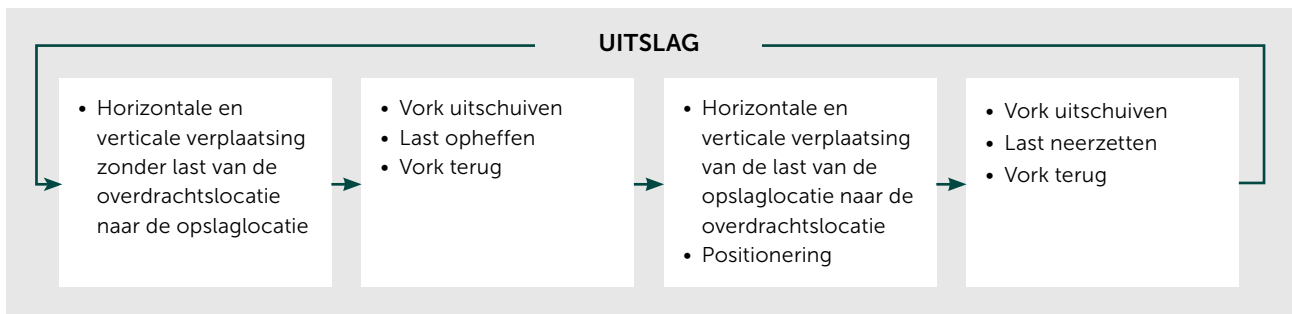
Op dit moment bestaat nog geen genormeerde cyclus of richtlijn voor de vaststelling van het energieverbruik van smalle gangentruks. Toch wordt voor de berekening van de cyclus in smalle gangenmagazijnen VDI-richtlijn 2516 toegepast. Het onderzoek naar de duur van de cyclus is beperkt tot standaardmagazijnen waarin alleen gehele ladingseenheden worden in- en uitgeslagen, hetgeen representatief is voor de doorsnee situatie.

De ladingseenheid wordt midden voor de stelling op een vooraf gedefinieerde hoogte klaargezet. De vork bevindt zich in de gang, aan de kant van de overdrachtsplaats, gecentreerd t.o.v. de pallet. De tijd die nodig is voor de verplaatsing van de smalle gangentruks van de ene naar de andere gang wordt in de cyclus verwaarloosd, evenals de tijd die nodig is voor het keren van het voertuig. De opgestelde formule, die berust op een gelijke toegangsfrequentie naar de opslaglocaties, dekt 80% van de voorkomende situaties.

Verloop van een cyclus:

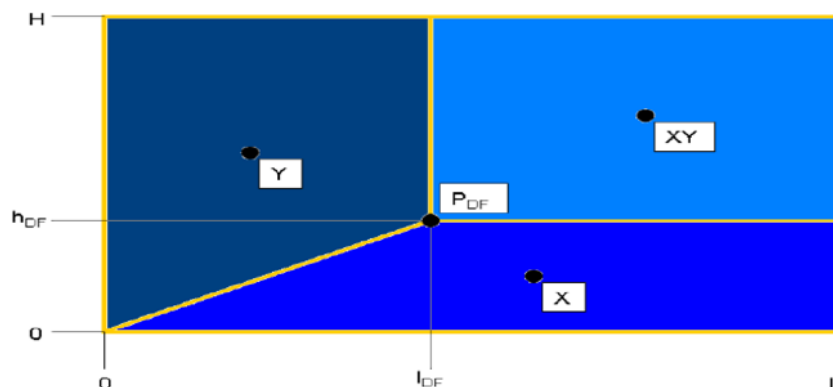


Afbeelding 1: inslagcyclus van een smalle gangentruks



Afbeelding 2: uitslagcyclus van een smalle gangentruks

Het stellingvak met maximale opstapelhoogte H en lengte L is onderverdeeld in de vakken X , Y en XY , die door het diagonale verplaatsingspunt P_{DF} gedefinieerd zijn. Het diagonale verplaatsingspunt wordt bepaald door de voor het voertuig specifieke diagonale verplaatsingshoogte h_{DF} en de diagonale verplaatsingslengte l_{DF} .



Afbeelding 3: stellingvakken

De karakteristieke trajecten voor de drie stellingdeelvakken kunnen berekend worden uit de coördinaten van hun zwaartepunten. Het verschillende aantal locaties per deelvak wordt door weging van de gemiddelde verplaatsingstijd op basis van de grootte van het stellingdeelvak berekend.

Omdat in VDI 2516 gedefinieerde cycli en hun benaderingspunten in 80% van de gevallen als representatief worden verondersteld, geldt dit ook in voldoende mate voor het daaraan gekoppelde energieverbruik van de ingezette trucks in de smalle gangen, zolang de trucks in dezelfde magazijngeometrie bekeken worden.

Randvoorwaarden:

Rijtijd	90s
Stellinglengte	L = 50m
Maximale stapelhoogte	H = 10m
Diagonale verplaatsingshoogte	hDF= voertuigafhankelijk
Last	2/3 van de nominale last
Benaderingspunt bij benadering volgens VDI 2516	
1 Benadering per punt voor respectievelijk inslag en uitslag (Totaal: 6 benaderingen)	

Tabel 3: Randvoorwaarden cyclus smalle gangentruck

Cyclus hoogheffende orderverzameltruck (productcluster 9):

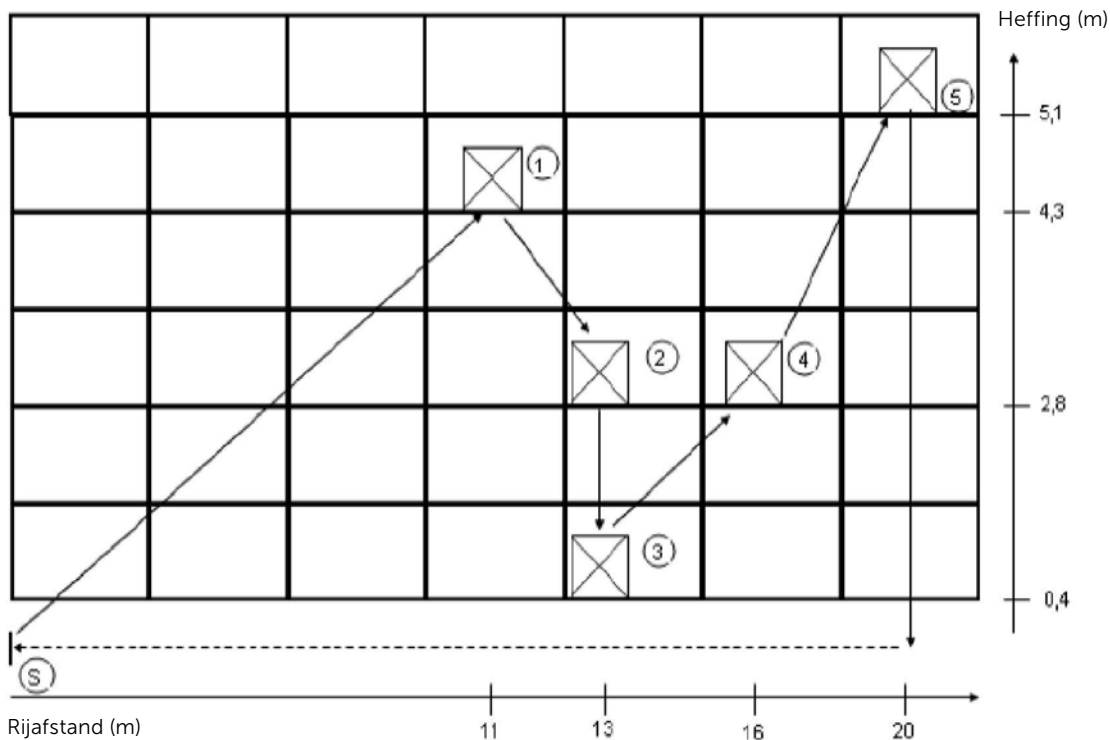
Er is geen gedefinieerde genormeerde cyclus voor hoogheffende orderverzameltrucks. Daarom is er een cyclus gedefinieerd, die de realiteit benadert. Al naar gelang de orderverzamelstrategie kunnen de cycli in de praktijk beduidend van elkaar verschillen. Realistische cycli bevatten echter altijd een mix van korte en lange rijafstanden, respectievelijk hef- en daalbewegingen.

Randvoorwaarden:

Rijtijd	130s
Traject	40m
Cyclus last	50% van de nominale last
Stellinghoogtes	Hoogte 1 = 4,3m Hoogte 2/4 = 2,8m Hoogte 3 = 0,4m Hoogte 5 = 5,1 m
Benaderingen per punt	4

Tabel 4: Randvoorwaarden cyclus hoogheffende orderverzameltruck

Op de magazijn lay-out kan dit op de volgende manier worden weergegeven:



Afbeelding 4: magazijnplattegrond berekening cyclus hoogheffende orderverzameltruck

Alle verkregen verbruikswaarden zijn gebaseerd op de in tabel 2 tot en met tabel 4 beschreven cycli.

In de berekening zijn alleen intern transportmiddelen in ogenschouw genomen, die in Europese productielocaties van Jungheinrich geproduceerd zijn.

In de berekening zijn maatwerkoplossingen, die in zeer kleine aantallen en op speciaal verzoek van individuele klanten geproduceerd worden, niet meegenomen. Het aandeel van deze uitgezonderde groep is op dit moment 7% van de jaarlijks door Jungheinrich geproduceerde voertuigen.

Het doel van het onderzoek is een beeld te geven van de ontwikkeling in de laatste tien jaar, en een samenvattend eindoordeel te vellen over de milieuproductie van elke productiegroep.

1.2. Functie en functionele eenheid van de onderzochte transportmiddelen

De typische toepassingen van de intern transportmiddelen van Jungheinrich zijn het transporteren, inslaan en uitslaan, alsook het orderverzamen en overslaan van goederen in de intralogistiek (zie tabel 1).

In de genoemde negen productclusters beschikt Jungheinrich over een groot aantal productgroepen van verschillende prestatieclassen. Omdat er binnen één productgroep wederom meerdere producten vallen, die qua bouw en bouwwijze sterk op elkaar lijken, werd per productgroep één referentievoertuig gedefinieerd. Dit referentievoertuig is het voertuig dat het meest wordt verkocht. Dit werd vroeger al gebruikt om de verbruikswaarden te bepalen en het zal ook in de toekomst als referentieobject van een serie dienen.

In de volgende tabellen (tabel 5 tot tabel 13) zijn de referentievoertuigen van de betreffende productgroepen vermeld.

Productcluster 1:
Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t

Serie	Referentievoertuig
EFG 213–220	EFG 216
EFG 316–320	EFG 316
EFG 425–430	EFG 425
EFG 535–550	EFG 550

Tabel 5: Productcluster 1

(Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t)

Productcluster 2:
Vorkheftrucks met verbrandingsmotor

Serie	Referentievoertuig
DFG 316–320	DFG 316
DFG 316–320s	DFG 316s
DFG 425–435	DFG 425
DFG 425–435s	DFG 425s
DFG 540–550	DFG 540
DFG 540–550s	DFG 540s
DFG 660–690	DFG 660
TFG 316–320	TFG 316
TFG 316–320s	TFG 316s
TFG 425–435	TFG 425
TFG 425–435s	TFG 425s
TFG 540–550	TFG 540
TFG 540–550s	TFG 540s
TFG 660–690	TFG 660

Tabel 6: Productcluster 2

(Vorkheftrucks met verbrandingsmotor)

Productcluster 3:
Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t

Serie	Referentievoertuig
EFG 110–115	EFG 115

Tabel 7: Productcluster 3

(Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t)

Productcluster 4: Reachtrucks

Serie	Referentievoertuig
ETV 110–116	ETV 112
ETM/V 214–216	ETV 214
ETM/V 320–325	ETV 325
ETV Q20/Q25	ETV Q20
ETV C16/C20	ETV C16

Tabel 8: Productcluster 4 (Reachtrucks)

Productcluster 5:
Stapelaars

Serie	Referentievoertuig
EJD 220	EJD 220
EJC 110–112	EJC 12/110
EJC 214–216	EJC 14/214
EJC Z14–Z16	EJC 214z
EJC B-serie	EJC B14
ERD 220	ERD 220
ERC 212–216	ERC 214
ERC Z12–Z16	ERC Z14
ESC 214z–216z	ESC 214z
EMC 110/B10	EMC 110

Tabel 9: Productcluster 5 (Stapelaars)

Productcluster 6:
Palletwagens

Serie	Referentievoertuig
EJEi	EJE 112i
EJE 116–120	ELE 16/EJE 116
EJE C20	ELS 18/EJE C20
EJE 220–225	EJE 20/220
ERE 120	ERE 120
ERE 225	ERE 20/224/225
ESE 120	ESE 120
ESE 220–320	ESE 220
EME	EME 114
ECE 2-serie	ECE 20/220

Tabel 10: Productcluster 6 (Palletwagens)

Productcluster 7:

Trekkers

Serie	Referentievoertuig
EZS 130	EZS 130
EZS 350	EZS 350
EZS 570	EZS 570

Tabel 11: Productcluster 7 (Trekkers)

Opmerking: Het productcluster van de trekkers is pas sinds 2006 opgenomen in het productassortiment van Jungheinrich. De procentuele ontwikkeling van dit cluster kan daarom niet op het jaar 2005 worden gebaseerd, maar pas op het eerste verkoopjaar 2006.

Productcluster 8:
Smalle gangentrucks

Serie	Referentievoertuig
EKX 4/5-serie	EKX 515

Tabel 12: Productcluster 8
(Smalle gangentrucks)

Productcluster 9:
Hoogheffende orderverzameltruck

Serie	Referentievoertuig
EKS 1-3-serie	EKS 310/312

Tabel 13: Productcluster 9
(Hoogheffende orderverzameltrucks)

1.3. Onderzoekskader

Het onderzoekskader voor het bepalen van de CO_{2e}-emissie omvat de productie-, gebruiks- en revisiefase van de intern transportmiddelen.

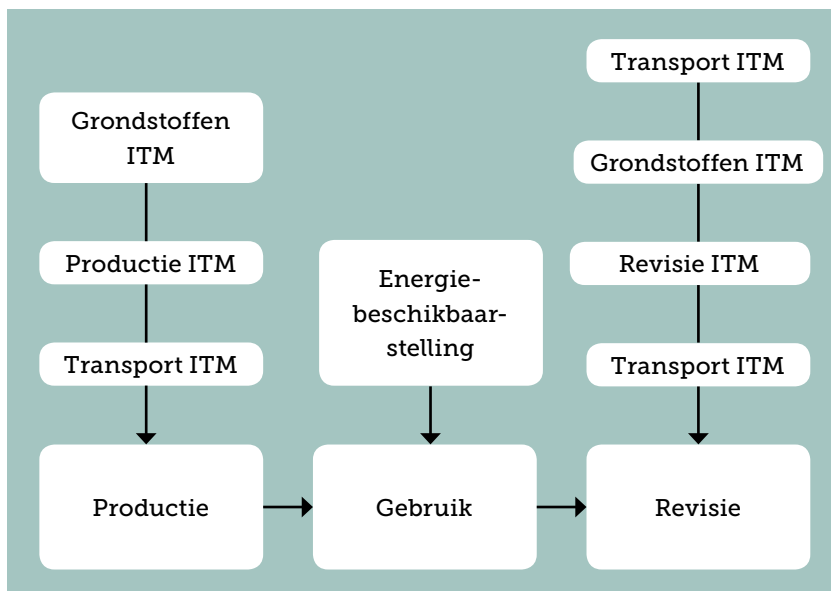
Productiefase: omvat het winnen van de grondstoffen, de productie van de intern transportmiddelen en het transport van de intern transportmiddelen naar klanten of verdeelcentra.

Gebruiksfase: omvat het energieverbruik tijdens de hele levenscyclus van de intern transportmiddelen en de energie die nodig is om de brandstof/energie ter beschikking te stellen (incl. voorafgaande keten). Zodoende wordt het energieverbruik vanaf het begin van de energie-opwekking tot aan het einde van het gebruik in beeld gebracht.

Revisiefase: omvat het transport van de intern transportmiddelen naar de revisieplek, de productie van de grondstoffen, het reviseren van de intern transportmiddelen en het transport van de intern transportmiddelen van de revisieplaats terug naar de klant.

Alle berekeningen in de bovengenoemde fasen werden met factoren (incl. voorafgaande keten) uitgevoerd.

Afbeelding 5 geeft het onderzoekskader van de levenscyclusanalyse op grafische wijze weer



Afbeelding 5: onderzoekskader van de levenscyclusanalyse

De levensduur van een intern transportmiddel wordt op een gemiddelde waarde van 10.000 bedrijfsuren gesteld. Dit komt overeen met de gemiddelde gebruiksduur bij klanten in de intralogistiek.

1.4. Fundamentele gegevens en gegevenskwaliteit

Hier worden berekeningswijzen uitgelegd voor het verkrijgen van de nodige gegevens in de fasen productie, gebruik en revisie

1.4.1. Productiefase

Om de CO_{2e} -uitstoot in de productiefase te bekijken, worden de productie van de grondstoffen, de productiefase en het transport naar de klanten of verdeelcentra belicht.

De benodigde grondstoffen voor de productie van de intern transportmiddelen kunnen per productcluster worden afgeleid uit een gemiddelde mix van materialen (het procentueel aandeel van een materiaal in de interne transporttruck).

Hiervoor worden de voor de productie van de afzonderlijke grondstoffen benodigde materiaalwaarden bepaald en wordt de betreffende CO_{2e}-emissie afgeleid. De berekende waarden omvatten de voorafgaande keten en houden dus rekening met het winnen van de grondstoffen. Naargelang de mix van materialen leidt dit voor elk productcluster tot verschillende CO_{2e}-emissiewaarden per kilogram intern transportmiddel. Indien er sprake is van intern transportmiddelen met een tractiebatterij, dan is de tractiebatterij inbegrepen in de mix van materialen. Daarom wordt voor de berekening het gewicht van een intern transportmiddel inclusief tractiebatterij gebruikt.

Voor de berekening van een gemiddeld gewicht per intern transportmiddel per productcluster per jaar wordt het betreffende verkochte aantal stuks van een serie vermenigvuldigd met het betreffende gewicht van het referentievoertuig en bij elkaar opgeteld. Deze som wordt gedeeld door het totale aantal stuks intern transportmiddelen van een productcluster. Het gemiddelde gewicht vermenigvuldigd met de CO_{2e}-emissies per kilogram intern transportmiddel geeft de CO_{2e}-emissie per jaar en intern transporttruck in de betreffende productcluster.

Voor het bepalen van de emissies in de productiefase van de intern transportmiddelen wordt uitgezocht welke directe en indirecte energiebronnen jaarlijks in de werkplaatsen van Jungheinrich in Norderstedt, Lüneburg, Moosburg, Degernpoint en Landsberg werden verbruikt. Deze worden vervolgens in CO_{2e} omgerekend. Bij de directe energiebronnen gaat het om bijvoorbeeld aardgas. Elektriciteit en afstandsverwarming moeten als indirecte energiebronnen worden beschouwd.

In tabel 14 zijn alle werkplaatsen vermeld waar de intern transportmiddelen van de onderzochte productclusters worden vervaardigd voor Jungheinrich. In deze tabel zijn bovendien verplaatsingen van de productielijnen weergegeven.

	Landsberg	Leighton Buzzard	Lüneburg	Moosburg	Degernpoint	Norderstedt
Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t				X		
Verbrandingsvorkheftrucks		Tot 2003		Vanaf 2004		
Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t				X		
Reachtrucks						X
Stapelaars						X
Palletwagens	X		X			X
Trekkers			X			
Smalle gangentrucks				Tot 2014	Vanaf 2014	
Hoogheffende orderverzameltrucks			X	Tot 2014	Vanaf 2014	

Tabel 14: Productielocaties van het onderzochte productcluster

De jaarwaarden van 2005 tot en met 2015 voor de directe en indirecte energiebronnen worden in de productielocaties bepaald. Met de betreffende omrekeningsfactoren voor de energiebronnen wordt de CO_{2e}-emissie van de productie-eenheden berekend en opgeteld. In de gebruikte waarden is ook de voorafgaande keten opgenomen.

Wanneer er intern transportmiddelen met een verbrandingsmotor als bedrijfsheftruck in de productielocatie worden gebruikt, wordt het aantal van deze trucks vermenigvuldigd met de gemiddelde gebruiksduur van 220 dagen van 6 uur per dag. Het resultaat wordt vermenigvuldigd met een gemiddelde waarde uit de verbruiksrekening voor deze vloot. Dit resulteert in de CO_{2e}-emissie per jaar door het aantal gebruikte bedrijfsheftrucks in de betreffende productiewerkplaats.

De totale som van CO_{2e} -uitstoot door directe en indirecte energiebronnen en door de bedrijfsvloot is gelijk aan de totale jaarlijkse CO_{2e} -uitstoot per productielocatie. De totale emissie van CO_{2e} over de intern transportmiddelen wordt bepaald aan de hand van de orderportefeuille per productiewerkplaats per jaar en berekend per truck per productcluster.

Voor het transport van de intern transportmiddelen van de werkplaatsen naar de klanten of verdeelcentra werden de transporten van de in Europa geleverde voertuigen geanalyseerd. Als basis voor de jaren 2000-2010 werd hiervoor uit de verkoopcijfers van het jaar 2010 een gemiddelde transportafstand per productcluster bepaald. De waarden voor de jaren 2011 tot 2015 zijn bepaald op basis van de transporten. De locaties van de verdeelcentra en de verdeling van de transporten over de verdeelcentra zijn sinds het jaar 2005 niet wezenlijk veranderd.

Het aantal intern transportmiddelen uit de productclusters werd vermenigvuldigd met de betreffende afstanden. Dit levert het totale aantal kilometers per productcluster op. Het totale aantal kilometers gedeeld door het totale aantal voertuigen per productcluster geeft de gemiddelde transportafstand voor een intern transportmiddel.

Voor de berekening van de CO_{2e} -emissie per intern transportmiddel per productcluster per jaar werd vervolgens het aantal stuks van de series (orderportefeuille) in het betreffende productcluster vermenigvuldigd met het gewicht van het betreffende referentievoertuig. Dit totaalgewicht werd dan gedeeld door het totale aantal stuks van alle trucks in het productcluster. Dit resulteert in het gemiddelde gewicht van een intern transportmiddel per productcluster per jaar. Deze waarde wordt zowel voor de transporten in de productiefase, als voor de transporten in de revisiefase gebruikt.

Het product van de gemiddelde transportafstand en het gemiddelde gewicht is gelijk aan de gemiddelde

tonkilometer per voertuig en productcluster per jaar. De transporten geschieden uitsluitend per vrachtwagen. Met de transportpartners is contractueel vastgelegd dat de transportfirma's voor optimale indeling van lading moeten zorgen.

De gemiddelde tonkilometer per jaar en productcluster vermenigvuldigd met de CO_{2e} -factor resulteert in de gemiddelde CO_{2e} -emissie per truck per productcluster in het betreffende jaar. De berekening voor de trucks die moeten worden gereviseerd, verloopt analoog.

1.4.2. Gebruiksfase

Voor de bepaling van de gemiddelde CO_{2e}-uitstoot van een Jungheinrich transportmiddel in de gebruiksfase moeten een aantal rekenstappen worden doorlopen. In deze paragraaf wordt de rekenmethode gedetailleerd beschreven. Ook worden de aannamen beschreven en toegelicht die nodig zijn om de werkwijze zo eenvoudig mogelijk te houden.

Het uitgangspunt voor de berekening van de CO_{2e}-emissie tijdens de gebruiksfase is het energieverbruik E van een voertuig. Daartoe wordt in een eerste stap alleen het energieverbruik van de in hoofdstuk 1.2 gedefinieerde referentievoertuigen vastgesteld. Bij de geselecteerde referentievoertuigen gaat het om die voertuigen waarvan het aantal stuks in de betreffende serie het grootst is.

Het energieverbruik van alle geselecteerde referentievoertuigen wordt daarbij gemeten volgens de VDI 2198 cycli (stand 2011). Om de invloed van meetfouten te minimaliseren wordt de cyclus per voertuig vijf keer doorlopen. Uit de gemeten waarden is vervolgens een betrouwbaar gemiddelde verkregen. Voor voertuigen uit het productcluster smalle gangentrucks en hoogheffende orderverzameltrucks worden hiervan afwijkende cycli vastgelegd, omdat VDI 2198 hierin niet voorziet.

Voor verdere berekening van de CO_{2e}-emissie van de referentievoertuigen is er nog een factor X nodig die de verbruikte energie aan stroom, diesel, of vloeibaar gas omrekent in de equivalente massa CO_{2e}. Voor de omrekening van een kilowattuur stroom in grammen CO_{2e} wordt de EU-stroommix gebruikt volgens de JEC WTW studie versie 4a. Bij diesel en vloeibaar gas worden eveneens constante omrekenfactoren uit JEC WTW studie versie 4a gebruikt. In tabel 15 zijn alle omrekenfactoren voor de energiesoorten en energiebronnen weergegeven. Deze waarden worden ook gebruikt in het kader van de branchewerkzaamheden van de fabrikanten van intern transportmiddelen voor een toekomstige energie-efficiency-standaard.

Bij alle CO_{2e}-omrekenfactoren is ook de voorafgaande keten van de energiesoorten en –bronnen in rekening gebracht.

Energiedragers	Omrekening
Stroom	1 kWh = 606 g CO _{2e} (2005) en 540 g CO _{2e} (2015)
Diesel	1 l = 3.177 g CO _{2e}
Vloeibaar gas ('Drijfgas'/LPG/Autogas)	1 kg = 3.391 g CO _{2e}

Tabel 15: Omrekeningsfactor ter bepaling van de CO_{2e}-emissie

Speciaal voor de elektrische referentievoertuigen moet bij de berekening van de totale CO_{2e}-emissie bovendien rekening worden gehouden met de verliezen bij het laden en ontladen van de tractiebatterijen. Daartoe wordt in deze stap van de berekening een totaallaadfactor LF_{totaal} ingevoerd. Deze totaallaadfactor houdt niet alleen rekening met de elektrische en elektrochemische verliezen bij het op- en ontladen van de tractiebatterij, maar ook met de warmteverliezen in de lader tijdens het laden.

De totaallaadfactor geeft in dit geval aan hoeveel energie uit het elektriciteitsnet (in kilowattuur) nodig is om een kilowattuur energie rechtstreeks aan de elektromotor van het voertuig te leveren. Op deze manier worden door de totaallaadfactor alle energieverliezen die optreden bij de overdracht van het net, via de lader en het laden en

ontladen van de tractiebatterij, tot aan het beschikbaar komen van de energie bij de elektromotor berekend. De totaallaadfactor ziet er als volgt uit:

$$LF_{\text{totaal}} = \frac{1}{(\eta_{LG} \cdot \eta_{\text{laden}} \cdot \eta_{\text{ontladen}})} \dots\dots\dots(1)$$

Hierin is de variabele η_{LG} het rendement van de lader. Hierin zitten alle verliezen van de lader tijdens het laden. Karakteristieke rendementen liggen tussen 0,75 voor laders in de niet-geregelde technologie en ca. 0,9 voor hoogfrequent laders (laders in primaire switch-mode technologie) (Vergelijk VDI Infoblatt B2).

De rendementen η_{Laden} en η_{ontladen} staan voor de optredende verliezen bij het laden en ontladen van een tractiebatterij. Daarbij hangt het rendement bij het laden van de gebruikte soort tractiebatterij ook af van de soort laadcurve die wordt gekozen (Wa-, Puls-, of IU-curve; vergelijk ZVEI-Merkblatt). De waarde van het rendement varieert daarbij tussen 0,83 voor natte tractiebatterijen die worden opgeladen volgens de WA-curve en 0,95 voor gesloten tractiebatterijen met vaste elektrolyten of lithium-ion accu's met IU-laadcurve (vergelijk VDI Infoblatt B2). Het rendement bij het ontladen is daarentegen slechts afhankelijk van het type tractiebatterij. Onder de veronderstelling dat alle soorten lood-zuur accu's in principe gelijke ontladingsverliezen hebben, kunnen we aan dit soort accu's een ontladingsrendement van 0,85 toekennen. Eenzelfde veronderstelling van gelijke ontladingsverliezen bij lithium-ion accu's levert daar een ontladingsrendement op van 0,95.

Voorbeeldberekening (Waarden uit VDI Infoblatt B2):

Er moet één kilowattuur energie beschikbaar komen voor een elektrisch intern transportmiddel bij gebruik van een natte lood-zuur accu met zuur-ionen-circulatie die met een hoogfrequent lader via de puls-laadmethode wordt opgeladen. Hoeveel energie (kWh) moet er dan aan het elektriciteitsnet worden onttrokken?

Rendement van het oplaadapparaat:	$\eta_{LG} = 0,9$
Opladrendement:	$\eta_{\text{Laden}} = 0,93$
Ontladingsrendement:	$\eta_{\text{Ontladen}} = 0,85$

Vergelijking (1) levert met deze waarden een totaallaadfactor op van 1,41. Vermenigvuldigd met de benodigde energie van 1,0 kWh levert dit een energieopname uit het net op van 1,41 kWh.

In overeenstemming met de definitie van de totaallaadfactor volgens vergelijking (1), kunnen voor de bepaling van de CO_{2e}-emissie verschillende tractiebatterijen (lood-zuur, lithium-ion) en laadmethodes (transformator/ hoogfrequent) in de berekening worden opgenomen.

Om de omvang en daarmee de complexiteit van de berekening verder zo beperkt mogelijk te houden, worden alleen specifieke totaallaadfactoren gedefinieerd voor elk cluster apart, op basis van de mogelijke toepassing van verschillende tractiebatterijsoorten en laadmethodes.

Op serie EJEi in productcluster 6 na, waarvoor een totaallaadfactor voor lithium-ion accu's wordt berekend, worden voor alle overige series clusterspecifieke totaallaadfactoren voor lood-zuur accu's gebruikt. Daarbij hangen deze totaallaadfactoren af van de per productcluster naar rata gebruikte soorten laadapparaten.

De precieze definitie van de clusterspecifieke totaallaadfactor voor lood-zuur accu's is daarom:

$$LF_{\text{totaal,PC}} = LF_{\text{totaal,T}} \cdot xT + LF_{\text{totaal,HF}} \cdot xHF \dots\dots\dots(2)$$

De clusterspecifieke totaallaadfactor $LF_{\text{totaal, PC}}$ in vergelijking (2) wordt gevormd door het product van totaallaadfactor $LF_{\text{totaal,T}}$ van een lood-zuur accu met transformatorlader en diens evenredig aandeel in het totale aantal laadapparaten per productcluster xT op te tellen bij het product van de totaallaadfactor $LF_{\text{totaal,HF}}$ van een lood-zuur accu met hoogfrequent lader en diens evenredig aandeel in het totale aantal laders per productcluster xHF .

De statistiek van de laders die aan de berekening ten grondslag ligt, heeft betrekking op de productielijnen en niet

op de hier gebruikte productieclusters.

In principe lijkt de samenstelling van de productielijnen op de overeenkomstige productclusters. Twee productcluster zijn echter samengesteld uit series van verschillende productielijnen. Daarom komt in de bepaling van xT en xHF voor deze productclusters nog het aandeel van de series aan het totale aantal stuks laders die bij de productielijnen horen.

Voor het laden van lithium-ion accu's worden alleen hoogfrequente opladers gebruikt. Daarom is de clusterspecifieke totaallaadfactor voor de serie EJEi te vereenvoudigen tot:

$$LF_{\text{totaal, EJEi}} = LF_{\text{totaal, HF}} \dots\dots\dots (3)$$

Uit de tot nu toe opgevoerde variabelen energieverbruik E, omrekenfactor X en totaallaadfactor LF_{totaal} (alleen voor elektrische referentievoertuigen) kan door vermenigvuldiging van alle variabelen de massa van de CO_{2e}-emissie van een referentievoertuig per bedrijfsuur worden berekend. Als deze berekening wordt uitgebreid tot het aantal bedrijfsuren van een gemiddelde eerste levensduur van een voertuig L_h, krijgen we de CO_{2e}-emissie van een voertuig per levenscyclus. De levenscyclus wordt zowel voor voertuigen met een verbrandingsmotor als voor voertuigen met een elektromotor op 10.000 uur gesteld. Zodoende wordt de berekening voor de CO_{2e}-emissie van een referentievoertuig per levenscyclus:

$$MCO_{2e,RF} = E \cdot X \cdot LF_{\text{totaal,PC}} \cdot L_h \dots\dots\dots (4)$$

Om tenslotte de CO_{2e}-uitstoot van een gemiddeld voertuig per levenscyclus voor elk productcluster te verkrijgen, moeten de volgens vergelijking (4) berekende waarden voor een referentievoertuig telkens met het aantal stuks η_{BR} voor de betreffende serie vermenigvuldigd worden, en de berekende waarden van alle series van dat productcluster worden opgeteld. De grootte van de totale emissie van het productcluster tenslotte, wordt gerelateerd aan het totale aantal verkochte stuks η_{totaal} van het betreffende jaar van het productcluster, hetgeen als resultaat de CO_{2e}-uitstoot van een gemiddeld voertuig per levenscyclus oplevert. Hierbij wordt de volgende vergelijking gebruikt:

$$MCO_{2e, \text{gemiddeld voertuig}} = \frac{\sum MCO_{2e,RF} \cdot \eta_{BR}}{\eta_{\text{totaal}}} \dots\dots\dots (5)$$

Bij dit gemiddelde voertuig gaat het niet over een reëel bestaand voertuig, maar over een zuiver statistische situatie.

1.4.3. Revisiefase

Vanaf het jaar 2006, toen de centrale revisiewerkplaats voor gebruikte trucks in Klipphausen bij Dresden in gebruik werd genomen, houden we rekening met de revisiefase. In deze werkplaats worden de aangeleverde gebruikte trucks gereviseerd. Ze krijgen met andere woorden een tweede leven en worden vervolgens weer aan klanten geleverd.

De grondstoffen die nodig zijn om de intern transportmiddelen te reviseren, kunnen worden afgeleid uit een gemiddelde mix van materialen per productcluster. Voor de productie van deze grondstoffen worden (analoog aan de productiefase) de betreffende gegevens geraadpleegd. Daarmee wordt dan de betreffende CO_{2e}-emissie berekend.

Voor de berekening wordt het gemiddelde gewicht per truck per productcluster per jaar uit de productiefase gebruikt. Het gemiddelde gewicht vermenigvuldigd met de CO_{2e}-emissie per kilogram intern transportmiddel levert de CO_{2e}-emissie per jaar en per gereviseerd intern transportmiddel in de betreffende productcluster op.

Voor de revisie van de intern transportmiddelen wordt het jaarverbruik van directe en indirecte energiebronnen in Dresden bepaald en naar CO_{2e}-uitstoot omgerekend. Daarbij worden dezelfde omrekeningsfactoren gebruikt als in de productiefase.

De totale som van de CO_{2e}-uitstoot uit directe en indirecte energiebronnen en van de bedrijfsvloot levert de totale CO_{2e} uitstoot in de revisiewerkplaatsplaats in Dresden per jaar op. De totale uitstoot van CO_{2e} wordt naar de gereviseerde intern transportmiddelen in Dresden per jaar omgerekend.

De algemene berekening van de CO_{2e}-emissie voor het transport in de revisiefase wordt beschreven in het deel 'productiefase'. Voor de evaluatie van de voor revisie bestemde trucks in Dresden werd de berekening analoog uitgevoerd. De te reviseren intern transportmiddelen worden rechtstreeks bij de klant opgehaald en na revisie weer afgeleverd. Daarom zijn in de berekeningen de afstandswaarden vermenigvuldigd met een factor 2. Kijkend naar de revisie ontstaat er een verschil in CO_{2e}-uitstoot per voertuig in vergelijking met een nieuw voertuig. Dit verschil wordt de totaalbalans in rekening gebracht en kan op de creditkant worden bijgeschreven.

1.5. Foutenschatting en sensitiviteitsanalyse

Om de geloofwaardigheid en de betekenis van het onderzoek te onderstrepen, worden op deze plaats mogelijke foutbronnen opgespoord en moet een eerste aanzet worden aangegeven hoe deze geëlimineerd kunnen worden. Verder wordt er een schatting gemaakt hoe sterk de berekende waarden naar boven en onder variëren en welke uitwerkingen eventuele schommelingen op het eindresultaat kunnen hebben.

1.5.1 Foutenschatting productiefase

Grondstoffen

De CO_{2e}-factoren werden zo gekozen dat bij een mix van materialen altijd de grootste waarde werd gebruikt.

Bij metaalcomposieten en bij metaal-kunststofcomposieten bedragen de procentuele verdelingen tussen staal en kunststof 80/20 resp. 50/50. De foutenschatting werd voor het productcluster uitgevoerd waarin het betreffende materiaal aandeel het hoogst is (reachtruck metaalcomposiet, verbrandingsvorkheftruck metaal-kunststofcomposiet). De resultaten staan in tabel 16.

Productie

De berekening van de CO_{2e}-emissie in de werkplaatsen is gebaseerd op reële verbruikswaarden.

De omrekeningsfactoren zijn afkomstig van erkende bronnen. Een systematische foutoorzaak valt hier niet te bespeuren.

Transport

Als factor voor de transporten hebben wij de vrachtwagendiesel EU 2010 transporten uit de Probas Datenbank (2015) gebruikt. Deze waarde omvat de hele levenscyclus (transporten plus voorafgaande handelingen). De afstanden werden aan de hand van de reële verkoopcijfers in de landen berekend. Een systematische foutoorzaak valt hier niet te bespeuren.

1.5.2. Foutenschatting gebruiksfase

Bepaling van het energieverbruik

Het energieverbruik van de referentievoertuigen werd bepaald op basis van richtlijn VDI 2198 en nieuw vastgestelde cycli voor smalle gangentrucks en hoogheffende ordervverzameltrucks.

Hierbij werd de VDI-cyclus minstens vijf keer herhaald en uit de gemeten waarden werd een gemiddelde waarde berekend. Alle gemeten waarden zijn te vinden in het meetverslag.

Voor de berekende waarden van het stroomverbruik en de tijd is voor de VDI-belastingscyclus een tolerantie van circa 0,5% toelaatbaar (zie meetverslag).

Om meetfouten tijdens de stroommeting te kunnen uitsluiten, werden er altijd twee ampèremeters tegelijk gebruikt. Wanneer er geen afwijkingen tussen beide metingen zijn, mag worden aangenomen dat er zich geen meetfouten hebben voorgedaan.

Totale laadfactor

Bij de voor de berekening van de totale laadfactoren gebruikte rendementen voor het laden en ontladen van een tractiebatterij en het rendement van de lader zijn afwijkingen van maximaal $\pm 1,5\%$ van de opgegeven waarden mogelijk.

Alle berekeningen werden volgens dezelfde systematiek uitgevoerd.

1.5.3 Foutenschatting revisiefase

Grondstoffen

De CO_{2e}-factoren werden zo gekozen dat bij een mix van materialen altijd de grootste waarde werd gebruikt.

Bij metaalcomposieten en bij metaal-kunststofcomposieten bedragen de procentuele verdelingen tussen staal en kunststof 80/20 resp. 50/50. De foutenschatting werd voor het productcluster uitgevoerd waarin het betreffende materiaalaandeel het hoogst is (reachtruck metaalcomposiet, verbrandingsvorkheftruck metaal-kunststofcomposiet). De resultaten staan in tabel 16.

Revisie

De berekening van de CO_{2e}-emissie in de revisiewerkplaats te Dresden is gebaseerd op reële verbruikswaarden. De omrekeningsfactoren zijn afkomstig van erkende bronnen. Een systematische foutoorzaak valt hier niet te bespeuren.

Transport

Als factor voor de transporten hebben wij de vrachtwagendiesel diesel EU 2010 transporten uit de Probas Datenbank (2015) gebruikt. Deze waarde omvat de hele levenscyclus (transporten plus voorafgaande handelingen). De afstanden werden aan de hand van de werkelijke verkoopcijfers in de landen berekend. Een systematische foutoorzaak valt hier niet te bespeuren.

1.5.4. Sensitiviteitsanalyse

In wat volgt, wordt beschreven wat de invloed van de in 1.5.1. tot en met 1.5.3 bepaalde mogelijke foutenbronnen is op het eindresultaat. Vooraf dient te worden opgemerkt dat de gebruiksfase met een aandeel van minstens 80% de grootste invloed heeft op het eindresultaat (productie en gebruik).

Productiefase		
Bekeken waarde	Aanname	Uitwerking op de productiefase
Metaalcomposieten staal/kunststof 80% / 20% bij reachtrucks	Slechtere waarde kunststof voor 100% gebruiken (1,72 kg CO _{2e} i.p.v. 1,35 kg CO _{2e})	2005 niet meegerekend, nieuwe factoren vanaf 2015 2015 verslechtering rond 1,49%
Metaal-kunststofcomposieten staal/kunststof 50% / 50% bij verbrandingsvorkheftrucks	Slechtere waarde kunststof voor 100% gebruiken (1,72 kg CO _{2e} i.p.v. 1,35 kg CO _{2e})	2005 niet meegerekend, nieuwe factoren vanaf 2015 2015 verslechtering rond 0,33%
Gebruiksfase		
Bekeken waarde	Aanname	Uitwerking op de productiefase
Energieverbruik volgens VDI 2198	De meetwaarden (stroomverbruik en tijd) vertonen de maximale afwijking van de VDI-cyclus (0,5%)	Afwijking van 0,5%
Rendement	Alle rendementen hebben een afwijking van $\pm 1,5\%$	Verslechtering van het resultaat rond 5% bij een vermindering van het rendement rond de 1,5%
Revisiefase		
Bekeken waarde	Aanname	Uitwerking op de productiefase
Metaalcomposieten staal/kunststof 80% / 20% bij reachtrucks	Slechtere waarde kunststof voor 100% gebruiken (1,72 kg CO _{2e} i.p.v. 1,35 kg CO _{2e})	2006 niet meegerekend, nieuwe factoren vanaf 2015 2015 verslechtering rond de 1,91%
Metaal-kunststofcomposieten staal/kunststof 50% / 50% bij verbrandingsvorkheftrucks	Slechtere waarde kunststof voor 100% gebruiken (1,72 kg CO _{2e} i.p.v. 1,35 kg CO _{2e})	2006 niet meegerekend, nieuwe factoren vanaf 2015 2015 verslechtering rond de 1,22%

Tabel 16: Sensitiviteitsberekeningen

Conclusie: de beschreven gevolgen kunnen een uitwerking hebben op de absolute CO_{2e}-resultaten, maar niet op de procentuele ontwikkelingen in de jaren 2005 tot 2015.

2. Basishypotheses en bepalingen in de levenscyclusanalyse

Hierna wordt samengevat welke basishypotheses werden gemaakt voor het onderzoek.

Doel van de levenscyclusanalyse

- Nagaan van de evolutie van de CO_{2e}-emissie binnen de gedefinieerde productclusters van de intern transportmiddelen die in de jaren 2005 tot en met 2015 in gebruik werden genomen
- Uitgangspunt voor doelstellingen tot verdere verlaging van de CO_{2e}-emissie

Onderzoekskader

- Functie: inzet van intern transportmiddelen in de intralogistiek over een inzetduur van 10.000 bedrijfsuren (eerste truckleven)
- Vergelijkbaarheid: vergelijkbare rij- en hefprestaties binnen de afzonderlijke productclusters (gedefinieerde cycli)
- Systeemgrenzen: de systeemgrenzen omvatten de productiefase, de gebruiksfase inclusief energievoorziening en de revisiefase
- Uitzonderingen: service, onderhoud, verwijdering en recycling maken geen deel uit van het onderzoek

Verdeling: De input-/outputstromen zijn voor de respectievelijke fasen beschreven door de berekeningsmethoden. Voorbeeld productiefase: input wordt gevormd door de directe en indirecte energiebronnen, de output is de resulterende CO_{2e}-emissie, die deel uitmaakt van het totale systeem. In de berekening worden uitsluitend intern transportmiddelen meegenomen, die worden vervaardigd in Europese productielocaties van Jungheinrich.

Gegevensbasis

- Meetresultaten volgens VDI 2198-cyclus en zelf gedefinieerde cycli voor smalle gangentrucks en hoogheffende orderverzameltrucks
- Technische gegevensbladen
- Verkoop-/orderportefeuille
- CO_{2e}-omrekenfactoren (stroommix EU, diesel en vloeibaar gas)
- Laad- en ontladingsrendement van de tractiebatterij, rendement van de lader, verdeling van het aantal stuks over de verschillende typen laders
- Gemiddelde levenscyclus (bedrijfsuren)
- Materialenmix productcluster als basis voor productie- en revisiefase
- CO_{2e}-omrekenfactoren (materiaal, EU-stroommix, aardgas etc.)
- Energieverbruikswaarden uit de productielocaties
- Omrekenfactor voor transporten
- Evaluatie transporten 2015
- Orderportefeuille Dresden 2015

Balansresultaten

- De balansresultaten bevatten de CO_{2e}-emissies in de betreffende fasen
- De bronnen zijn o.a. het Umweltbundesamt, probas, GEMIS, Europese studie
- Er is geen inschatting van de werking gedaan

3. Resultaten van het opmaken van de levenscyclusanalyse

3.1. Balansresultaten voor de productie en het gebruik

Hierna wordt eerst het resultaat van het onderzoek voor de fasen productie en gebruik weergegeven en samengevat. De getallen in tabel 17 betreffen de volledige interne transportvloot.

De gegevens zijn in ton CO_{2e} per levenscyclus en per gemiddeld voertuig

	Productie			Gebruik			Totaal		
	2005	2015	%	2005	2015	%	2005	2015	%
Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t	8,4	5,7	-32,9	54,1	39,8	-26,5	62,6	45,4	-27,4
Vorkheftrucks met verbrandingsmotor	13,7	8,6	-37,1	125,3	97,5	-22,2	139,1	106,1	-23,7
Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t	7,1	4,5	-36,0	36,3	31,2	-13,9	43,4	35,8	-17,5
Reachtrucks	5,5	5,6	+2,5	39,2	27,8	-29,1	44,7	33,5	-25,2
Stapelaars	1,4	1,6	+16,1	8,5	6,9	-19,1	9,9	8,5	-14,1
Palletwagens	1,1	1,2	+5,8	4,8	3,4	-29,6	6,0	4,6	-22,9
Trekkers	2,2*	1,4	-35,1*	14,7	13,7	-6,9	16,9	15,1	-10,6%
Smalle gangen-trucks	14,6	13,9	-4,4	49,8	31,6	-36,4	64,3	45,5	-29,2
Hoogheffende orderverzameltrucks	4,6	5,1	+10,1	21,6	13,4	-37,8	26,3	18,6	-29,3

* Waarden uit het eerste verkoopjaar (2006)/ontwikkeling in vergelijking met het jaar 2006.

Tabel 17: Onderzoeksresultaten productie en gebruik

Duidelijk is dat er in de laatste tien jaar (2005 t/m 2015) aanzienlijke verlagingen van de CO_{2e}-uitstoot in alle productclusters van Jungheinrich konden worden verwezenlijkt. Bij enkele productclusters was er in de productiefase echter ook een toename van de CO_{2e}-emissie.

In de productiefase waren er in de jaren 2005–2015 besparingen van meer dan 30% in de CO_{2e}-uitstoot bij de elektrische vorkheftrucks, de vorkheftrucks met verbrandingsmotor en de trekkers. Een toename van de CO_{2e}-uitstoot viel er te noteren bij de stapelaars, palletwagens en hoogheffende orderverzameltrucks. Van essentiële invloed op de verbetering was enerzijds het, in vergelijking met het gestegen aantal stuks, slechts matig gestegen energieverbruik. Anderzijds hebben de verbeterde omrekenfactoren voor grondstoffen vanaf 2015 daartoe bijgedragen.

Ook de financiële en economische crisis in de jaren 2007–2009 was van invloed op de CO_{2e}-emissie bij de productie. Bij een lagere bezettingsgraad van de productie wordt het energieverbruik over minder voertuigen verdeeld, waardoor de CO_{2e}-uitstoot per voertuig toeneemt. Dit effect is vooral in het jaar 2009 duidelijk merkbaar.

In de gebruiksfase kunnen we vaststellen dat er bij alle productclusters die Jungheinrich in het jaar 2005 al in zijn portfolio had, en ook bij de trekkers, aanzienlijke efficiencyverbeteringen tot wel 38 % verwezenlijkt werden. Enerzijds is deze ontwikkeling te danken aan de introductie van nieuwe technologie. Anderzijds heeft verbetering van de bestaande techniek hiertoe bijgedragen, bijvoorbeeld door optimalisering van de intern transportmiddelen. Verder speelt de groeiende vraag van de gebruiker naar efficiëntere laders, hetgeen resulteert in een kleinere totale laadfactor per productcluster, en de EU-stroommix een aanzienlijke rol. Hier werden in de voorbije tien jaar eveneens duidelijke verbeteringen geboekt.

3.2. Balansresultaten van het herstel

In de revisiefase zijn over de zes productclusters in de CO_{2e}-uitstoot besparingen tussen 17 % en 51 % te noteren. Deze hoge waarden zijn terug te voeren op het feit dat de waarde van de CO_{2e}-uitstoot in het eerste jaar 2006 (opstart revisielocatie Dresden) beduidend hoger was dan in 2007 en de jaren daarna.

De resultaten voor de revisiefase staan in het volgende overzicht. Momenteel wordt ca. 6% van de voertuigen gereviseerd:

De gegevens zijn in ton CO_{2e} per levenscyclus en per gemiddeld voertuig

	Elektrische vorkheftrucks > 1,6	Vorkheftrucks met verbranding-motor	Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t	Reachtrucks	Stapelaars	Palletwagens
2006	2,2	2,8	2,2	2,0	1,0	1,0
2015	1,5	2,3	1,5	1,5	0,6	0,5
%	-30,8	-17,5	-30,8	-26,2	-44,6	-51,1

Tabel 18: Onderzoeksresultaten revisie

3.3. CO_{2e}-uitstoot van de in omloop gebrachte trucks (productie en revisie)

Als in omloop gebrachte trucks gelden de in een bepaald jaar geproduceerde en gereviseerde trucks. Door de duidelijk lagere CO_{2e}-emissie bij de gereviseerde trucks vermindert ook de CO_{2e}-emissie bij de in totaal in omloop gebrachte trucks. Het aandeel aan gereviseerde trucks moet in de toekomst geleidelijk worden verhoogd. Daardoor mogen er in dit bereik grotere verlagingen worden verwacht.

Bij deze evaluatie zijn de productclusters trekkers, smalle gangenrucks en hoogheffende orderverzameltrucks buiten beschouwing gelaten, omdat die momenteel nog niet in noemenswaardige aantallen gereviseerd worden.

Het revisiequotum van momenteel ca. 6% levert bij de in omloop gebrachte trucks de in tabel 21 weergegeven CO_{2e}-emissie reducties.

De gegevens zijn in ton CO_{2e} per levenscyclus en per gemiddeld voertuig.

De gegevens zijn in ton CO_{2e} per levenscyclus en per gemiddeld voertuig

	Productie			In omloop gebrachte trucks (productie en revisie)			Verandering in de CO _{2e} -uitstoot door revisie in het jaar 2015	
	2005	2015	%	2005	2015	%	Absoluut	%
Elektrische vorkheftrucks > 1,6	8,4	5,7	-32,9	8,4	5,3	-37,2	0,4	-6,4
Vorkheftrucks met verbrandings- motor	13,7	8,6	-37,1	13,7	8,2	-39,7	0,4	-4,2
Elektrische vorkheftrucks < 1,6 t	7,1	4,5	-36,0	7,1	4,2	-40,1	0,3	-6,4
Reachtrucks	5,5	5,6	+2,5	5,5	5,3	-3,2	0,3	-5,6
Stapelaars	1,4	1,6	+16,1	1,4	1,6	+11,8	0,1	-3,7
Palletwagens	1,1	1,1	+5,8	1,1	1,1	+2,9	0,0	-2,8

Tabel 19: Verandering van de CO_{2e}-uitstoot door revisie (2015)

Door consequente revisie van de voertuigen kan het energieverbruik duidelijk teruggebracht worden. Daardoor is in de tweede levenscyclus tot wel 74 % minder CO_{2e}-uitstoot per voertuig mogelijk.

Een overzicht van de besparingsmogelijkheden geeft tabel 20.

De gegevens zijn in ton CO_{2e} per levenscyclus en per gemiddeld voertuig in het jaar 2015

	Elektrische vorkhef- trucks > 1,6 t	Vorkheftrucks met verbrandings- motor	Elektrische vork- heftrucks < 1,6 t	Reachtrucks bestuurders- stoel/stavlak	Pallet- stapelaars	Wagens, trekkers
Productie (nieuw voertuig)	5,6	8,6	4,5	5,6	1,6	1,2
Revisie (gebruikt voertuig)	1,5	2,3	1,5	1,4	0,5	0,5
Δ in %	-73	-73	-66	-74	-65	-61

Tabel 20: Besparingspotentieel CO₂-uitstoot per voertuig door revisie

3.4. Totaalbalans

Als we in het kader van dit onderzoek de totaalbalans opmaken, dan blijkt dat in de laatste tien jaar de CO_{2e}-emissie met 30% gedaald is.

Als we ook de gereviseerde voertuigen in de totaalbalans meenemen, dan zijn de besparingen nog groter (zie tabel 21; tussen haakjes staan de waarden waarbij geen rekening is gehouden met de gereviseerde voertuigen). Door een consequente verdere uitbreiding van de revisie van transportmiddelen kunnen de besparingen aan de productiekant nog verder worden vergroot.

Als in de toekomst nog meer productclusters gereviseerd worden, dan zijn daarbij eveneens duidelijke besparingen te verwachten.

De gegevens zijn in ton CO_{2e} per levenscyclus en per gemiddeld voertuig

	In omloop gebrachte trucks (productie en revisie)			Gebruik			Totaal (tussen haakjes: waarden zonder rekening te houden met de gereviseerde voertuigen)		
	2005	2015	%	2005	2015	%	2005	2015	%
Elektrische vorkheftrucks > 1,6 t	8,4	5,3	-37,2	54,1	39,8	-26,5	62,5	45,1 (45,5)	-27,9 (-27,4)
Vorkheftrucks met verbrandingsmotor	13,7	8,2	-39,7	125,3	97,5	-22,2	139,1	105,7 (106,1)	-24,0 (-23,7)
Elektrische vorkheftrucks < 1,6t	7,1	4,3	-40,1	36,3	31,3	-13,9	43,4	35,5 (35,8)	-18,2 (-17,5)
Reachtrucks	5,5	5,3	-3,2	39,3	27,8	-29,1	44,7	33,1 (33,4)	-25,9 (-25,2)
Stapelaars	1,4	1,6	11,8	8,5	6,9	-19,1	9,9	8,5 (8,5)	-14,7 (-14,1)
Palletwagens	1,1	1,1	-2,9	4,8	3,4	-29,6	6,0	4,6 (4,6)	-23,5 (-22,9)
Trekkers	2,2	1,4	-35,1	14,7	13,7	-6,9	17,0	15,1	-10,6
Smalle gangen trucks	14,5	13,9	-4,4	49,8	31,6	-36,4	64,3	45,6	-29,2
Hoogheffende orderverzameltrucks	4,7	5,1	10,1	21,6	13,4	-37,8	26,3	18,6	-29,3

Tabel 21: Totaalbalans

Jungheinrich maakt voor de intern transportmiddelen een tweede leven mogelijk middels een hoogwaardige revisie. Zodoende hoeven er minder nieuwe transportmiddelen geproduceerd te worden; in veel gevallen is een gebruikt transportmiddel voor de klant immers toereikend.

Zoals uit dit onderzoek blijkt, is er voor de revisie duidelijk minder energie nodig dan voor de productie van een nieuw voertuig. Rekening houdend met de revisie kan het verschil wel oplopen tot 0,4 ton CO₂ per voertuig bij de EFG. Dit verschil kan voor deze productcluster worden bijgeschreven op de creditkant van de CO_{2e}-balans.

4. Geldigheidsverklaring

De in het milieupredikaat van Jungheinrich gedane uitspraken zijn geaudit door TÜV Nord. Het certificaat bevestigt dat de levenscyclusanalyse is gebaseerd op betrouwbare gegevens en de methode waarmee het is gemaakt, voldoet aan de eisen van DIN EN ISO 14040.



CERTIFICATE OF VALIDITY

DIN EN ISO 14040 : 2009
(LCA - life cycle assessment)

Evidence that the application conforms to the regulations was delivered, and is herewith certified according to the TÜV NORD CERT - procedure for

Jungheinrich AG
Friedrich-Ebert-Damm 129
22047 Hamburg
Germany

Range of application

The Environmental Commendation of Jungheinrich 2005 - 2015

The requirements were fulfilled and proven by a critical review concerning

- **Standard methodologies**
- **Representative categories of balancing and effects**
- **General transparency and consistency**

Audit Report No. 3517 4194

Certification office of the TÜV NORD CERT GmbH

Essen, dated 2016-03-01

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Hirt', with a long, sweeping underline that extends to the right.

Dr. Winfried Hirt
Environmental verifier

TÜV NORD CERT GmbH

Langemarckstrasse 20

45141 Essen

www.tuev-nord-cert.com

5. Literatuur- en bronnenlijst

De volgende internetbronnen werden ten behoeve van de actualisering in januari 2016, dan wel voor eerdere bronnen gebruikt:

JEC WTW study Version 4a (<http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads>)

Umweltbundesamt: Probas (Factoren CO_{2e} für Materialien, Transport, Energieträger)

Linde Gase : http://www.linde-gase.de/datenblatt/db_propan_DIN51622.pdf

Arbeitsgemeinschaft (AG) Energiebilanzen e.V.: „Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten (2000–2009)“: <http://www.agennergiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65>

Öko-Institut e.V. (2007): „Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorketten“:
http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/gemis44thg_emissionen_fossil.pdf

Umweltbundesamt (2008): „Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme“: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3476.html>

VDI (2003) : VDI-Richtlinie 2516 „Flurförderzeuge für die Regalbedienung - Spielzeitermittlung in Schmalgängen“:
http://www.vdi.de/401.0.html?&no_cache=1&tx_vdirili_pi2%5BshowUID%5D=90164

VDI (2011a): Infoblatt „Überschlägige Kostenermittlung einer Batterieladung“:
http://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/fml_dateien/Info-Blatt__B2_/VDI-FFZInfoblatt_Kostenermittlung%20Batterieladung.pdf

VDI (2011b): VDI-Richtlinie 2198 „Typenblätter für Flurförderzeuge“: http://www.vdi.de/401.0.html?&no_cache=1&tx_vdirili_pi2%5BshowUID%5D=93416 ZVEI (2011): Merkblatt „Ladegerätezuordnung für Antriebsbatterien in geschlossener (PzS) und verschlossener (PzV) Ausführung“: <http://www.zvei.org/fachverbaende/batterien/publikationen/>



Certificaat volgens ISO 9001
Certificaat-nummer 650141
Jungheinrich Nederland BV



Jungheinrich
Fabrieken, Verkoop
en Service Europa
ISO 9001/ISO 14001



Jungheinrich intern transport
trucks voldoen aan de Europese
veiligheidsvoorschriften

Jungheinrich Nederland BV

H.A. Lorentzweg 3
Postbus 231
2400 AE Alphen aan den Rijn
Telefoon 0172 44 67 89
Fax 0172 43 85 74

info@jungheinrich.nl
www.jungheinrich.nl

 **JUNGHEINRICH**