



Nachhaltigkeit bei Einsatz von Isolierölen gemäß IEC 60296 in Leistungstransformatoren

STARKE & SOHN GmbH
MINERALÖLWERK
Aue • Hannover • Niebüll

7. Fachtagung
„Isoliersysteme in der Hochspannungstechnik“

5. & 6. Juli 2023

Technische Universität Graz
Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement

Dipl.-Ing. Dirk Flor
Geschäftsführer
Starke & Sohn GmbH

- Inhalt

Kurzübersicht Starke & Sohn GmbH

Nachhaltigkeit - was bedeutet das eigentlich und was hat das mit Isolierölen zu tun?

„Meilensteine“ zur Nachhaltigkeit in der Trafo-Familie
(IEC, Energieerzeuger / Netzbetreiber / OEM`s)

Objektiver Review zu unterschiedlichen „nachhaltigen Isolierölen“

Akzeptanz & Ausblick

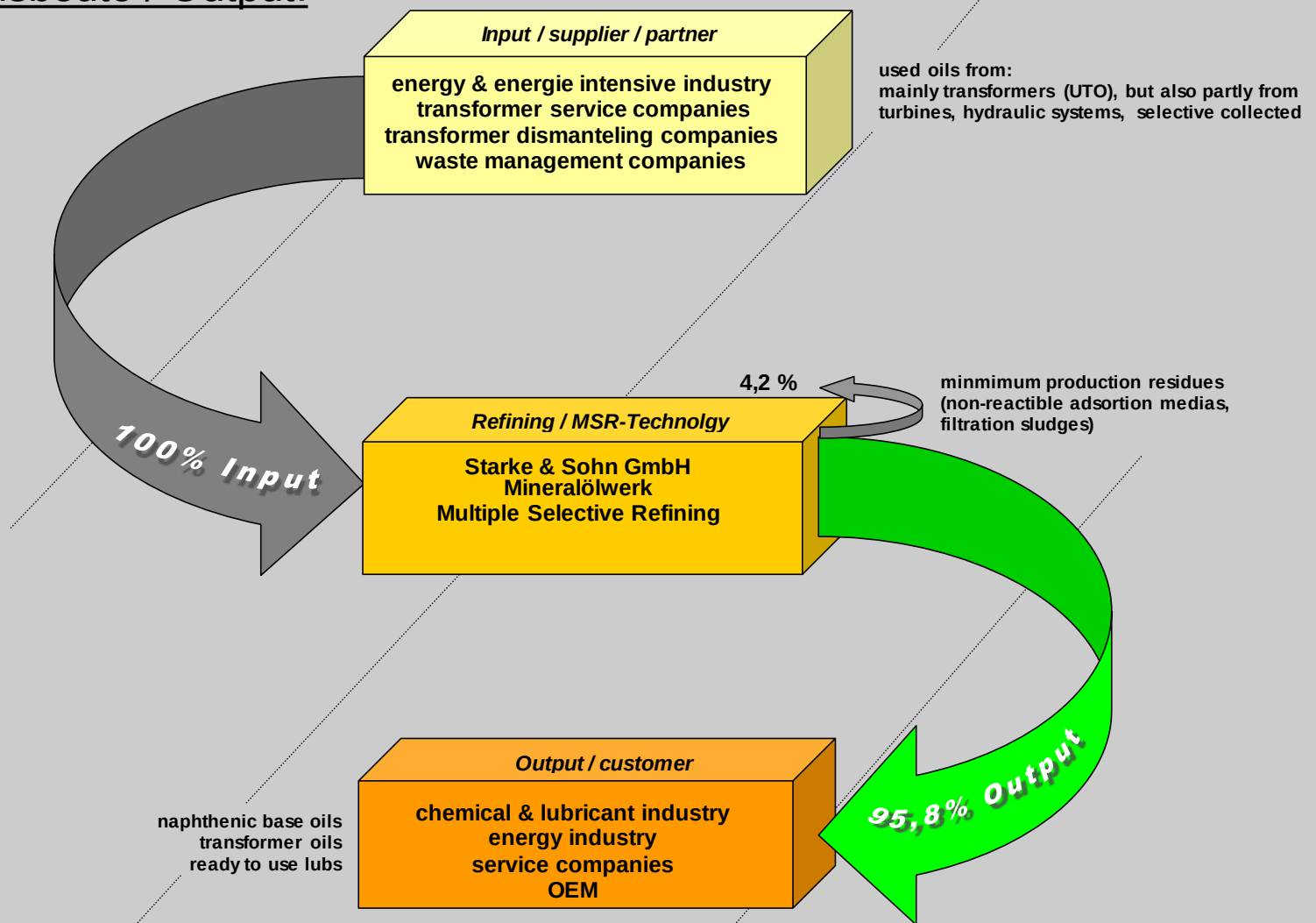
Kurzübersicht Unternehmen Starke & Sohn GmbH:

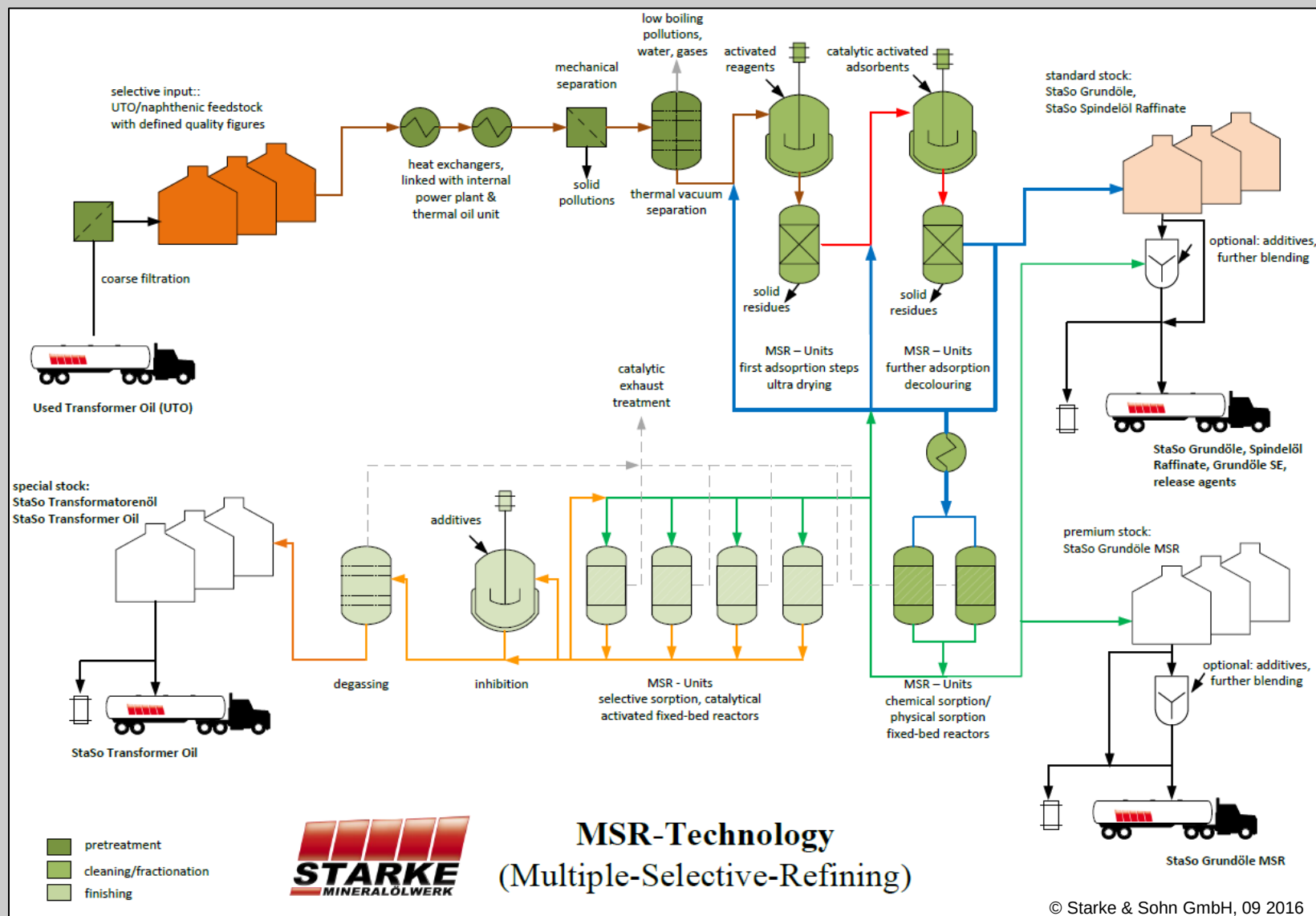
- Eigentümer: Manfred Starke
- Mitarbeiter / Umsatz: 35 / > 10 Mio €
- Betriebsstätten: Niebüll, Aue & Hannover
- Produkte / Märkte: naphthenische Basis- & Trafoöle / EMEA
- Kernkompetenz: selektive Adsorption / Re-Raffination
- Rohstoffe: gebrauchte Transformatoren- & Turbinenöle
- Kapazitäten: 20.000 t/a Re-Raffinationskapazität
14.000 t/a naphthenisches Basisöl
6.000 t/a Transformatorenöl
> 3.000 t Lagerkapazität (bulk & gepackte Ware)
- Zertifikate & Genehmigungen: ISO 9001, ISO 45001, EfB*, WHG
- unsere Leidenschaft: spezialisierte Mineralölverarbeitung & Dienstleistungserbringung für die Energiewirtschaft

Rohstoffbeschaffung:



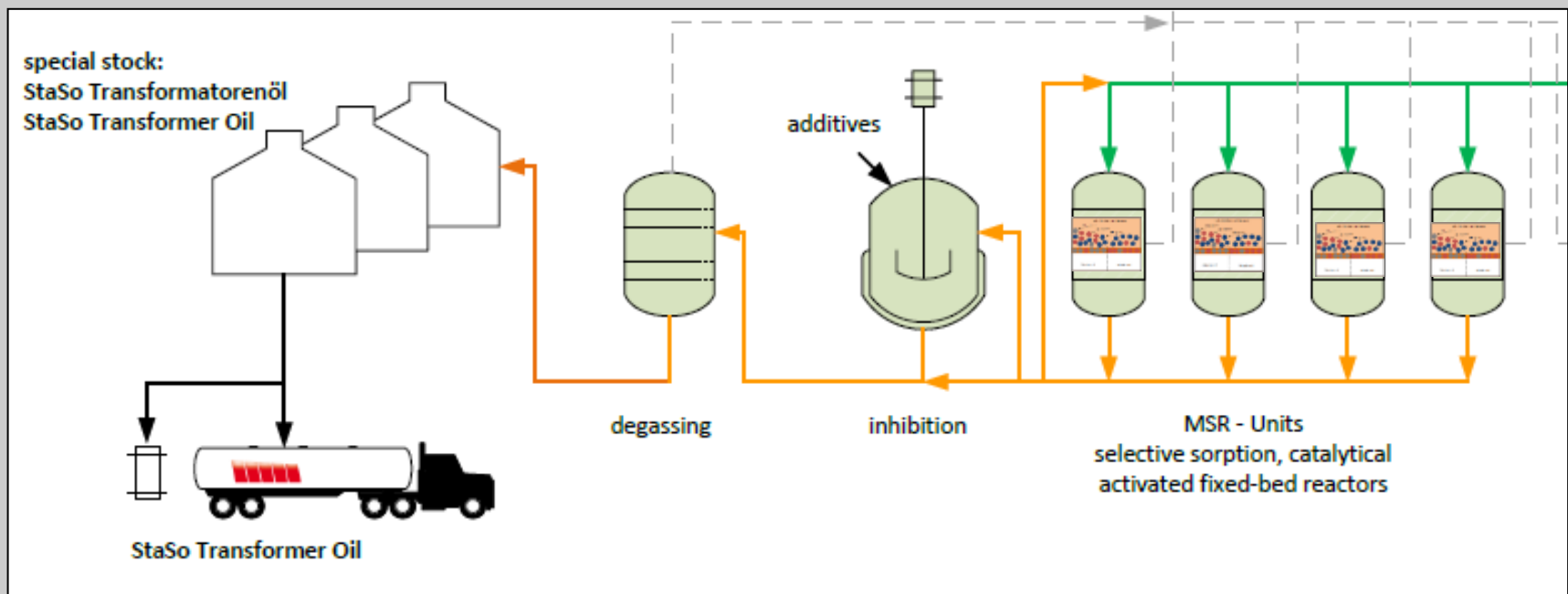
Input / Ausbeute / Output:





Prozess - MSR-Technologie: Mehrfach - Selektiv - Raffination

- StaSo Grundöle MSR = Basis für StaSo Transformatorenöl
(acc. IEC 60296, Typ A)

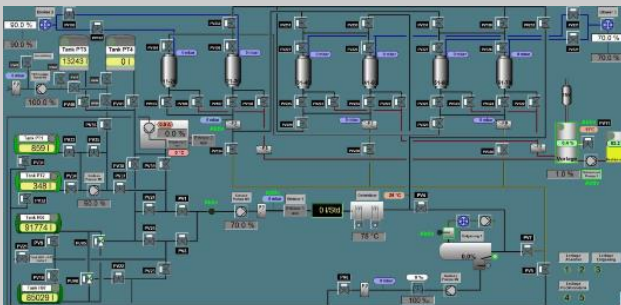


...ein Bild sagt manchmal mehr als tausend Worte...:

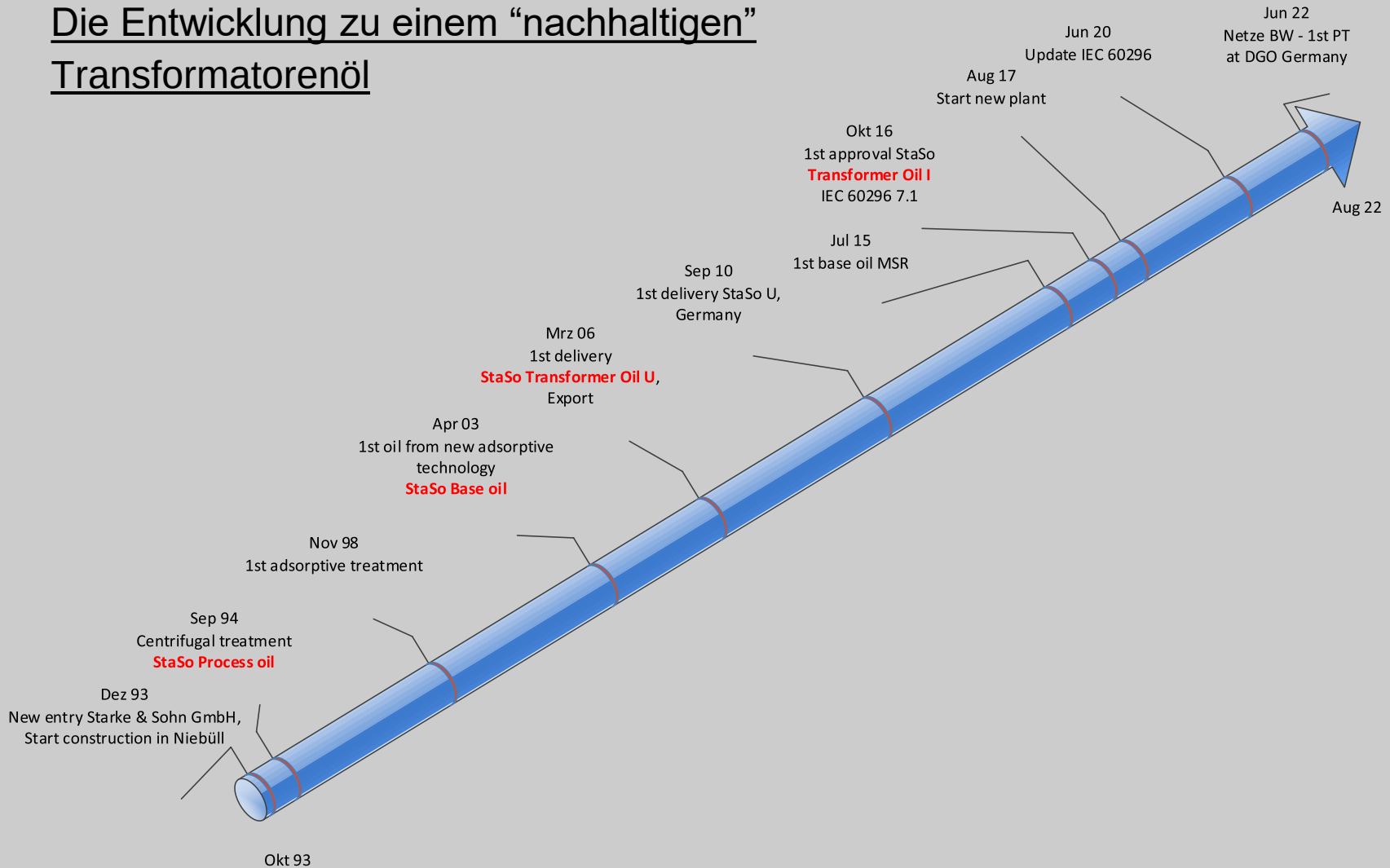


Wichtige, technische Ausstattungen:

- speziell ausgerüstete Logistik - 7 TKW für Input- & Output-Ströme
- 3 Mobile-Regenerations-Anlagen für Serviceleistungen gem. IEC 60422
- sehr gut ausgestattete Analytik (incl. GC, IR, RFA, HPLC), durchgängige Prozesskontrolle
- eigenes engineering know how (MSR- & MRA-Technology)
- Eigentum für weitere Kapazitätserweiterungen (in Produktion & Lagerung)



Die Entwicklung zu einem “nachhaltigen” Transformatoröl



Nachhaltigkeit - Definition: was bedeutet das eigentlich?

- *„Nachhaltigkeit ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcen-Nutzung, bei dem eine dauerhafte Bedürfnisbefriedigung durch die Bewahrung der natürlichen Regenerationsfähigkeit der beteiligten Systeme (vor allem von Lebewesen und Ökosystemen) gewährleistet werden soll.“*

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>

- *„Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann“*

- Quelle: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>

- *“Bei der Betrachtung weiterer Definitionsansätze können ... weitere Überschneidungen festgestellt werden. Am häufigsten fällt dabei auf, dass:*
 - *Nachhaltigkeit stets auf die Gegenwart und Zukunft ausgerichtet ist und somit ein zeitlicher Bezug gegeben ist.*
 - *Ressourcen, materielle/immaterielle Güter, ökonomische/ökologische Einheiten etc., geschützt werden sollen, insbesondere wenn diese nicht erneuerbar sind.*
 - *der Fortbestand eines Bezugsobjektes kurz- und langfristig sichergestellt werden soll.“*

Quelle: https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm

Nachhaltigkeitsziel - was sagt der RNE (Rat für Nachhaltige Entwicklung)?



Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft

Der absolute Rohstoffverbrauch in Industrieländern ist angesichts der ökologischen Belastungsgrenzen zu hoch. Für nachhaltige Produktions- und Konsummuster zu sorgen und den Ressourcenbedarf stark zu verringern, ist daher eines der globalen Nachhaltigkeitsziele. Kreislaufwirtschaft ist eine Möglichkeit, um das Wachstum vom Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe zu entkoppeln.

Nachhaltigkeit - Altölrecycling - Grundsätzliches - Studie ex IFEU

*„Zusammenfassend führt die Aufbereitung von Altöl zur Rückgewinnung von Grundölen zu einer deutlichen Ressourcenschonung und Entlastung der Umwelt.“ **

Diese Studie unterstreicht die Ergebnisse aus dem Jahr 2005 und ergänzt die vorherigen Schlussfolgerungen, indem sie feststellt, dass eine fortschrittliche Aufbereitungstechnologie der bevorzugte Weg sein sollte, um Altöl so lange wie möglich als hochwertiges Material in der Kreislaufwirtschaft zu halten.

Kurz gesagt:

Dieser LCA unterstützt die höhere Rangordnung der Reraffination gegenüber der energetischen Verwertung gemäß der von der EU-Politik geforderten Abfallhierarchie.“



Updating the study
Ecological and energetic assessment of re-refining waste oils to base oils
Substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds

* Quelle:

Updating the study Ecological and energetic assessment of re-refining waste oils to base oils,

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Nabil Abdalla, Horst Fehrenbach, 2017, übersetzt mit google,

https://bva-altoelrecycling.de/files/uploads/2017/10/oekobilanz_ifeu_2017.pdf

Nachhaltigkeit - in Bezug auf den Einsatz von recyceltem Isolieröl in Trafos?

- Ist ein Einsatz *“...stets auf die Gegenwart und Zukunft ausgerichtet...”* * ?
 - Ist also ein aktueller und bedenkenloser Einsatz möglich?
 - Ist die Leistungsfähigkeit & Performance auch in der Zukunft möglich, d.h. auch über die Lebensdauer des Transformators?
- Können durch den Einsatz *„...nicht erneuerbare Ressourcen...geschützt werden...”* * ?
 - Z.B. die durchaus endlichen Erdöl- und Gasvorkommen bzw. Ressourcen?
 - Sind landwirtschaftliche Flächen zum Anbau nativer Rohstoffe, die in technischen Produkten eingesetzt werden, erneuerbar und/oder begrenzt und können auch diese geschützt werden?
- Kann der Einsatz, d.h. *„...kann der Fortbestand eines Bezugsobjektes kurz- und langfristig sichergestellt werden ...”* * ?
 - Gibt es genug recyceltes Isolieröl?
 - Kann recyceltes Isolieröl quasi „unendlich“ recycelt werden?

“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Isolieröl in Leistungstrafo - neue IEC 60296

IEC 60296:2020

Typ A – voll inhibiertes “high grade” Isolieröl

Die International Electrotechnical Commission (IEC) hat im Juni 2020 eine überarbeitete Version der Norm für „Flüssigkeiten für elektrotechnische Anwendungen – Isolieröle auf Mineralölbasis für Transformatoren und Schaltgeräte“ herausgegeben: die IEC 60296:2020

Ein Novum der neuen IEC 60296:2020 ist der Fokus auf die Spezifikation von technischen Qualitäts- und Leistungsparametern von Isolierölen.

Die originäre Herkunft der Ölmoleküle (Rohöl, Gas oder Gebrauchtöl) spielt hinsichtlich der Spezifikation, Klassifizierung und Leistungsfähigkeit keinerlei Rolle mehr.

Mit dieser Norm wird zweifelsohne ein äußerst positiver und innovativer Meilenstein innerhalb der „konservativen Trafo-Familie“ gesetzt, und wir sind unsererseits stolz, dass unser Haus im Technischen Arbeitsausschuss MT 38 an der Überarbeitung der Norm mitwirken durfte.

“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Energieerzeuger in DE / 600 MVA Reservetrafo

600 MVA Maschinentrafo: bereits in 08 2016 befüllt mit 84 t StaSo Transformatorenöl I bei der heutigen Lausitz Energie Bergbau AG (ehemals Vattenfall AG) - der erste Großtrafo seiner Art in DE - leider nur in Reserve -



“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Energieerzeuger in DE / 600 MVA Reservetrafo

600 MVA Maschinentrafos der Reserve befüllt mit 84 t bei der heutigen Lausitz Energie Bergbau AG mit StaSo Transformatorenöl I in 08 2016

- große VDE-Analyse in 03 2022 ergibt einwandfreie Werte
- die Leistungsfähigkeit & Performance des Öles ist nach 6 Jahren „Lagerung“ erwartungsgemäß & einwandfrei gegeben

Entnahmedatum	15.03.2022	Standort	KW Jänschwalde
Eingangsdatum	22.03.2022	Geräteart	Transformator
Prüfdatum	22.03.2022	Fabriknummer	642158
Entnahmetemperatur	8 °C	Typ	TRO
Probenmenge	1,2 Liter	Leistung	600 MVA
Probengefäß	Metall	Übersetzung	20/0,4 kV
Probennehmer	Buss		

Prüfergebnisse

Analyseart	Norm	Analysenwert	Einheit
Äußere Beschaffenheit	visuell	Blank, frei von Feststoffen	
Farbe (FZ)	ISO 2049	L0,5	
Dichte bei 20°C	DIN 51757	871	kg/m³
Neutralisationszahl	DIN EN 6021-1	<0,01	mgKOH/g
Durchschlagspannung	IEC 60156	93,5	kV
Wassergehalt (KF)	DIN EN 60814	1	mg/kg
Dielektrischer Verlustfaktor 90°C	IEC 60247	0,0009	
Grenzflächenspannung	ISO 6295	41,1	mN/m
Antioxidations-Additiv	IEC 60866	0,34	w.-%

Bewertung	Das Isolieröl entspricht in den untersuchten Parametern den Anforderungen der IEC 60422.
Empfehlung	Fortsetzen des Routine-Prüfintervalls.



“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Verteilnetzbetreiber NL / internationaler Tender

In 2017/2018 erfolgte erstmals eine internationale Ausschreibung eines Netzbetreiberkonsortiums (Alliander-Group/NL), für Leistungstransformatoren in Kontinentaleuropa, bei der auch der Einsatz von „recyceltem“ Isolieröl in hohem Maße positiv in die Angebotsbewertung der Transformatoren-OEM`s Angebot einfluss (evaluation not only related to economical & technical point but 50% evaluation based on CSR (Company Social Responsibility, Sustainability, Circularity))



Quelle:

Alliander Annual Report 2018:

https://2021.jaarverslag.alliander.com/FbContent.ashx/pub_1030/downloads/v190321144050/Alliander_Annual_Report_2018.pdf

“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Verteilnetzbetreiber NL / internationaler Tender

- In 2018 erfolgte dann auch der Abschluss langjähriger Lieferkontrakte mit Herstellern von Leistungstransformatoren, die sich auch für die Berücksichtigung von StaSo Transformer Oil I in Ihren Angeboten & im Trafo first fill & service fill entschieden hatten.

„Nachhaltige Vereinbarungen mit Lieferanten sind möglich“

Making sustainable agreements with suppliers is possible

Sustainable agreements with suppliers are possible: we successfully concluded an eight-year agreement for the supply of power transformers, for instance, in which previously used oil is reused. We have also drawn up a plan of approach with the suppliers for working with them in the years ahead on further sustainability improvements to the transformer. The power distribution losses attributable to these new transformers are around 10% lower than those of our existing transformers. Based on the current order volume and the load on the transformers, this translates into an appreciable reduction in CO₂ emissions and a cost saving of €1.2 million over a useful life of 40 years.

“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Kreislaufwirtschaft - im Asset Management

„Der Laborelec-LCA vergleicht die Umweltauswirkungen von neuem Mineralöl mit reraffiniertem Öl. Das Ergebnis zeigt, dass die Umweltauswirkungen von reraffiniertem Öl geringer sind als bei neuem Öl...“

Es ist jedoch wichtig, dass das reraffinierte Öl innerhalb Europas raffiniert wird...

Die Schlussfolgerung ist, dass es sowohl technisch als auch nachhaltig gerechtfertigt ist, ein reraffiniertes Öl zu verwenden...

*Liander führte 2018 ein reraffiniertes Öl als Pilotprojekt ein. In 2019 wird reraffiniertes Öl der Standard sein....“ **



25th International Conference on Electricity Distribution

Madrid, 3-6 June 2019

Paper n° 1749

Integrating Circular Economy in Asset Management A case study on circular asset development

Co den Hartog
Liander – The Netherlands
Co.den.hartog@alliander.com

Sanne Preso
Qirion Energy Consulting – The Netherlands
sanne.preso@qirion.nl

Dominique Hermans
Alliander CSR – The Netherlands
dominique.hermans@alliander.com

“ source:

Integrating Circular Economy in Asset Management A case study on circular asset development,

Co den Hartog (Alliander), Sanne Preso (Qirion), Dominique Hermans (Liander), Cired 25th International Conference on Electricity Distribution, Cired, Madrid, 2019,
<https://www.cired-repository.org/handle/20.500.12455/553>

Nachhaltigkeit - Kreislaufwirtschaft - LCA & CO2-Emissionen

StaSo – MSR-Technologie (Mehrfach-Selektiv-Raffination):

Abschätzung der CO2-Equivalente für StaSo-Produkte auf Basis externer Analysen (2018) und intern aktualisierter Berechnungen (2021), produkt- & produktionsbezogen

	CO2-Emission bei StaSo-Ölen CO2eq t/t	Mittlere CO2-Emission bei Erstraffinaten CO2eq t/t *	CO2-Einsparung on top durch Einsatz von StaSo-Ölen CO2eq t/t	CO2-Einsparung on top plus Grundeinsparung bei Einsatz von StaSo-Ölen CO2eq t/t **
Extern kalkuliert, konservativ, nur auf Basis StaSo I (Trafööl), 2018:	< 0,35	0,955	> 0,605	> 3,245
Intern, aktualisiert, nur auf Basis StaSo I (Trafööl), 2021:	0,128	0,955	0,827	3,467
Intern, aktualisiert, auf Basis StaSo SPR, StaSo Grundöl, StaSo MSR, 2021:	0,088	0,955	0,867	3,507
Intern aktualisiert auf Basis StaSo-Gesamtproduktion, 2021:	0,099	0,955	0,856	3,496

*(auf Basis ifeu-Gutachten, 2017,
https://bva-altoelrecycling.de/files/uploads/2017/10/oekobilanz_ifeu_2017.pdf)

** (beachte: durch die stoffliche Verwertung & Re-Raffination von Gebrauchtoölen werden im Vergleich zu einer ansonsten durchgeführten Verbrennung grundsätzlich mindestens bereits 2,64 t CO2 eq pro t Produkt eingespart)

“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit -Verteilnetzbetreiber NL / internationaler Tender

- Seit Mitte 2018 wurden bis dato dutzende Leistungstrafo's in den Niederlanden im first- und service-fill mit StaSo Transformer Oil I befüllt und problemlos betrieben.

Trafohersteller:



Trafoservice on site:



Trafoöllieferant on site:



Kunde / Betreiber:



Type
20/10kV 20MVA
20/10kV 40MVA
50/10kV 20MVA
50/10kV 30MVA
50/10kV 40MVA
110/10kV 50MVA
110/20kV 80MVA
150/10kV 53MVA
150/20kV 80MVA
150/50/10kV 140MVA



Nachhaltigkeit - Netzbetreiber Liander NL / Überwachung & Qualität Isolieröle

- seit der Inbetriebnahme wurden von den Leistungstrafos regelmäßige Ölproben vom Betreiber analysiert, alle Ergebnisse (VDE, DGA) liegen in typischen Bereichen,
- siehe Extrakt unten & auch in Zukunft werden keine „Besonderheiten bei Einsatz recycelter Isolieröle“ erwartet

- Werte für einen 50 KV-Trafo ex: **Qirion**

50kV vermogenstransformator 2 Edam

Gebied	Locatie	Afkorting	Installatie	Type	Serienummer	Bouwjaar
Noord-Holland	50kV onderstation Edam	EDM	050kV transformatorinstallatie 2 Edam	MR - VVIII 250 D x-delig - TR	83026	2018
Inspectiedatum	Olieanalyse Analyse Conclusie					Conditiecode
20-01-2022	Monster Stazo olie monitoring.				20-07-2022	9
Inspectiedatum	Olieanalyse Dga Conclusie					Conditiecode
03-02-2022	Monster monitoring Stazo olie. Gassamenstelling normaal.				03-02-2022	9

- Werte für einen 150 KV-Trafo ex: **Qirion**

150kV vermogenstransformator 1 Watergraafsmeer

Gebied	Locatie	Afkorting	Installatie	Type	Serienummer	Bouwjaar
Noord-Holland	150kV onderstation Watergraafsmeer	WGM	150kV transformatorinstallatie 1 Watergraafsmeer	MR - VMSIII 400 Y 72.5 - TR	F4525	2019
Inspectiedatum	Olieanalyse Analyse Conclusie					Conditiecode
28-01-2022	Monster Stazo olie monitoring. Goedgekeurd.				28-07-2022	9
Inspectiedatum	Olieanalyse Dga Conclusie					Conditiecode
14-06-2022	Gassamenstelling normaal.				14-06-2023	9

Quelle:

Liste Analysen: Qirion, Mr. van de Kuilen, mail vom 14 07 2022

Nachhaltigkeit - Qualität recycelter Isolieröle - Analogieschlüsse

- mobile Ölregenerationen führen zu nachhaltig betriebssicheren Ölparametern & -zuständen - stationäre Raffination ist noch effektiver & effizienter

Geräteart	Transformator	Leistung	300 MVA	Ölmenge	47 to
Fabriknummer	11150188	Übersetzung	220 kV	Entnahmestelle	unten
Baujahr	1977	Isolierflüssigkeit	Shell Diala D	Auftragsdauer	17 Tage
Typ	KDOR 325000/220	Fülldatum	01.01.1977	Datum	07.06. - 24.06.2013
Hersteller	Lepper Dominit				

Eigenschaft	Prüfmethode	Start Probe 1	Ende Probe 5	after 9 years (04 2022):	after > 9 years: values still better as given limits according to IEC 60422
		25669	24356		
Datum		07.06.2013	05.03.2013		
Farbzahl	ISO 2049	L3,5	L0,5	1,5	
Reinheit	VDE 0370	blank	blank	klar	
Neutralisationszahl	IEC 62021-1	0,02	<0,01	< 0,01	
Durchschlagsspannung	IEC 60156	72,1	93,3	79	
Verlustfaktor bei 50 Hz	IEC 60247	0,0316	0,0045	0,011	
Wassergehalt (20°C)	IEC 60814	7	1	2	
Dichte bei 20°C	DIN 51757	874			
Brechungszahl	DIN 51423	1,478			
Grenzflächenspannung	ASTM D971	17,7	42,6	31	
Inhibitorgehalt	IEC 60666	<0,02	0,41	0,29	
Ag-Silberstreifentest	DIN 51353	nicht korrosiv	nicht korrosiv		
pot. Korrosiver Schwefel	IEC 62535	nicht korrosiv	nicht korrosiv		
PCB - Gehalt	DIN 12766 -1,2	n.n.	n.n.		

* Grenzwerte nach IEC 60422:2005 (DIN VDE 0370/2:2007-2)

“Meilenstein“ - Nachhaltigkeit - Verteilnetzbetreiber DE / 40 MVA Leistungstrafo

- 40 MVA Leistungstrafo befüllt mit ca. 20 t StaSo Transformer Oil I bei Koncar in Zagreb und in 06 2022 ausgeliefert an Netze BW GmbH, Umspannwerk Neckarsulm
 - erwartungsgemäß erfolgreicher FAT in Zagreb, inklusive Erwärmungsprüfung
 - der erste Trafo seiner Art im DE-Verteilnetz, initiiert vom Entwicklungsbereich Strom- & Gasnetze & Umwelt/Energiemanagement sowie unterstützt vom Netzentwicklungsmanagement
 - ein weiterer Schritt für Netze BW zu einem nachhaltigen Netzbetreiber



Nachhaltigkeit - Anmerkungen/Vergleich - Mineralöl - Ester - Reraffinate

“The results from the LCA study showed that from a cradle-to-gate perspective, mineral oil has a lower environmental impact than ester-based transformer oils...

...The re-refining of used mineral transformer oil further reduces the environmental impact...

..The results from the business case showed that a small scale re-refining facility is financially feasible but highly dependent on the supply and demand of used transformer oil...” *

Unsere “Übersetzung” und Anmerkung:

Das ist nachvollziehbar und wir stimmen dem zu und leiten daraus eine “Nachhaltigkeitshierarchie” für unterschiedliche Isolieröle wie folgt ab:

“Nachhaltigkeitshierarchie” für Isolieröle:

1. Reraffinate

2. Mineralöle

3. Esteröle

“ Quelle:

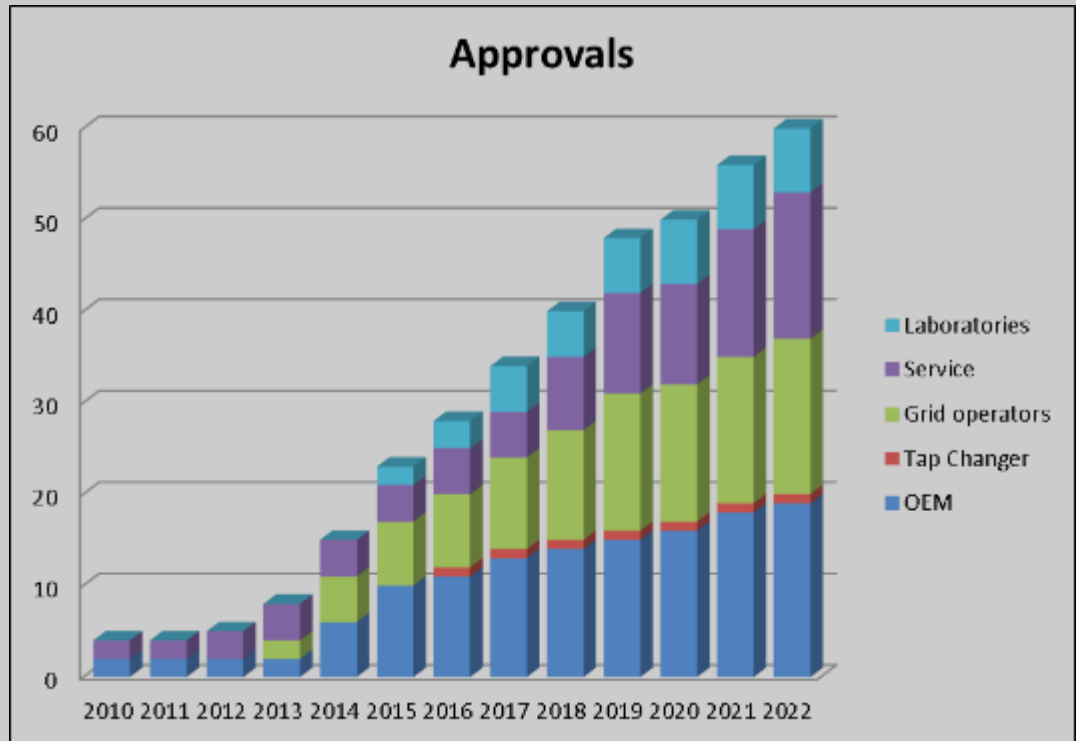
The Sustainability related opportunities and challenges with various transformer insulation fluids and business case on re-refining,

Gharib Ali Jalal, Ibrahim & Abdulbasit Abdulaziz, Ali, KTH, School of Chemical Science and Engineering (CHE). 2017 <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1178578/FULLTEXT01.pdf>

Nachhaltigkeit - Reraffinate - StaSo Transformatorenöl I - steigende Akzeptanz

Die weiter steigende Akzeptanz vom **StaSo Transformatorenöl I** basiert auf einem gestiegenen Bewußsein in der „Trafo-Familie“ in Bezug auf

- den ressourcenschonenden Einsatz von Materialien & Systemen,
- einen auf Nachhaltigkeit ausgelegten, wirtschaftlichen Handlungsansatz,
- einer Förderung der Kreislaufwirtschaft,
- und auf den Einsatz ökologisch und ökonomisch wertvoller Alternative.



Nachhaltigkeit - Reraffinate - StaSo Transformatorenöl I - Ausblick

- Die Nachfrage seitens der Trafohersteller (OEM`s) und Netzbetreibern wird zunehmen
- Die Rohstoffbeschaffung bzw. die Menge an verwertbaren, gebrauchten Trafoölen wird ein limitierender Faktor bleiben
- Die sortenreine Sammlung/Verwertung bleibt eine ständige Herausforderung (Vermischungen mit Ester- & Silikonölen begrenzen die Verwertbarkeit)
- Die Erschließung neuer Inputquellen sowie die Kapazitätsanpassungen sind von strategischer Bedeutung



Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

