



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**

---

TTI - Technologie-Transfer-Initiative GmbH an der Universität Stuttgart  
Januar 2021

# **Externe Evaluation von VELANI / Topmotors – Programm zur Verbesserung elektrischer Antriebssysteme in der Industrie, Teil 2: Technisches Gutachten**

Im Auftrag des Bundesamt für Energie

# Impressum-:

## Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

## Auftragnehmerin:

TTI - Technologie-Transfer-Initiative GmbH an der Universität Stuttgart

## Begleitgruppe:

BFE	Kurt Bisang	Sektion Geräte und Wettbewerbliche Ausschreibungen
"	Simone Marchesi	" " " "
Impact Energy	Rita Werle	Geschäftsleitung
" "	Conrad U. Brunner	" Stellvertreter
" "	Rolf Tieben	Fachspezialist elektrische Antriebe
Planair	Nicolas Macabrey	" " "
"	Yannick Riesen	Monitoring

## Autor/innen:

TTI - Technologie-Transfer-Initiative GmbH, Peter Radgen, Professor an der Universität Stuttgart

Dieses technische Gutachten wurde im Rahmen der Evaluationen des Bundesamts für Energie erstellt. Für den Inhalt sind ausschliesslich die Autorinnen und Autoren verantwortlich.

## BFE-Projektbegleitung:

BFE	Sophie Perrin	Abteilung Energiewirtschaft, Sektion MR, Evaluationsverantwortliche
BFE	Bruno Nideröst	" " " " Evaluationsverantwortlicher

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Zusammenfassung und Empfehlungen .....</b>	<b>8</b>
1.1 Empfehlungen zum VELANI Tool .....	8
1.2 Empfehlungen zu den Merkblättern .....	9
1.3 Allgemeine Empfehlungen .....	10
<b>2 Einführung .....</b>	<b>11</b>
<b>3 VELANI Tool.....</b>	<b>12</b>
3.1 Analyse der Downloadzahlen des Tools .....	12
3.2 Allgemein Prüfung des VELANI Tools .....	14
3.2.1 Sprachversionen des Tools und der Webseite .....	16
3.2.2 Bedienerfreundlichkeit und Verständlichkeit des Tools .....	16
3.3 Menüpunkt Firma .....	17
3.4 Menüpunkt Quick-Check .....	17
3.5 Erfassung installierter Motorsysteme mit dem VELANI Tool.....	20
3.5.1 Pumpen .....	22
3.5.2 Ventilatoren .....	26
3.5.3 Druckluft.....	27
3.5.4 Kälte .....	30
3.5.5 Andere Antriebe .....	33
3.5.6 Darstellung der Ergebnisse der Analyse.....	34
3.6 Anwendung des VELANI Tools .....	36
3.7 Einordnung und Empfehlungen zum VELANI Tool .....	37
3.7.1 Software Plattform.....	37
3.7.2 Datensicherheit .....	38
3.7.3 Sprachen und Benutzerfreundlichkeit .....	38
3.7.4 Kommunikation.....	39
3.7.5 Berechnung Einsparpotentiale.....	39
3.7.6 Langfristige Verfügbarkeit und Weiterentwicklung .....	40
<b>4 VELANI Merkblätter .....</b>	<b>41</b>
4.1 Übersicht Merkblätter.....	41
4.2 Analyse der Downloadzahlen für die Merkblätter .....	43

---

4.3	Detailanalyse Merkblatt 27 – Kälteanlagen in der Industrie .....	46
4.3.1	Aufbau des Merkblatts Kälteanlagen in der Industrie .....	46
4.3.2	Abschnitt Einführung .....	48
4.3.3	Abschnitt Grundlagen.....	48
4.3.4	Abschnitt Kompressor Technologie .....	49
4.3.5	Abschnitt Kältemittel.....	49
4.3.6	Abschnitt Auslegung neuer Kälteanlagen .....	50
4.3.7	Abschnitt Praxisbeispiele .....	51
4.3.8	Abschnitt weitere Informationen .....	51
4.3.9	Zusammenfassende Bewertung zum Merkblatt Kälteanlagen .....	52
4.4	Detailanalyse Merkblatt 29 – Neue Motorentechnologien.....	52
4.4.1	Aufbau des Merkblatts neue Motorentechnologien .....	53
4.4.2	Abschnitt Einführung .....	54
4.4.3	Abschnitt Motorentechnologien im Überblick .....	55
4.4.4	Abschnitt Weitere Informationen .....	56
4.4.5	Zusammenfassende Bewertung .....	56
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>58</b>
5.1	Mögliche Fragen zum VELANI Tool für die Onlinebefragung im Rahmen der Gesamtevaluation .....	58
5.2	Leitfaden Nutzerbefragung VELANI Tool .....	59

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bereitstellung des VELANI-Tools über eine spezielle Webseite .....	13
Abbildung 2: Link auf der TOPMOTORS Webseite zum VELANI Tool (Hervorhebung in Abbildung durch den Autor).....	14
Abbildung 3: Unklare Funktionsauswahl und Möglichkeit zur Fehlbedienung .....	18
Abbildung 4: Fehlermeldungen in falscher Sprache .....	19
Abbildung 5: Inkonsistenzen bei der Bewertung hinsichtlich der Stromkosten .....	20
Abbildung 6: Erfassung Pumpensysteme im VELANI-Tool (rot umrandet der Link zur Grobanalyse+ der Pumpe).....	23
Abbildung 7: Grobanalyse+ Pumpen (oberer Teilbereich) .....	23
Abbildung 8: Grobanalyse+ Pumpen; Fehlerhafte Konsistenzprüfung .....	24
Abbildung 9: Wahl der einzugebenden Parameter verbesserungswürdig.....	25
Abbildung 10: Schema zur Berechnung der Stromeinsparung im Bereich Pumpen [Quelle: Hilfefunktion VELANI Tool] .....	25
Abbildung 11: Betriebspunkte und Neuauslegung von Ventilatoren (Quelle: VELANI Tool Berechnungsmethodik Ventilatoren GA+).....	27
Abbildung 12: Ausschnitt zu Strukturierung der Annahmen für die Berechnung der Stromeinsparungen aus der Hilfefunktion des VELANI Tools für Druckluft (Quelle: VELANI Tool) .....	29
Abbildung 13: Ausschnitt aus der Grobanalyse+ für Druckluft (Quelle: VELANI- Tool).....	29
Abbildung 14: Grobanalyse Kälteanlagen (Quelle: VELANI-Tool) .....	31
Abbildung 15: Zusätzliche Fragen zur Kälte in der Grobanalyse+. Links deutsche Version, Rechts französische Version (Quelle: VELANI-Tool) .....	31
Abbildung 16: Übersicht Einsparpotentiale Grobanalyse+ Kälteanlagen (Quelle: VELANI-Tool).....	32
Abbildung 17: Schema zur Abschätzung der Energieeinsparpotentiale für Kälteanlagen in der Grobanalyse+ (Quelle: VELANI-Tool).....	33
Abbildung 18: Grobanalyse Sonstige Antriebe (Quelle: VELANI-Tool).....	34
Abbildung 19: Darstellung der Resultate nach Eingabe der Motorensysteme [Quelle: VELANI Tool, 2020].....	35
Abbildung 20: Entwicklung der Downloadzahlen der Merkblätter in deutscher Sprache .....	44
Abbildung 21: Entwicklung der Downloadzahlen der im Rahmen des Programms VELANI erstellten Merkblätter in deutscher Sprache .....	45
Abbildung 22: Entwicklung der Downloadzahlen der Merkblätter in französischer Sprache .....	46
Abbildung 23: Titelseite VELANI Merkblatt 27: Kälteanlagen in der Industrie (Quelle: TOPMOTORS, 2017) .....	47
Abbildung 24: Titelseite VELANI Merkblatt 29: Neue Motorentchnologien (Quelle: TOPMOTORS, 2018) .....	53

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ermittlung der mittleren Auslastung von Elektromotoren gemäß VELANI Tool .....	22
Tabelle 2:	Übersicht der auf der Webseite TOPMOTORS verfügbaren Merkblätter nach Sprachen und Design .....	42

## Abkürzungsverzeichnis

ASM	Asynchronous motor
ECM	Electronically commutated motor
EER	Energy Efficiency Ratio
EFF1; EFF2; EFF3	Effizienzklassen der freiwilligen Vereinbarungen zwischen CEMEP und der EU für Elektromotoren
ENV	Energieverordnung
IE1; IE2; IE3, IE 4	Effizienzklassen für Elektromotoren
PMM	Permanent magnet motor
SEER	Seasonal energy efficiency ratio
SRM	Synchron-reluctance motor
TEWI	Total equivalent warming impact
VELANI	<u>V</u> erbesserung der <u>EL</u> ektrischen <u>AN</u> triebsystemen in der <u>I</u> ndustrie

# 1 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die im Rahmen der VELANI Lose entwickelten Materialien und Tools unterstützen den Planer und Anwender von Motorensystemen bei der Optimierung der Systeme. Im Rahmen der technischen Analysen konnte aufgezeigt werden, dass die im Rahmen des VELANI Projektes erarbeiteten Unterlagen von der Zielgruppe angenommen und eingesetzt werden. Während das Tool (Los 2) unter dem Ausschreibungsakronym VELANI kommuniziert wird, erfolgt die Kommunikation der Lose 1, 3 und 4 unter der weitergeführten Bezeichnung des bisherigen TOPMOTORS Projektes. Durch die unterschiedlichen Bezeichnungen ist ein direkter Zusammenhang zwischen dem Tool und den übrigen Aktivitäten im Rahmen der VELANI Lose für externe nicht erkennbar.

Die im Rahmen der technischen Analyse erkannten und in diesem Bericht in den folgenden Abschnitten detailliert dokumentierten kleineren Schwachstellen im Tool und in den Merkblättern, können in den meisten Fällen mit geringen Aufwand bis zum Ende der Projektlaufzeit beseitigt werden. Deshalb kommt den grundsätzlichen Überlegungen zur Umsetzung und Konzeption von Tools und Informationsangeboten in diesem Bericht eine deutlich größere Bedeutung zu. In den drei folgenden Abschnitten sind die entsprechenden Aspekte in Kurzform zusammengefasst.

## 1.1 Empfehlungen zum VELANI Tool

- Erforderliche Sprachversionen des Tools überdenken, wäre eine englische Version alleine ausreichend (Zielgruppen prüfen)
- Doppelspurigkeiten bei Tools für Motoren hinterfragen – Fokus auf ein einziges Tool legen und dieses nach Anforderungen weiterentwickeln. Es gibt bereits viele Tools (siehe TOPMOTORS Webseite), die regelmäßige Softwarepflege und Weiterentwicklung nach Projektabschluss erfolgte jedoch nicht.
- Tools sollten verstärkt mit weiteren Aktivitäten verzahnt werden, beispielsweise in Weiterbildungsmaßnahmen und Webinare, wie dies für das VELANI Tool bereits ansatzweise umgesetzt wurde.
- Prüfen, wie aufwendig eine Bereitstellung direkter Schnittstellen zu Instandhaltungssoftware wäre, in der häufig bereits Daten von Motorensystemen gepflegt werden.
- Vertiefte Prüfung von Tools auf Fehler (inhaltlich, sprachlich) gewährleisten, ggf. einen Begleitkreis mit Nutzern vorsehen. Die bereits vorhandene Versionierung und die Angabe von Kontaktangaben für Feedback dürfte nicht ausreichend sein, um eine schnelle Fehlerbeseitigung sicherzustellen.

- Kommunikation Energie Schweiz – TOPMOTORS – VELANI Tool. Alle Angebote sollten unter Energie Schweiz als neutrale Marke des BFE versammelt werden. Zu klären und abzugrenzen sind in diesem Fall Fragen der Verantwortlichkeiten für die einzelnen Inhalte. Gegebenenfalls könnte die Integration auch jeweils nach Ablauf der Projektlaufzeiten erfolgen, wie dies z.B. mit den Inhalten der Kampagne *effiziente Druckluft* erfolgt ist. Es könnte darüber hinaus sinnvoll sein, Submarken wie z.B. EnergieSchweizIndustrie oder EnergieSchweizDienstleistungen zu entwickeln und zu positionieren.
- Einbindung EnAW / Act / PEIK bei der Kommunikation von Tools und Merkblättern verbessern.
- Synergien zwischen VELANI, EnergieSchweiz und ProKilowatt besser nutzen.
- Prüfung ob ein Online Tool mit Import/Export auf den lokalen Rechner des Anwenders zukunftsfähiger als ein Excel Tool sein könnte. Dadurch wird sichergestellt, dass kontinuierliche Verbesserungen, Korrekturen und Erweiterungen automatisiert dem Anwender zur Verfügung stehen.

## 1.2 Empfehlungen zu den Merkblättern

- Merkblätter sollten möglichst eine einheitliche inhaltliche Struktur aufweisen.
- Sehr umfangreiche Merkblätter werden durch Anwender aus der Industrie häufig nicht akzeptiert oder genutzt, deshalb lieber kürzere Merkblätter mit klar abgegrenzten Themen einsetzen.
- Merkblätter mit Inhalten die Veränderungen unterliegen (z.B. Preisangaben für Motor und Frequenzumrichter, gesetzliche Anforderungen) regelmäßig auf Aktualität prüfen und Merkblätter aktualisieren.
- Gesetzesänderungen (z.B. Anforderungen Mindesteffizienz Motoren, Kältemittelverbote) sollten stärker kommunikativ mit Informationsangeboten begleitet werden. Der Bedarf für entsprechende Informationen ist an den Downloadzahlen der entsprechenden Merkblätter ablesbar.
- Branchenverbände sollten stärker in die Kommunikation eingebunden werden, damit nicht nur Elektrizitätswerke und Energieberater, sondern auch die Anwender in den Industrieunternehmen mit den Informationen erreicht werden.
- Unterschiedliche thematische Interessen im deutschen und französischen Sprachraum können an den unterschiedlichen Downloadzahlen der Merkblätter abgelesen werden. Auslöser hierfür sind häufig regionale Aktivitäten im Motorenbereich, z.B. ProKilowatt Förderprogramme. Synergien zwischen den verschiedenen Aktivitäten sollten besser genutzt werden.
- Die Ergänzung der Merkblätter durch Webinare, wie dies im Rahmen des VELANI Programms bereits umgesetzt wurde, stellt eine sinnvolle Ergänzung der

Tools und Merkblätter dar. Im Rahmen von Webinaren können Inhalte von Merkblättern oder die Bedienung und Nutzung von Tools erläutert und offene Fragen adressiert und diskutiert werden.

- Es erscheint sinnvoll, weitere begleitende interaktive Formate zu entwickeln und auszubauen.
- Doppelungen durch Merkblätter zu Themen, für die bereits umfangreiche Informationen bei EnergieSchweiz verfügbar sind, sollten vermieden werden.

### 1.3 Allgemeine Empfehlungen

Neben dem VELANI Programm wurden bereits weitere Kampagnen zu Motorensystemen unter dem Dach von EnergieSchweiz durchgeführt, u.a. die Kampagnen *effiziente Druckluft* und *effiziente Kälte*. Im Rahmen dieser Kampagnen wurden gute und hilfreiche Dokumente und Tools für diese beiden Motorensysteme für Planer und Anwender entwickelt, die nach dem Ende der Kampagnen vollständig in die Webseiten von EnergieSchweiz integriert wurden. Damit findet der Anwender alle relevanten Informationen für diese Systeme an einer Stelle, was die Nutzer von Informationen begrüßen, da Sie nicht an verschiedenen Stellen nach relevanten und neutralen Informationen suchen müssen. Eine Abfrage bei Nutzern der Förderprogramme für Motorensysteme und bei Anbietern von Elektromotoren und Elektromotorensystemen könnte hier ggf. weitere hilfreiche Erkenntnisse bezüglich der Bedarfe an Informationen und Tools liefern.

Zukünftige Aktivitäten sollten deshalb bevorzugt in die Webseiten von EnergieSchweiz integriert werden, da dort entsprechende Verlinkungen zu Förderprogrammen vorhanden sind. Im Rahmen von Pro Kilowatt werden beispielsweise Maßnahmen zur Optimierung von Motorensystemen durch das BFE gefördert. Ein vergleichbarer Ansatz wurde in den letzten Jahren u.a. in Deutschland mit der Kampagne *Deutschland machts effizient* ([www.deutschland-machts-effizient.de](http://www.deutschland-machts-effizient.de)) verfolgt (Stichwort „On Stopp Shop“).

## 2 Einführung

Das Bundesamt für Energie/EnergieSchweiz hat 2016 eine WTO-Ausschreibung für das Programm *Verbesserung der ELEktrischen ANtriebsystemen in der Industrie - eine Schweizer Informationsplattform für effizientere Elektroantriebe (VELANI)* veröffentlicht. Von den vier ausgeschriebenen VELANI Losen wurden die Lose 1, 3 und 4 an die Impact Energy AG, Zürich und das Los 2 an Planair SA, La Sagne, vergeben.

Ziel der durchgeführten Evaluation ist es, die Konzeption, Umsetzung und Auswirkungen des VELANI-Programms zu analysieren. Sie soll konkrete Empfehlungen für die Strategie und das Management der Projekte im Bereich der elektrischen Antriebe liefern. Das Programm VELANI wird seit 2017 durch das BFE gefördert. Die Förderung endet im Jahr 2021.

Die Evaluation wurde in zwei Lose aufgeteilt:

Los 1: Evaluation mit der Analyse der Strategie, Organisation, Prozesse und Leistungen durch einen EvaluatorIn mit betriebswirtschaftlichen oder ähnlichen Hintergrund

Los 2: Ein separates Gutachten zur technischen Qualität der Leistungen und Produkte von VELANI durch einen / eine ExpertIn mit technischem Hintergrund (vor allem VELANI Tool, ausgewählte Merkblätter).

Das vorliegende Gutachten umfasst die Analyse der technischen Qualität der Leistungen und Produkte des Programms VELANI (Evaluations Los 2).

Der Fokus des Auftrages umfasst die TOPMOTORS Merkblätter (VELANI Los 1 – Kommunikation) und des VELANI Tools (VELANI Los 2 – Tools).

Aufgrund der Beschränkungen des Prüfauftrages wurden, in Abstimmung mit dem Bundesamt für Energie, für die vertiefende Analyse exemplarisch 2 Merkblätter ausgewählt. Ergänzend wurde eine Grobanalyse der verfügbaren Merkblätter und eine Einordnung in den Gesamtkontext durchgeführt.

### 3 VELANI Tool

Das VELANI Tool ist ein Excel basiertes Tool für den Quick Check und die Grobanalyse von Motorensystemen, das auf einer eigenen Webseite durch den Auftragnehmer Planair SA zum Download bereitgestellt wird. Basis der technischen Analyse ist die Version V4o des Tools. Diese Version wurde am 11.03.2020 von der Webseite <https://velani-tool.ch> heruntergeladen. Seit 22. Juni 2020 steht auf der Webseite eine aktualisierte Version des Tools zur Verfügung, die einen durch ein Excel update verursachten Fehler beseitigen soll. Welche Excel Versionen von diesem Problem betroffen waren ist nicht auf der Webseite angegeben.

Die Umsetzung des Tools erfolgte als Offline Version in Microsoft Excel. Das Tool verwendet eine Reihe von Excel Makros, so dass eine vollständige Nutzung des Tools nur möglich ist, wenn die Makros aktiviert werden. Insbesondere im industriellen Bereich kann es durchaus vorkommen, dass Excel Makros in Dateien aus externen Quellen nicht aktiviert werden können.

Die Hilfetexte zum Tool können sowohl heruntergeladen und auf den lokalen Rechner gespeichert werden oder Sie können bei Bedarf direkt aus dem Internet abgerufen werden. Das Tool, hat eine Dateigröße von 1,2 MB, die Hilfetexte von 6,1 MB. Die neue Version V4p, die nach Start der Evaluation Online gestellt wurde, hat eine Downloadgröße von insgesamt 11 MB.

#### 3.1 Analyse der Downloadzahlen des Tools

Seit Fertigstellung der ersten Fassung des Excel Tools durch den Auftragnehmer steht dieses auf einer speziellen Webseite ([www.velani-tool.ch](http://www.velani-tool.ch)) zum Download zur Verfügung, siehe Abbildung 1. Die Webseite bietet außer dem Downloadangebot für das VELANI Tool keine weiteren fachlichen Informationen. Die Webseite ist in deutscher und französischer Sprache verfügbar. Auf der Webseite war im Juli 2020 kein Link zur Webseite von TOPMOTORS ([www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch)) und zur Webseite von EnergieSchweiz ([www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)) vorhanden.

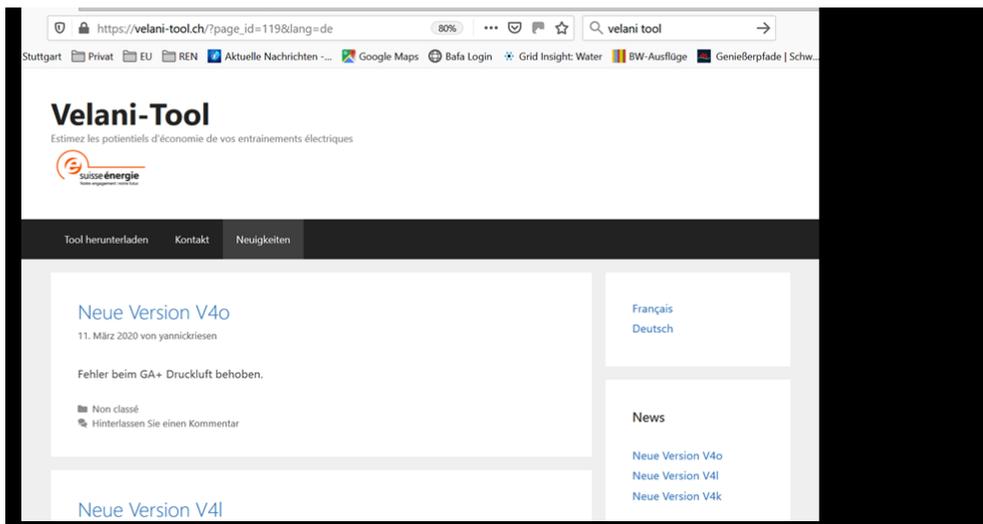


Abbildung 1: Bereitstellung des VELANI Tools über eine spezielle Webseite [Quelle: VELANI Tool Webseite]

Nach Angaben des Webseitenbetreibers [Macabrey, 2020] wurde die Webseite [www.velani-tool.ch](http://www.velani-tool.ch) im Zeitraum von Dezember 2018 bis Juli 2020 960-mal aufgerufen. Dies entspricht durchschnittlich ca. 50 Besuchern pro Monat. Das Tool wurde von ca. einem Drittel der Besucher heruntergeladen (2019: 220 Downloads, 1 Halbjahr 2020: 115 Downloads). Aufgrund des relativ kurzen Zeitraums lässt sich derzeit noch kein Trend zur Entwicklung der Downloadzahlen erkennen. Das ein so hoher Anteil der Webseitenbesucher das Tool heruntergeladen hat lässt jedoch darauf schließen, dass der Großteil der Webseitenbesucher die Webseite gezielt aufgerufen haben und nicht durch eine zufällige Suche mit einer Suchmaschine auf die Webseite gestoßen sind.

Neben der Bereitstellung des Tools über die VELANI Tool Webseite wird das Tool auch über die Webseite von TOPMOTORS bereitgestellt, siehe Abbildung 2. Laut Auskunft des Webseitenverantwortlichen von TOPMOTORS wurde der Web-Link zum Tool am 20.02.2020 auf der Webseite integriert [Tieben, 2020]. Die Bereitstellung des Tools erfolgt dabei über einen Link zur VELANI Tool Webseite, d.h. der Download des Tools erfolgt, auch wenn der Besucher über die TOPMOTORS Webseite auf das Tool aufmerksam geworden ist, direkt von der VELANI Tool Webseite. Die Anzahl der Downloads des VELANI Tools, die über die Auswertung der Zugriffe auf die VELANI Tool Webseite erfasst wurden, geben deshalb die Downloadzahlen vollständig wieder.

**SOTEA:**

SOTEA (Software Tool für effiziente Antriebe) ist ein Excel Tool, das anhand von wenigen Informationen über das Unternehmen und dessen Elektrizitätsverbrauch/-kosten, den Anteil elektrischer Antriebe am Verbrauch abschätzt und eine erste grobe Berechnung des Energieeinsparpotentials durchführt.

**ILI+:**

ILI+ (Intelligente Liste) ist ein Excel Tool, das eine systematische Liste aller elektrischen Antriebssysteme eines Betriebes erstellt und damit eine grobe Energieeffizienz-Analyse der elektrischen Antriebe ermöglicht und sie nach Einsparungspotenzial ordnet.

**STR:**

STR (Standard Test Report) ist ein Excel Tool für die Feinanalyse, die sich auf Messung einer einzelnen Anlage bezieht. Anhand der Messdaten berechnet es die potenzielle Energieeinsparung des Antriebs und den Payback der Verbesserungsmaßnahme.

**Motor Systems Tool:**

Mit dem Motor Systems Tool ([www.motorsystems.org/motor-systems-tool](http://www.motorsystems.org/motor-systems-tool)) kann ein Antriebssystem simuliert und Leistungen und Wirkungsgrade für alle Lastzustände bestimmt werden. Es ermittelt den Gesamt-Systemwirkungsgrad und zeigt kritische Bereiche und Überlast an. Das Motor Systems Tool wurde entwickelt vom "Danish Technological Institute".

**Velani-Tool:**

Das Velani Tool ermöglicht anhand einer Excel Datei die theoretischen Einsparpotenziale elektrischer Antriebssysteme einzuschätzen.

Abbildung 2: Ausschnitt Webseitenansicht TOPMOTORS mit Link zum VELANI Tool [Quelle: TOPMOTORS Webseite; Hervorhebung durch den Autor]

Der Verlinkung des VELANI Tools findet sich auf der TOPMOTORS Seite am Ende einer Liste mit vielen weiteren Tools zur Analyse von Elektromotorensystemen. Die weiteren in der Liste angeführten Tools wurden in früheren Phasen des TOPMOTORS Programms entwickelt, bzw. TOPMOTORS war an der Entwicklung beteiligt. Diese Tools sind nicht Bestandteil dieser Evaluation. Die Beschreibung zum Link des VELANI Tool fällt, wie für die anderen Tools auch, relativ knapp aus. Eine besondere Hervorhebung des VELANI Tools ist nicht erkennbar, was darauf zurückzuführen sein dürfte, dass vertraglich kein Verbund zwischen den VELANI Losen unter dem Namen TOPMOTORS und dem Los für das VELANI Tool besteht. TOPMOTORS trägt entsprechend keine Verantwortung für das VELANI Tool oder dessen Vermarktung.

### 3.2 Allgemein Prüfung des VELANI Tools

Für die Analyse des Tools wurde Excel 2016 unter Windows 10 eingesetzt. Eine Funktionsprüfung oder Analyse mit anderen Excel Versionen oder Betriebssystemen erfolgte nicht. Zur Kompatibilitätsprüfung wurde die in Excel 2016 integrierte Kompatibilitätsprüfung eingesetzt. Beim Prüfungsdurchlauf wurde eine Vielzahl von Kompatibilitätsproblemen mit den Versionen von Excel 97 bis 2007 identifiziert. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass das Tool mit diesen früheren Excel Versionen nicht funktionsfähig ist. Da diese Excel Versionen seit einiger Zeit keinen Support mehr durch Microsoft erhalten, dürften diese Versionen nur noch in Ausnahmefällen überhaupt im Einsatz sein. Eine Funktionsprüfung mit Calc (OpenOffice) wurde ebenfalls nicht durchgeführt.

Die einzelnen Tabellenblätter sowie die programmierten Makros im Tool sind nicht durch Passwörter geschützt. Dies ist als sicherheitskritisch ist zu beurteilen, da somit die potentielle Gefahr, dass das Tool durch Dritte verändert und weiterverteilt werden könnte, hoch ist. Dritte könnten dadurch Schadcode in das Tool einschleusen. **Es wird deshalb dringend empfohlen die Makros und sonstige Funktionen des VELANI Tools gegen unbeabsichtigte oder beabsichtigte Veränderungen zu schützen.**

Die Startseite des VELANI Tools zeigt eine Übersicht, auf der die Sprachwahl über ein Dropdown Menü zwischen Französisch und Deutsch erfolgen kann. Eine Version mit Unterstützung der italienischen oder englischen Sprache stand zum Zeitpunkt der Evaluation noch nicht zur Verfügung. Die englische Fassung ist Bestandteil der Ausschreibung und müsste entsprechend spätestens zum Ende der Projektlaufzeit durch den Auftragnehmer bereitgestellt werden. Nach Auswahl der Sprache im Tool werden die Beschriftungen der Menüstruktur automatisch auf die gewählte Sprache umgestellt.

Das in der obersten Zeile stehende Auswahlmenü besteht aus den Tabelle 1 genannten Auswahlpunkten:

Tabelle 1: Auswahlpunkte im Hauptmenü des VELANI Tools

Menü	Einleitung	Firma
Quick Check	Pumpen	Ventilatoren
Druckluft	Kälte	Andere
Resultate		

Durch Klicken auf den entsprechenden Menüpunkt gelangt man jeweils zu der entsprechenden Eingabe- oder Ausgabemaske. Auf der Startseite befindet sich zudem eine Übersicht der bereits erfassten Angaben zu den einzelnen Motorsystemen.

Das Tool basiert derzeit auf einem dreistufigen Analyseprozess:

- Schritt 1: "Quickcheck" (Schnellbeurteilung, ob der Aufwand für die weitere Analyse lohnt.
- Schritt 2: "Grobanalyse" (Erfassung der wichtigsten elektrischen Antriebe mit den relevanten/bekanntesten Eigenschaften).
- Schritt 3: "Grobanalyse +" (Einsparpotentiale einzelner Antriebe können weiter präzisiert werden, indem in der Grobanalyse + Zusatzinformationen für die Motorsysteme erfasst werden.

Die Funktionalität für einen Schritt 4: "Feinanalyse" (Vorschlag bewährter Ansätze für die Feinanalyse an verschiedenen Antriebs- und Anwendungstypen) war zum Zeitpunkt der Evaluation noch nicht im Tool implementiert. Die Feinanalyse sollte in der Regel von einem Fachspezialisten durchgeführt werden.

### **3.2.1 Sprachversionen des Tools und der Webseite**

Das VELANI Tool und die Tool Webseite stehen in deutscher und französischer Sprache zur Verfügung. Da die Tool Webseite formal nicht Teil des Leistungsumfangs erfüllt spielt die Mehrsprachigkeit hier keine Rolle. Das Tool ist gemäß den Anforderungen der Leistungsbeschreibung in deutscher, französischer und englischer Sprache zu erstellen. Zum Zeitpunkt der Evaluation stand nur die Deutsche und die Französische Version zur Verfügung, deshalb beschränkte sich die Analyse des Tools auf diese Sprachen.

Die Webseite liefert neben einer Versionsübersicht mit Änderungshistorie ein Formular zur Kontaktaufnahme. Auf den französischen Seiten der Webseite sind zudem zwei Webinar Aufzeichnungen in französischer Sprache verfügbar, in denen das Tool und seine Bedienung erläutert wird ([https://velani-tool.ch/?page\\_id=104](https://velani-tool.ch/?page_id=104)). Eines der beiden Webinare wurde in Kooperation mit TOPMOTORS am 22.März 2020 durchgeführt.

Auf der Webseite ist kein Impressum enthalten und es wird kein direkter Ansprechpartner für das Tool angegeben. Auch eine Datenschutzerklärung ist nicht vorhanden, obwohl über das Kontaktformular Daten gesammelt werden. Für Schweizer Unternehmen gilt das Schweizer Datenschutzgesetz, aber auch nach diesem muss umfassend und transparent erläutert werden, welche Personendaten zu welchen Zwecken verarbeitet werden. Schweizer Unternehmen können aber auch direkt von der Europäischen Datenschutz Grundverordnung (DSVGO) betroffen sein. Schweizer Webseiten sollten deshalb die Vorgaben der DSVGO berücksichtigen (siehe [EDÖP, 2020]).

### **3.2.2 Bedienerfreundlichkeit und Verständlichkeit des Tools**

In Bezug auf die Bedienerfreundlichkeit wurde geprüft, ob die durch den Anwender des Tools für die Analyse einzugebenden Daten klar erkennbar und einfach zu erheben sind. Der Benutzer sollte bei einem Tool stets intuitiv erkennen, an welchen Stellen Daten einzugeben sind und an welchen Stellen die Ergebnisse dargestellt werden.

Im VELANI Tool sind Eingabefelder deutlich mit gelber Hintergrundfarbe hervorgehoben. Zudem wird unterschieden zwischen erforderlichen Eingaben und Eingaben, bei denen ein Standardwert festgelegt ist. Dieser kann bei Bedarf durch eine direkte Eingabe überschrieben werden. Erläuternde Texte und Hilfetexte zur Beschreibung der Eingabefelder und Eingaben sind in ausreichendem Umfang vorhanden um das Tool benutzen zu können.

In den folgenden Abschnitten des Berichtes werden die einzelnen Teilbereiche des Tools detailliert analysiert

### 3.3 Menüpunkt Firma

Unter dem ersten Menüpunkt „Firma“ des VELANI Tool können der Firmenname und die eigenen Kontaktdaten eingegeben werden. Für das Feld zur Angabe der Telefonnummer wurde ein falsches Format hinterlegt, so dass eine eingegebene Rufnummer als Zahl interpretiert und als Exponentialzahl dargestellt wird. Warum diese Daten in das Tool eingeben werden sollen bleibt jedoch unklar, da eine spätere Nutzung der Daten, zum Beispiel bei der Erstellung der Ergebnislisten, nicht erfolgt. Nur wenn diese Daten auch sinnvoll genutzt werden sollte eine Erhebung auch erfolgen. Eine Möglichkeit wäre es z.B. damit die Berichte eindeutig zuordnen zu können.

### 3.4 Menüpunkt Quick-Check

In der Abbildung 3 ist die Eingabemaske für den Quick Check abgebildet. Für den ersten Check ist anzugeben, ob

- der Stromverbrauch des untersuchten Standorts grösser als 100 MWh/a (inkl. der elektrischen Antriebe) ist und ob
- mehr als 15 % der Antriebe älter als 8 Jahre sind

Die Funktion des grünen Hakens und wie dieser beeinflusst werden kann bleibt unklar, spielt aber für die weiteren Schritte keine Rolle. In der Version V4p des Tools ist dies jetzt kein editierbares Feld mehr. Es sollte zudem sichergestellt werden, dass Systemfelder nicht durch den Anwender verändert werden können. So lassen sich beispielsweise die Zellinhalte mit den Fragetexten (Quick-Check, Zellen C9 und C11) oder die Zelle in der die Entscheidung zur Grobanalyse berechnet wird (Quick-Check, Zelle B56) im Tool versehentlich löschen.

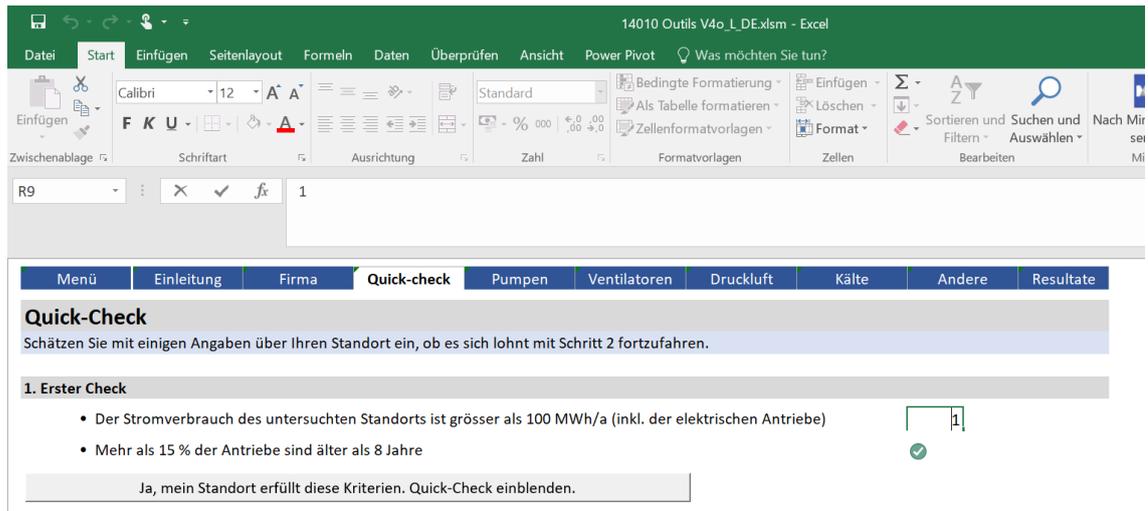


Abbildung 3: Unklare Funktionsauswahl und Möglichkeit zur Fehlbedienung [Quelle: VELANI Tool]

Ob die gewählte Altersgrenze der Elektromotoren für den Quick-Check sinnvoll gewählt wurde kann anhand der gesetzlichen Regelungen für Elektromotoren geprüft werden. Seit dem 16. Juni 2011 müssen Standard AC Motoren im Leistungsbereich von 7,5 bis 375 kW mindestens eine Energieeffizienz gemäß der Klasse IE2 aufweisen, seit 1. Januar 2015 sogar IE3 (Ausnahmen für drehzahlgeregelte Antriebe). Diese Regelung wurde am 1. Januar 2017 auch auf Motoren im Leistungsbereich von 0,75 bis 7,5 kW ausgedehnt. Damit zielt das Kriterium auf alle Motoren, die vor der Einführung der Mindesteffizienzanforderungen in der EU in den Schweizer Markt gebracht wurden. Die Altersgrenze bei 8 Jahren für die Analyse erscheint deshalb sinnvoll gewählt.

Wenn beide Bedingungen des ersten Checks erfüllt sind kann der Nutzer den Button drücken und den Quick-Check einblenden. Leider führt dies in der geprüften Toolversion manchmal zu einem nicht sicher reproduzierbaren Laufzeitfehler im Visual Basic Modul.

Nach dem Abschluss des Quick-Checks müssen vom Anwender für die Entscheidung, ob eine Grobanalyse sinnvoll ist, weitere Informationen in das Excel Tool eingegeben werden. Dies sind der Stromverbrauch und der Strompreis, die Branche, die Altersverteilung der vorhandenen Motoren und der Einsatz von Motorensystemen mit Leistungen von mehr als 10 kW. Aus den zusätzlichen Angaben werden vier Teilbewertungen und daraus wiederum eine Gesamtbewertung gemäß einer dreistufigen Bewertung abgeleitet (1,2 oder 3 Sterne). Zudem wird eine Empfehlung gegeben, ob eine Grobanalyse durchgeführt werden sollte. Eine Grobanalyse wird durch das Tool empfohlen, sofern im Gesamtergebnis mindestens ein Stern erreicht wird. Bei der Eingabe der Werte erfolgt eine Plausibilitätsprüfung. Dies ist sehr sinnvoll und positiv hervorzuheben, da dadurch die Wahrscheinlichkeit Tippfehler erheblich reduziert werden kann. Die Wahl der Plausibilitätsgrenzen könnten jedoch noch optimiert werden. So ist beispielsweise die Eingabe eines Strompreises im Bereich zwischen 0 CHF/kWh bis 3 CHF/kWh zulässig. Sowohl die

untere Grenze als auch die obere Grenze sollten sinnvollerweise jedoch näher an den realistischen Werten für den Strompreis liegen.

Zudem sind im Tool noch kleinere formale Fehler vorhanden, siehe Abbildung 4. So löst die fehlerhafte Eingabe der Motorenanteile zwar eine korrekte Fehlermeldung aus, allerdings fehlt hier anscheinend noch die Übersetzung, so dass die Meldung in der falschen Sprache angezeigt wird. Neben diesem enthält das Tool noch eine ganze Reihe solcher kleinen formalen Fehler. Es wird deshalb eine erneute gründliche Überprüfung des Tools empfohlen, um solche Fehler möglichst vollständig zu beseitigen.

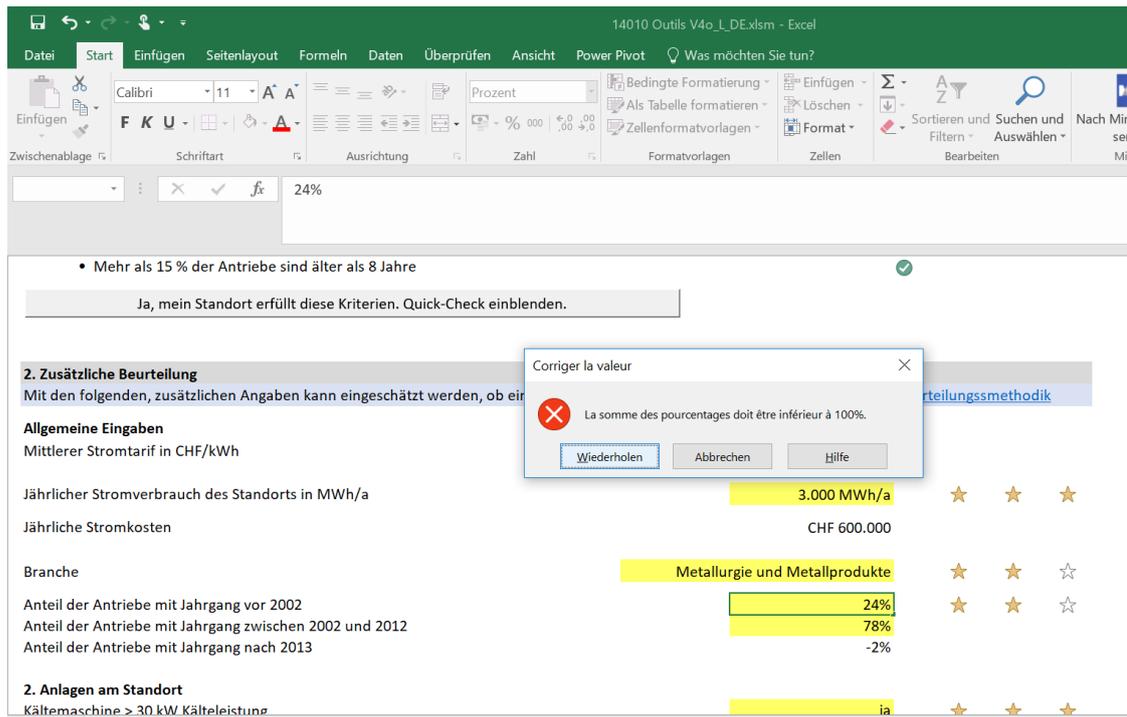


Abbildung 4: Fehlermeldungen in falscher Sprache [Quelle: VELANI Tool]

Auch bei der Bewertung der Ergebnisse gibt es kleinere Inkonsistenzen, siehe Abbildung 5. Für die Bewertung muss der Strompreis eingegeben werden, er fließt aber nicht in die Bewertung ein. Vielmehr richtet sich die Bewertung nur nach dem Gesamtstromverbrauch, nicht jedoch nach den Kosten. Selbst bei einem fiktiven Strompreis von 0 CHF/kWh führt dies ggf. zur höchsten Teilbewertung.

Menü	Einleitung	Firma	Quick-check	Pumpen	Ventilatoren	Druckluft	Kälte	Andere	Resultate
<b>Quick-Check</b>									
Schätzen Sie mit einigen Angaben über Ihren Standort ein, ob es sich lohnt mit Schritt 2 fortzufahren.									
<b>1. Erster Check</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Stromverbrauch des untersuchten Standorts ist grösser als 100 MWh/a (inkl. der elektrischen Antriebe) <span style="float: right;">✔</span></li> <li>Mehr als 15 % der Antriebe sind älter als 8 Jahre <span style="float: right;">✔</span></li> </ul>									
<input type="checkbox"/> Ja, mein Standort erfüllt diese Kriterien. Quick-Check einblenden.									
<b>2. Zusätzliche Beurteilung</b>									
Mit den folgenden, zusätzlichen Angaben kann eingeschätzt werden, ob eine Grobanalyse sinnvoll ist. <a href="#">Beurteilungsmethodik</a>									
<b>Allgemeine Eingaben</b>									
Mittlerer Stromtarif in CHF/kWh	0,00 CHF/kWh								
Jährlicher Stromverbrauch des Standorts in MWh/a	3.000 MWh/a			★ ★ ★					
Jährliche Stromkosten	CHF 0								
Branche	Andere Industrien			★ ☆ ☆					
Anteil der Antriebe mit Jahrgang vor 2002	15%			★ ☆ ☆					

Abbildung 5: Inkonsistenzen bei der Bewertung hinsichtlich der Stromkosten [Quelle: VELANI Tool]

Positiv hervorzuheben sind die detaillierten Erläuterungen zu den einzelnen Punkten und der einfache und zielführende Ansatz für die Beurteilung. Über den Link „Beurteilungsmethodik“ im Tool können umfangreiche Erläuterung aufgerufen werden, mit deren Hilfe das Ergebnis der Bewertung eigenständig nachvollzogen werden kann. Diese stehen sowohl online als auch offline zur Verfügung, zum Zeitpunkt der Evaluation jedoch nur in französischer Sprache.

Nach Abschluss des ersten Checks und des Quick-Checks sollten Erläuterungen und klare Hinweise gegeben werden, welche nächsten Schritte zur Analyse durchgeführt werden sollten. Diese Angaben zur Nutzerführung fehlen derzeit noch im Tool.

### 3.5 Erfassung installierter Motorensysteme mit dem VELANI Tool

Nach Abschluss des Quick-Checks, aber auch unabhängig davon, unterstützt das Tools bei der systematischen Erfassung der installierten Motorensysteme. Das Tool bietet für die Analyse ausgewählter Motorentechnologien Vorlagen zur Erfassung der Anlagendaten, die durch die entsprechende Auswahl in der Menüleiste des Tools aufgerufen werden können. Im Einzelnen sind dies:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Druckluft
- Kälte
- Andere Antriebe

Die Erfassungsblätter für die Motorensysteme sind weitgehend identisch aufgebaut. Erfasst werden für die jeweiligen Motorsysteme die folgenden Daten:

Standort; Bezeichnung und Nummer, Nennleistung, Baujahr, Effizienzklasse des Motors, jährliche Betriebsstunden, konstanter oder variabler Betrieb, Frequenzumrichter, Möglichkeit den Jahresverbrauch anzugeben, Feld für Bemerkungen. Für die Druckluft gibt es lediglich ein Bemerkungsfeld für die gesamte Druckluftanlage, nicht jedoch für die einzelnen Kompressoren.

Für die verschiedenen Systeme kommen dann ergänzend jeweils einzelne, technologie-spezifische Parameter hinzu.

Pumpen: Abfrage ob „Heben oder Umwälzen“

Ventilatoren: --

Druckluft: Angaben zum Druckluftnetz und zur übergeordneten Steuerung der Kompressoren

Kälte: Konstante Kondensatortemperatur (ja/nein); Einsatz freier Kühlung

Andere Antriebe: --

Für alle Motorensysteme sind das Baujahr und die Effizienzklasse anzugeben. Über die Hilfetexte kann der Anwender Informationen zu den typischen Effizienzklassen in Abhängigkeit vom Baujahr des Motors abrufen.

Allerdings sind hier nur die Kategorien für AC Motoren EFF3 bis IE4 berücksichtigt. Durch diese Beschränkung werden die Einsparpotentiale ggf. unterschätzt, da mehr als 20 Jahre alte Motoren häufig Wirkungsgrade haben, die deutlich unter den Anforderungen von EFF3 liegen. Zudem werden EC Motoren nicht berücksichtigt, die im Bereich Ventilatoren kleiner Leistung zunehmend Verbreitung finden. Während das Alter des Ventilators im Tool direkt eingegeben wird, erfolgt die Spezifizierung des Motors nicht über sein Alter, sondern über die Auswahl der Effizienzklasse. Es findet keine Plausibilitätsprüfung zwischen dem eingegebenen Baujahr des Ventilators und der Motoreffizienzklasse statt, was insbesondere sinnvoll ist, wenn noch der Originalmotor verbaut ist. Gerade bei Ventilatoren bilden Laufrad und Motor häufig eine Einheit, sie weisen damit das gleiche Baujahr auf. Es sollte geprüft werden, ob nicht das Alter des Motors zusätzlich erfasst werden kann, mit einer automatischen Vorbelegung mit dem Baujahr des Ventilators. Eine solche Prüfung und Ergänzung wäre einfach zu realisieren und würde helfen fehlerhafte Eingaben von Daten zu vermeiden. Nicht explizit erfasst werden Angaben zum Hersteller des Motors oder des Typs. Der Anwender kann diese aber ergänzend als Teil der Bezeichnung oder als Bemerkung im Tool erfassen.

Nicht abgefragt werden mögliche besondere Anforderungen an den Motor, z.B. der Explosionsschutz oder der Einsatz als Bremsmotor. In diesen Fällen sind auch die IE Mindestwirkungsgrade der entsprechenden EU Verordnung (VO EG 640/2009 bzw. VO EG 1781/2019) nicht einschlägig. Hier sollte zumindest ein entsprechender Hinweis in die Hilfetexte aufgenommen werden.

Die Ermittlung des Stromverbrauchs für Pumpen, Ventilatoren und andere Antriebe für jedes einzelne System erfolgt nach der Formel:

$$\text{Jährlicher Verbrauch [kWh/a]} = \text{Betriebsstunden [h/a]} * \text{Nennleistung [kW]} * \text{Mittlere Auslastung des Motors [%]}$$

Der typische mittlere Verbrauch wird dann anhand der Angaben zur Schwankung des Bedarfs und dem Einsatz eines Frequenzumrichters gemäß Tabelle 2 bestimmt:

Tabelle 2: Ermittlung der mittleren Auslastung von Elektromotoren gemäß VELANI Tool [Quelle: VELANI Tool]

Schwankung des Bedarfs	Frequenzumrichter	Mittlere Auslastung des Motors
Nein	Nein	60 %
Nein	Ja	60 %
Ja	Nein	50 %
Ja	Ja	40 %

Die unterstellte mittlere Auslastung im Bereich um 50% erscheint realistisch, lediglich die Differenz zwischen Antrieben mit und ohne Frequenzumrichter bei schwankendem Bedarf erscheint etwas zu niedrig angesetzt.

Für jede der anzugebenden Größen auf den Eingabeseiten des Tools steht ein Hilfetext zur Verfügung. Diese Hilfetexte sind sowohl in deutscher als auch in französischer Sprache verfügbar. Im Rahmen der Analyse des Tools wurden kleinere Fehler beim Test identifiziert. So fehlte z.B. für die Pumpen im Hilfetext zu „Heben oder Umwälzen“ im Internet ([https://doc.velani-tool.ch/InformationsDE/info\\_relcirc.htm](https://doc.velani-tool.ch/InformationsDE/info_relcirc.htm)) die entsprechende Abbildung, auf die im Hilfetext verwiesen wird. In der Offline Version und in der französischen Version war die Abbildung bereits verfügbar.

### 3.5.1 Pumpen

Im Datenblatt Pumpen kann der Anwender die im Betrieb eingesetzten Pumpen erfassen. Zur Erfassung der Daten jeder einzelnen Pumpe wird eine eigene Zeile im Tool verwendet, siehe Abbildung 6. Erfasst wird dabei nur das Baujahr der Pumpe, nicht jedoch das Alter des Antriebsmotors. Das Alter des Antriebsmotors wird nur indirekt über die Eingabe der Effizienzklasse des Antriebsmotors abgefragt. Insbesondere wenn der Motor bereits getauscht wurde kann sich das Alter von Motor und Pumpe unterscheiden. Es

sollte hier ggf. eine zusätzliche Spalte für das Motorenalter ergänzt werden. Aus den Angaben im Tabellenblatt wird der Jahresstromverbrauch automatisch berechnet, er kann jedoch bei Bedarf durch die Eingabe eines Jahresstromverbrauchs überschrieben werden. Für die weiteren Rechnungen wird dann der manuell eingegebene Wert im Tool verwendet.

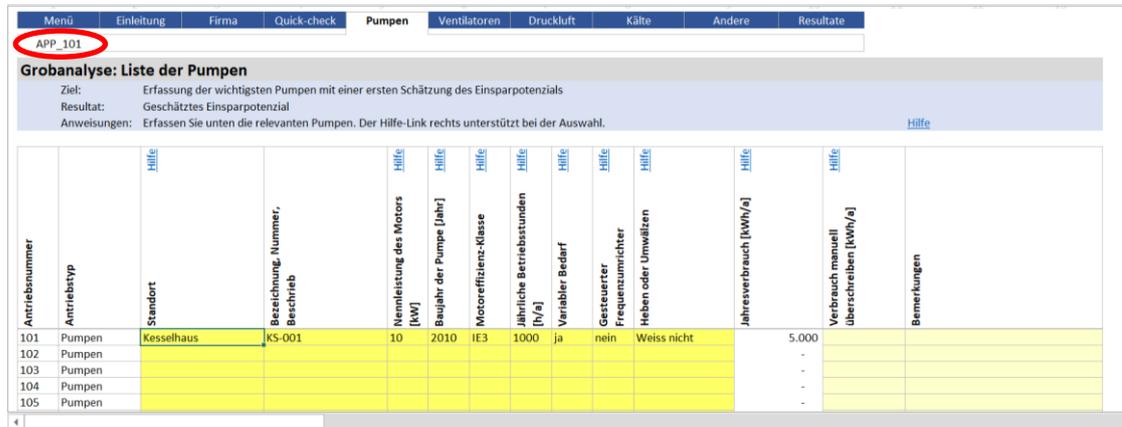


Abbildung 6: Erfassung Pumpensysteme im VELANI Tool (rot umrandet der Link zur Grobanalyse+ der Pumpe) [Quelle: VELANI Tool]

Zusätzlich zur reinen Erfassung der Pumpensysteme ist eine Grobanalyse+ verfügbar. Diese wird über den Menüpunkt „Resultate“ erreicht. Ist für ein Pumpensystem eine Grobanalyse+ durchgeführt worden, so stehen die Ergebnisse auch über einen Link unterhalb der Menüzeile auf dem Blatt Pumpen zur Verfügung. Zur Erstellung der Grobanalyse+ ist auf dem Blatt Resultate der entsprechende Button für das Pumpensystem zu wählen.

Wird die Grobanalyse+ aufgerufen, so sieht man im oberen Teilbereich die Eingabedaten, siehe Abbildung 7.

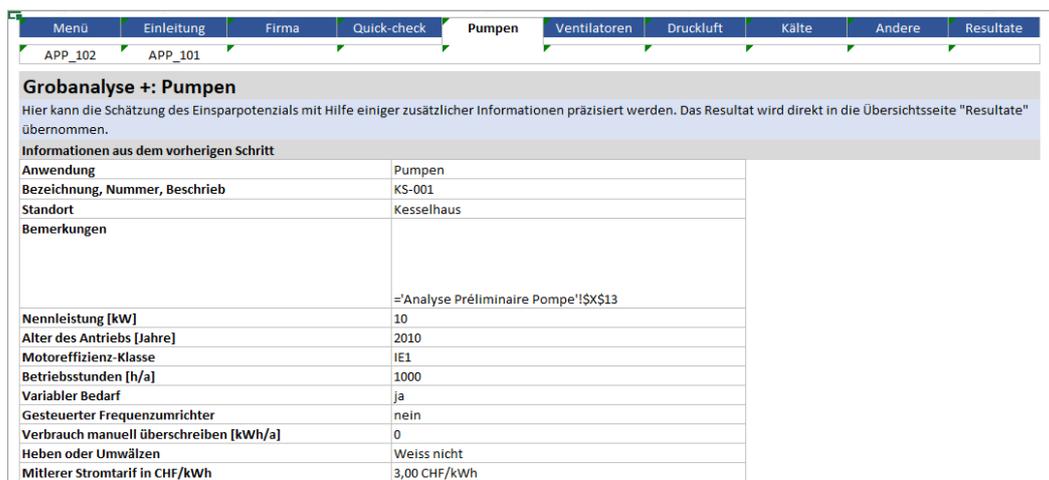


Abbildung 7: Grobanalyse+ Pumpen (oberer Teilbereich) [Quelle: VELANI Tool]

Im unteren Bereich folgen die drei Bereiche der Grobanalyse:

A: Dimensionierung

## B. Lastprofil

## C: Einsparpotential

Im Teil A wird die Dimensionierung der Pumpe überprüft. Zur Prüfung kann der Anwender entweder das Verhältnis von Maximaldurchfluss zu Nenndurchfluss und die Nennleistung an der Pumpenwelle angeben oder, falls die Durchflussraten nicht verfügbar sind, die Nennleistung an der Pumpenwelle und die maximale elektrische Leistungsaufnahme. Um Falscheingaben zu vermeiden sind wieder einige automatisierte Prüfungen der Werte integriert. Diese sind jedoch nicht vollständig konsistent. Die Abbildung 8 zeigt eine solche fehlerhafte Meldung. Obwohl die Nennleistung des Motors mit 10 kW angegeben wurde, zeigt das Tool, bei einer Wellenleistung der Pumpe von 7 kW, einen Fehler an.

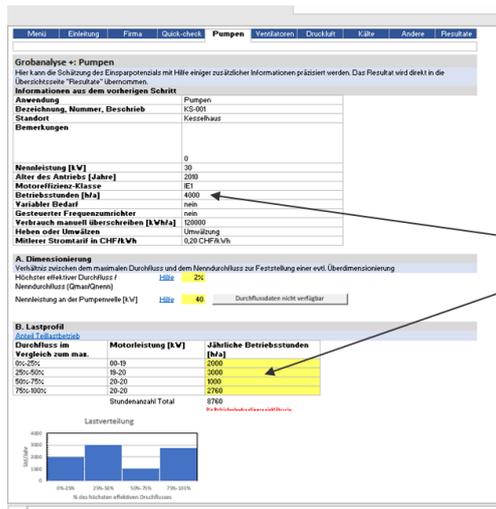
Standort	Kesselhaus
Bemerkungen	
	= 'Analyse Préliminaire Pompe' !
Nennleistung [kW]	10
Alter des Antriebs [Jahre]	2010
Motoreffizienz-Klasse	IE1
Betriebsstunden [h/a]	1000
Variabler Bedarf	ja
Gesteuerter Frequenzumrichter	nein
Verbrauch manuell überschreiben [kWh/a]	0
Heben oder Umwälzen	Weiss nicht
Mittlerer Stromtarif in CHF/kWh	3,00 CHF/kWh

<b>A. Dimensionierung</b>	
Verhältnis zwischen dem maximalen Durchfluss und dem Nenndurchfluss zur Feststellung einer evtl. Überdimensionierung	
Nennleistung an der Pumpenwelle [kW]	<a href="#">Hilfe</a> <b>7</b> <span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">Durchflussdaten nicht verfügbar</span>
	<small>Achtung, die Wellenleistung ist höher als die Motornennleistung.</small>
Sind die Durchflussmengen nicht bekannt, die Dimensionierung über die elektrischen Leistungen abgeschätzt werden.	
<a href="#">Max. elektrische Leistungsaufnahme Motor [kW]</a>	<b>20</b>
Wellenleistung_max / Nennwellenleistung	257%
Max. Durchfluss / Nenndurchfluss die für die folgenden	372%

Abbildung 8: Grobanalyse+ Pumpen; Fehlerhafte Konsistenzprüfung [Quelle: VELANI Tool]

Das Lastprofil der Pumpe kann in vier zeitlichen Abschnitten eingegeben werden. Dazu müssen unter B die entsprechenden Betriebsstundenzahlen eingegeben werden. Die Gesamtstundenzahl wird aus den Eingaben berechnet und mit der bisherigen Eingabe verglichen. Bei Abweichungen erfolgt die Ausgabe einer Fehlermeldung. Für die Einfachheit der Bedienung wäre es hier sinnvoller eine prozentuale Eingabe vorzusehen und den Wert für den vierten zeitlichen Abschnitt automatisiert zu berechnen. Zur Unterstützung des Anwenders könnte automatisiert die Anzahl der sich aus den eingegebenen Prozentsätzen ergebenden Betriebsstunden berechnet werden, siehe Abbildung 9.



- Konzeption der Eingabeauswahl
- Stunden oder Prozentanteile
- Bezogen auf Jahr oder Gesamtbetriebsstunden nach Angabe an anderer Stelle

Abbildung 9: Wahl der einzugebenden Parameter verbesserungswürdig [Quelle: VELANI Tool]

Im Abschnitt C der Grobanalyse+ werden dann die möglichen Einsparpotentiale berechnet. Dabei wird unterschieden zwischen der Einsparung durch eine neue Dimensionierung, der Einsparung durch Einbau eines Frequenzumrichters und der Einsparung durch Einsatz effizienterer Technologie. In der Hilfe „Berechnungsmethoden GA+ Pumpen“ findet sich ein detailliertes Schema, wie die Berechnung der Einsparungen im Tool erfolgt, siehe Abbildung 10.

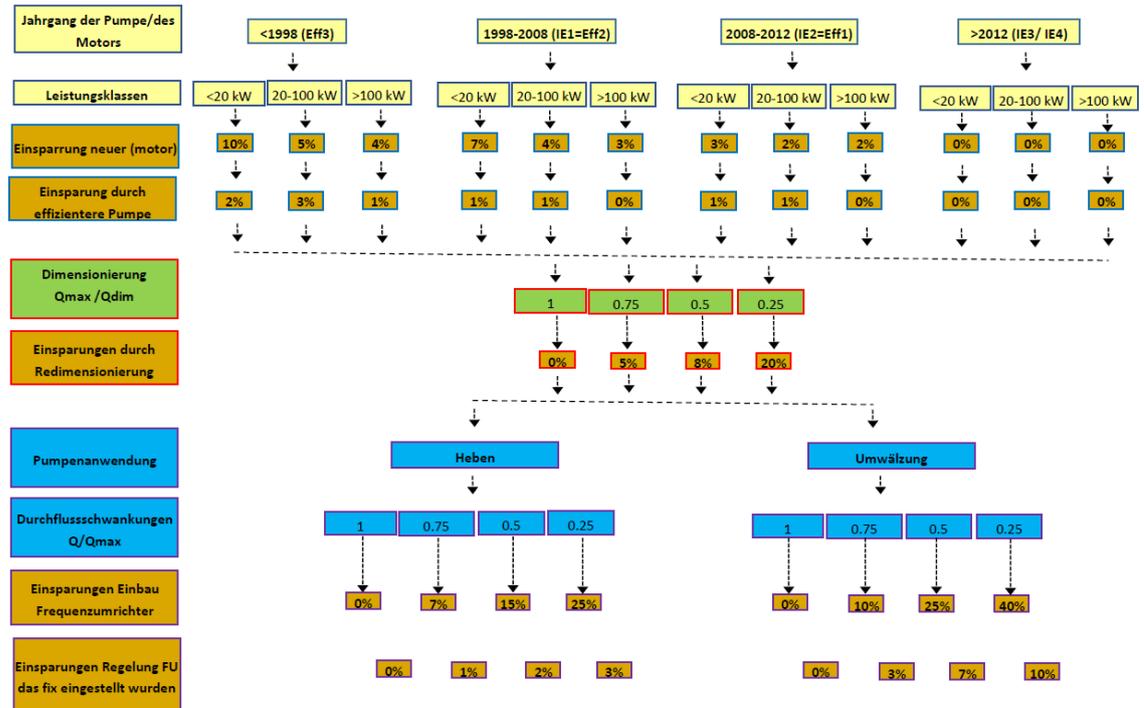


Abbildung 10: Schema zur Berechnung der Stromeinsparung im Bereich Pumpen [Quelle: Hilfefunktion VELANI Tool]

Die Einsparberechnungen basieren auf Erfahrungswerten des Tool Entwicklers. Die verwendeten Werte erscheinen durchgängig plausibel. Im Hinblick auf die Anforderungen an eine Grobanalyse erscheint dieses Vorgehen sinnvoll und zielführend. Die wesentlichen Abhängigkeiten von Motorgröße, Motoralter, Dimensionierung und Frequenzumrichter werden berücksichtigt.

### 3.5.2 Ventilatoren

Der Aufbau des Erfassungsblatts für Ventilatoren entspricht dem Aufbau des Erfassungsblattes für die Pumpen. Bei den Ventilatoren ist als Option für die Volumenstromregelung nur die Drehzahlregelung vorgesehen. Drall Regler oder verstellbare Leit- und/oder Laufschaufeln zur Regelung des Volumenstroms werden nicht berücksichtigt und können im Tool nicht erfasst werden.

Auch für die Ventilatoren fehlt die getrennte Erfassung des Baujahrs von Ventilator und Antriebsmotor. Die Einsparpotentiale im Bereich Ventilatoren werden in der Hilfefunktion dagegen detailliert erläutert. Die Abbildung 11 zeigt beispielhaft eine Abbildung aus den Erläuterungen, mit denen die Einsparpotentiale anhand der Anlagenkennlinien erläutert werden.

In den Hilfetexten wird erläutert, dass für die Berechnung das Verhältnis zwischen den Leistungsverhältnissen an der Ventilator Welle und dem Durchflussverhältnis die folgende lineare Gleichung verwendet wird (Quelle: Hilfetext VELANI Tool).

$$\frac{P_2}{P_1} = 0,517 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right) + 0,4463$$

Der Zusammenhang zwischen Drehzahl und Volumenstrom auf der einen Seite und der elektrischen Leistungsaufnahme auf der anderen Seite stellt jedoch keine lineare, sondern eine Funktion dritten Grades dar. Es gilt allgemein für Pumpen und Ventilatoren:

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = P_1 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^3$$

Die Linearisierung des Zusammenhangs kann entsprechend zu deutlichen Abweichungen führen. Die Verwendung der korrekten Funktion würde die Genauigkeit der Ergebnisse erhöhen, ohne dass dies einen größeren Aufwand erfordern würde.

Insgesamt sind die Erläuterungen in den Hilfetexten sehr ausführlich und die komplexen Zusammenhänge zwischen Ventilator und Anlagenkennlinie und ihre Auswirkungen auf den Wirkungsgrad werden detailliert dargestellt, siehe Abbildung 11.

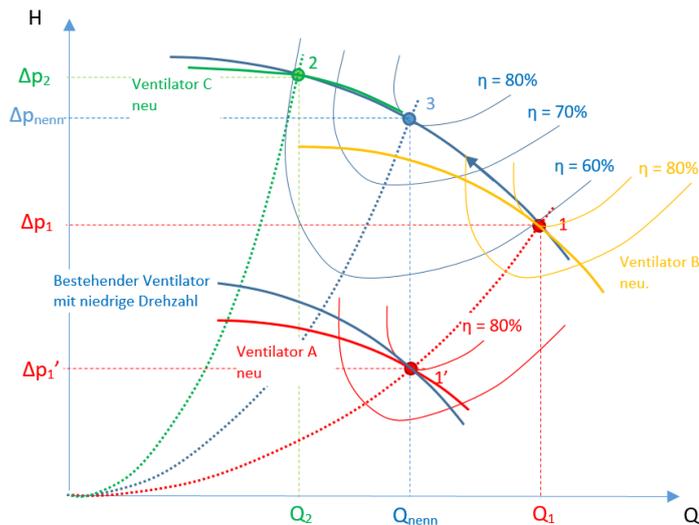


Abbildung 11: Betriebspunkte und Neuauslegung von Ventilatoren [Quelle: VELANI Tool Berechnungsmethodik Ventilatoren GA+]

In der Grobanalyse+ werden drei mögliche Optimierungsmaßnahmen aufgeführt.

- Redimensionierung des Antriebs
- Frequenzumrichter mit geeigneter Regelung
- Ersatz durch ein moderneres und effizienteres System

Die Angabe dieser Optimierungsmaßnahmen scheint jedoch nicht von den Eingaben abhängig zu sein. So erfolgt die Ausgabe der Maßnahme Redimensionierung des Antriebs auch dann, wenn der Motor 100% der Betriebszeit im Bereich der Maximallast arbeitet. Ebenso erscheint der Hinweis zum Frequenzumrichter selbst dann, wenn bei den Eingaben für den Antrieb angegeben wurde, dass er bereits mit einem Frequenzumrichter ausgestattet ist.

### 3.5.3 Druckluft

Für die Druckluftsysteme werden die gleichen Angaben wie für die Motorensysteme Pumpen und Ventilatoren erfasst. Zusätzlich werden ergänzend Daten über das Druckluftnetz abgefragt und in der Grobanalyse berücksichtigt. In den Hilfetexten zum Druckluftnetz wird auf die Unterlagen zur effizienten Druckluft von EnergieSchweiz verwiesen, die im Rahmen der beiden Druckluftkampagnen erstellt worden sind.

Für die Abschätzung der Leckage Menge wird unterschieden zwischen den folgenden Stufen:

- dicht (Leckage <10%)
- fast dicht (Leckage = 15%)
- undicht (Leckage = 20%)
- sehr undicht (Leckage = 25%)

- extrem undicht (Leckage = 35%)
- überhaupt nicht dicht (Leckage = 50%)

Hier könnte der Anwender ggf. überfordert sein, den zutreffenden Wert auszuwählen. Durch die Angabe eines typischen durchschnittlichen Leckage Anteils je Industriesektor könnte dem Nutzer hier eine Handreichung für die Auswahl des zutreffenden Wertes gegeben werden.

Abgefragt wird in der Grobanalyse zudem, ob bereits eine Optimierung des Netzdrucks durchgeführt wurde. Nicht abgefragt wird für die Grobanalyse dagegen der aktuelle Netzdruck oder die Druckdifferenz zwischen der Kompressor Station und dem Schlechtpunkt im Druckluftnetz. Gerade diese beiden Informationen liefern jedoch häufig wichtige Indikatoren im Hinblick auf das Energieeinsparpotential. Für eine erste Beurteilung erscheint der Verzicht auf die Abfrage dieser Daten jedoch gerechtfertigt.

Nicht erfasst werden im VELANI Tool zur Grobanalyse Daten zu den Drucklufttrocknern. Der Energieverbrauch der Drucklufttrockner spielt zwar im Vergleich zum Stromverbrauch der Kompressoren nur eine untergeordnete Rolle, kann jedoch auf einfache Weise Schwachstellen und Sanierungsbedarfe aufzeigen. Die Erfassung erfolgt im Tool erst im Rahmen der Grobanalyse+. Insbesondere kaltregenerierende Adsorptionstrockner verursachen durch den Druckluftbedarf zur Spülung bei der Regeneration einen hohen Energiebedarf. Im Falle des Einsatzes eines Kältetrockners sollte zudem geprüft werden, welches Kältemittel im Kältetrockner eingesetzt wird. Die Regeln zum Einsatz von Kältemitteln in stationären Anlagen in der Schweiz [BAFU, 2020] führen dazu, dass einige ältere Kältetrockner kurz- bis mittelfristig ausgetauscht werden müssen. Dies ist meist ein guter Zeitpunkt, um auch über Effizienzverbesserungen in andern Teilbereichen der Druckluftversorgung nachzudenken. Deshalb sollte geprüft werden, ob die Abfrage der Angaben zu den Drucklufttrocknern in die Grobanalyse verschoben werden kann.

In den Hilfefunktionen zur Grobanalyse ist die Vorgehensweise zur Berechnung der Stromeinsparpotentiale detailliert erläutert, so dass sich die Berechnung problemlos nachvollziehen lässt. Die Abbildung 11 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus den Erläuterungen.

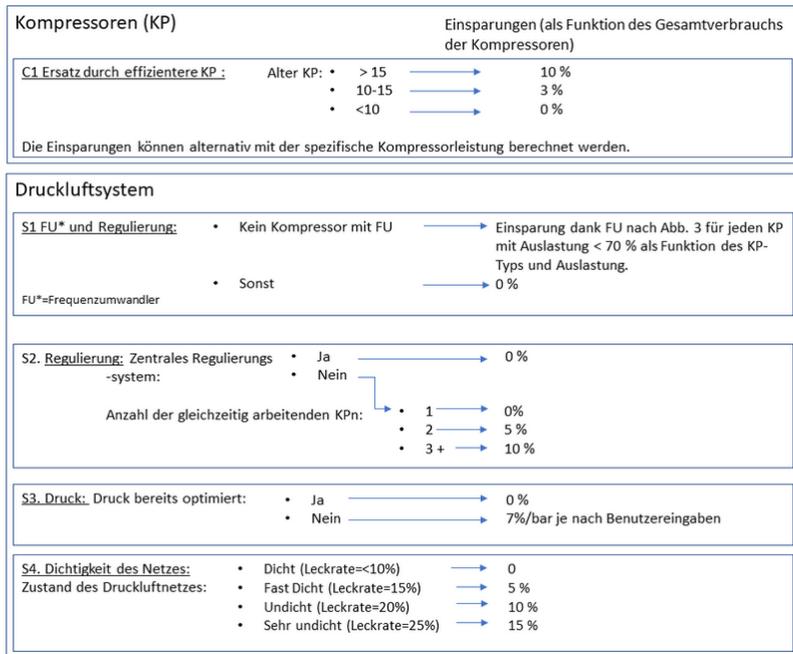


Abbildung 12: Ausschnitt zur Strukturierung der Annahmen und Vorgehensweise zur Berechnung der möglichen Stromeinsparungen in Druckluftsystemen aus der Hilfefunktion des VELANI Tools [Quelle: VELANI Tool]

Neben der Grobanalyse steht für Druckluftanlagen die Grobanalyse+ zur Verfügung. Durch die Eingabe der Leistungsdaten der Kompressoren kann die spezifische Leistung [kW/(m<sup>3</sup>/min)] der Verdichter berechnet und beurteilt werden. Die Auswertungsgrafik ist dabei interaktiv gestaltet. Die beiden Rauten in der Abbildung 13, die die spezifische Leistung der Kompressoren anzeigen, ändern sich in Abhängigkeit von den eingegebenen Werten für die Kompressoren. Die Beurteilung basiert dabei auf dem Bewertungsschema und den Kennwerten der Kampagne *effiziente Druckluft* [ECH, 2006]. Im Diagramm gibt es leider wieder Textteile ohne Übersetzung und eine fehlende Einheit an der Ordinaten Achse.

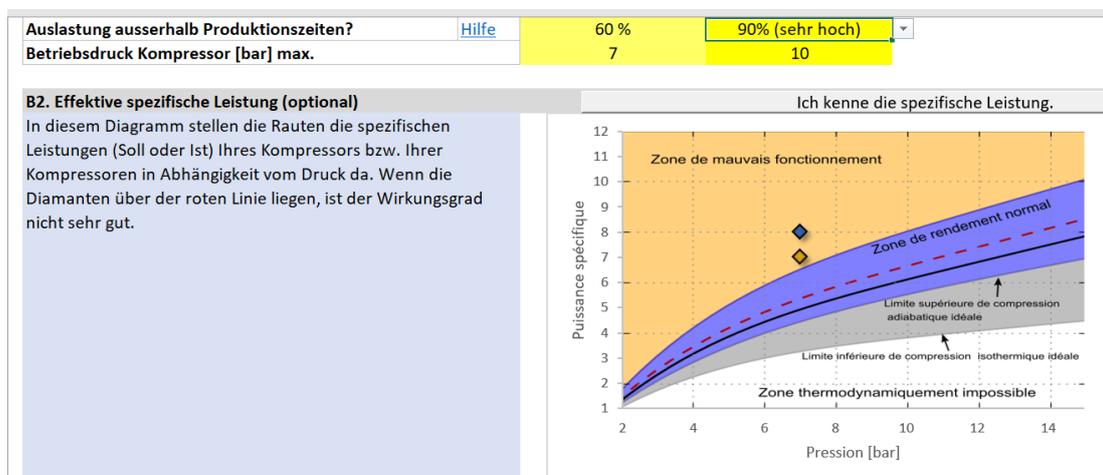


Abbildung 13: Ausschnitt aus der Grobanalyse+ für Druckluft [Quelle: VELANI Tool]

Für die Grobanalyse+ müssen durch den Tool Anwender detailliertere Angaben zu den Druckverlusten im Netz und zum Drucklufttrockner eingegeben werden. Die Berechnungen weisen auf die Einsparpotentiale durch die Absenkung des Netzdruckes hin und quantifizieren die mögliche Einsparung durch eine Absenkung. Allerdings wird die mögliche Druckreduzierung nicht aus der Differenz zwischen dem Netzdruck und dem Druck am anspruchsvollsten Verbraucher ermittelt, sondern das Potential zur Druckabsenkung wird pauschal mit 1 bar angesetzt. In den Hilfetexten findet sich der dazugehörige Berechnungsweg. Bei der Berechnung wird nicht zwischen warm- und kaltregenerierten Adsorptionstrocknern unterschieden. Während erstere sehr effizient sind und ggf. mit Dampf oder Abwärme (z.B. aus dem Verdichter) regeneriert werden können, ist insbesondere bei kaltregenerierten Trocknern ohne Taupunktsteuerung ein hohes Einsparpotential vorhanden. Die Grobanalyse+ unterscheidet jedoch nicht zwischen diesen beiden Trocknertypen.

Als Einsparoptionen werden die folgenden möglichen Maßnahmen angegeben und deren Einsparpotential berechnet

- Reduzierung Leckagen
- Netzdruckabsenkung
- Austausch Kompressor und Regelungsoptimierung
- Trocknerwechsel von Adsorption auf Kältetrockner
- Abschiebern von Teilen des Druckluftnetzes außerhalb der Hauptbetriebszeiten

Die anscheinend im Tool als pauschale Einsparung durch einen Tausch des Kompressors und die Regelungsoptimierung berücksichtigte Einsparung von 10% erscheint zu hoch angesetzt. Gleiches gilt auch für die Einsparung durch den Ersatz von kaltregenerierten Adsorptionstrocknern. Dies führt ggf. zu einer Fehleinschätzung hinsichtlich der typischen Schwerpunkte für die Verbesserung der Energieeffizienz. Die in der Grobanalyse+ ermittelte Stromeinsparung dürfte für die Druckluft deshalb überschätzt werden.

Positiv hervorzuheben ist, dass die Angabe der rückgewinnbaren Abwärme im Tool erfolgt, wobei hier nicht unterschieden werden kann, ob die Wärme ganzjährig benötigt wird oder nur in den Wintermonaten. Hier wäre ein entsprechender Hinweis im Tool oder die ergänzende automatisierte Berechnung der beiden Varianten hilfreich.

#### **3.5.4 Kälte**

Der Aufbau der Grobanalyse für die Kälteanlagen entspricht dem Aufbau der Datenerfassung für die Grobanalyse von Pumpen und Ventilatoren, siehe Abbildung 14. Ergänzend abgefragt wird der Einsatz der freien Kühlung und ob mit konstanter Kondensator Temperatur gearbeitet wird. Damit werden die typischen Einsparoptionen direkt in Hinblick auf den derzeitigen Einsatz abgefragt. Welches Kältemittel in der Anlage zum Einsatz kommt wird nicht erfasst oder abgefragt, obwohl aufgrund veränderter gesetzlicher

Regelungen hinsichtlich der Kältemittel ein möglicher und erforderlicher Ersatzbedarf identifiziert werden könnte. Die Hilfetexte zu allen Angaben sind verfügbar, in den verwendeten Abbildungen sind Beschriftungen jedoch teilweise nur auf Französisch angegeben, z.B. für den Hilfetext zur freien Kühlung.

Grobanalyse: Liste der Kältemaschine													
Ziel: Erfassung der wichtigsten Kältemaschinen mit einer ersten Schätzung des Einsparpotenzials													
Erwartete Einsparungen													
Anweisungen: Erfassen Sie unten die relevanten Kältemaschinen. Der Hilfe-Link rechts unterstützt bei der Auswahl.													
Antriebsnummer	Antriebstyp	Standort	Bezeichnung, Nummer, Beschreibung	Baujahr	Motor Effizienzklasse	Auslastungsprofil der Kältemaschine [h/a]	Gesamte elektrische Kompressorleistung [kw]	Kompressor-Steuerungsmodus	Kondensier-Temp. konstant?	Freecooling?	Jahresverbrauch [kWh/a]	Verbrauch manuell überschreiben [kWh/a]	Bemerkungen
401	Kältemaschine	Kältezentrale	NH3-1	2000	IE1	B	150	Ein/Aus-Regelung	ja	Nein	600.000		
402	Kältemaschine												
403	Kältemaschine												

Abbildung 14: Grobanalyse Kälteanlagen [Quelle: VELANI Tool]

Die für die automatische Berechnung des Jahresstromverbrauchs genutzte Formel ist im Excel Tool nicht geschützt und kann somit auch versehentlich durch den Anwender gelöscht werden.

Im Rahmen der Grobanalyse+ müssen zusätzlich Daten zur Kaltwassertemperatur, zur Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf und zur Wärmerückgewinnung eingegeben werden. Bei der Abfrage im Tool, um wieviel Grad die Kaltwassertemperatur erhöht werden könnte, um den Energiebedarf zu reduzieren, wird fehlerhafterweise nach der Absenkung anstatt der Anhebung der Kaltwassertemperatur gefragt, siehe Abbildung 15. In der französischen Version des Tools ist dieser Fehler nicht vorhanden, es handelt sich hier demnach nur um einen Übersetzungsfehler, der jedoch zu falschen Eingaben durch den Nutzer führen kann.

Zusätzliche Fragen		Questions supplémentaires	
Kaltwassertemperatur [°C]?	6°C	Quelle est la température production de froid [°C] ?	6°C
Um wieviel Grad kann die Kaltwassertemperatur gesenkt werden?	2°C	De combien de degré peut-on augmenter la température de production de froid [°C] ?	2°C
Temperaturunterschied (Vor- und Rücklauf) Rücklauftemperatur [°C]?	6°C	Quelle est la différence de température du retour de la production froid [°C] ?	6°C
Wärmerückgewinnung beim Kondensator?	ja	Existe-t-il un système de valorisation des rejets thermiques aux condenseurs ?	oui
Um wieviel Grad kann die Kondensator-Temp. gesenkt werden?	3°C	De combien de degré peut-on baisser la température de condensation ?	3°C

Abbildung 15: Zusätzliche Fragen zur Kälte in der Grobanalyse+. Links deutsche Version, Rechts französische Version [Quelle: VELANI Tool]

Auf Basis der zusätzlichen Angaben in Verbindung mit den Angaben aus der Grobanalyse berechnet das Tool die Einsparpotentiale durch die folgenden Maßnahmen:

- Anpassung Kondensatordruck
- Erhöhung Verdampferdruck
- Optimierung Kaltwasserverteilung

- Freie Kühlung
- Effizientere Antriebsmotoren
- Technologische Einsparungen
- Einsparung durch verbesserte Steuerung

Als Ergebnis der Berechnungen wird bei der deutschen Version ein Fehler, bei der französischen Version werden sogar zwei Fehler angezeigt. Hier scheinen fehlerhafte Zellbezüge die Ursache im Tool zu sein, siehe Abbildung 16. Diese Fehler in den Teilergebnissen führen dazu, dass auch für die Berechnung der Gesamteinsparung eine Fehlermeldung generiert wird. In der gemeinsamen Analyse mit der Firma Planair konnte dieser Fehler auf ein Problem beim Wechsel der Toolsprache zurückgeführt werden.

Einsparungspotentiale		Potentiel d'économies	
Diese Einsparpotentiale sind Größenordnungen. Für ein genaues Potenzial muss eine <a href="#">Berechnungsmethodik</a> Feinanalyse durchgeführt werden (nicht von diesem Tool abgedeckt).		Ces potentiels d'économies sont des ordres de grandeurs probables. Pour un potentiel <a href="#">Méthode de calcul AP+</a> réel, une analyse allant bien au-delà de cet outil doit être effectuée.	
Jahresverbrauch [kWh/a]	600.000 kWh/a	Consommation annuelle estimée [kWh/a]	600.000 kWh/a
Gesamte Systemersparnis	#NV	Economie totale du système	#NV
Einsparungen Details		Détails des économies	
	Einsparungen [kWh/a]		Économies [kWh/a]
Variabler Kondensatordruck	#NV	Gain sur la pression de condensation flottante	#NV
Erhöhung Verdampfungsdruck	0%	Gain sur l'augmentation de la pression d'évaporation	0%
Optimierung Kaltwasserverteilung	0%	Gains optimisation de distribution de froid	0%
Free-cooling	16%	Gain sur le free-cooling	16%
Motoreffizienzinsparungen	2%	Gain sur l'efficacité des moteurs	2%
Technologischeinsparungen	2%	Gain technologiques sur l'installation	#NV
Kompressor-Regulierungs-Einsparungen	8%	Gains sur la régulation des compresseurs	#NV

Abbildung 16: Übersicht Einsparpotentiale Grobanalyse+ Kälteanlagen [Quelle: VELANI Tool]

Die Hilfefunktion mit den Erläuterungen zur Abschätzung der Energieeinsparpotentiale ist sehr detailliert und vollständig, siehe Abbildung 17. Aktuell standen die Erläuterungen jedoch nur in französischer Sprache zur Verfügung. Bei Aufruf der deutschen Erläuterungen werden die französischen Erläuterungen ausgegeben (Offline und Online).

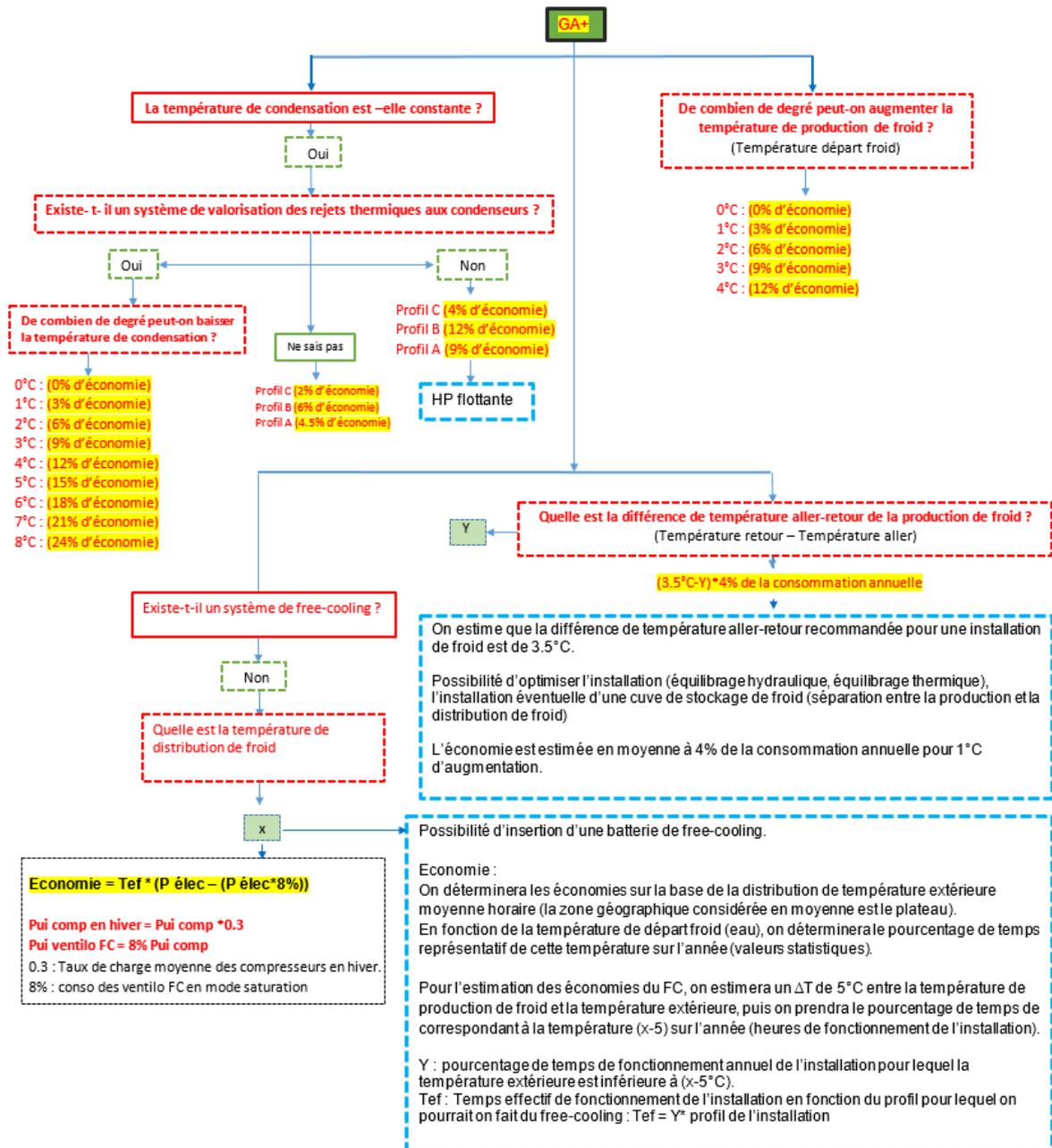


Abbildung 17: Schema zur Abschätzung der Energieeinsparpotentiale für Kälteanlagen in der Grobanalyse+ [Quelle: VELANI Tool]

Durch die Fehler in der Auswertung ist die Grobanalyse+ für Kälteanlagen derzeit noch nicht sinnvoll nutzbar.

### 3.5.5 Andere Antriebe

Neben den vier wesentlichen Motorsystemen Kälte, Pumpen, Ventilatoren und Druckluft können auf einem weiteren Tabellenblatt die sonstigen Antriebe erfasst werden. Dies könnten z.B. Antriebe von Förder- und Transportbändern, Walzgerüsten oder Seilbahnen sein. Erfasst werden für diese Antriebe die typischen Motordaten wie Leistung, Effizi-

enzklasse und Betriebsstunden. Wird die Hilfe zur Berechnung des Jahresstromverbrauchs aufgerufen, so erscheint die Hilfeseite für Pumpen und Ventilatoren, ohne jedoch Hinweise über die Gültigkeit für andere Antriebe zu geben.

Zudem fehlen bei der Grobanalyse wieder die deutschen Übersetzungen oder die Zellen mit den Texten wurden falsch im Tool verknüpft, so dass ein sprachlich gemischter Text angezeigt wird, siehe Abbildung 18.

Antriebsnummer	Antriebstyp	Standort	Bezeichnung, Nummer, Beschreibung	Nennleistung des Motors [kW]	Baujahr	Motoreffizienz-Klasse	Jährliche Betriebsstunden [h/a]	Drehzahlregelung mit FU sinnvoll? (falls noch kein FU)	Jahresverbrauch [kWh/a]	Verbrauch manuell überschreiben [kWh/a]	Bemerkungen
501	Autre	Förderband	FB-04-2018	7,5	2018	Eff3	8000	nein	36.000		
502	Autre	Aufzug	AF-01-2000	15	2005	IE1	500	ja	4.500		
503	Autre										
504	Autre										

Abbildung 18: Grobanalyse Sonstige Antriebe [Quelle: VELANI Tool]

Eine Grobanalyse+ ist für die übrigen Antriebe im Tool nicht vorgesehen. Durch die mögliche Vielfalt der Anwendungen ist es schwierig diese Systeme in einer allgemeingültigen Form in der Grobanalyse+ abzubilden. Ein kleiner Hinweis dazu im Tool wäre jedoch hilfreich.

### 3.5.6 Darstellung der Ergebnisse der Analyse

Nach Eingabe der Motorensysteme als Teil der Grobanalyse kann unter dem Menüpunkt Resultate eine Übersicht über die Ergebnisse aufgerufen werden. Alle Antriebe werden hier in ABC Kategorien eingeordnet. Antriebe, für die eine vertiefende Analyse dringend empfohlen wird (Einsparung > 20 MWh und 20% des Verbrauchs und Alter > 8 Jahre), Antriebe für die ein Vertiefung empfohlen wird (Einsparung > 10 MWh/a und Alter > 5 Jahre) und Antriebe mit wenig Potential.

Alle Antriebssysteme werden nach der Größe der erwarteten jährlichen Energieeinsparung geordnet. Zusätzlich werden das prozentuale Einsparpotential und die Energiekosteneinsparungen innerhalb eines und innerhalb von vier Jahren angezeigt. Die Kosteneinsparung in vier Jahren entspricht dabei den möglichen Investitionen bei einer erwarteten Amortisationszeit von 4 Jahren und Vernachlässigung von Zinsen und Instandhaltungskosten. Eine vollständige Wirtschaftlichkeitsberechnung ist im Tool nicht enthalten. Eine

sinnvolle Erweiterung für das Tool könnte es demnach sein, wenn der Nutzer die Investitionssumme selbst eingibt und damit eine vollständige Wirtschaftlichkeitsberechnung im Tool durchgeführt würde, bei der unter anderem die interne Verzinsung der Investition ermittelt werden könnte. Des Weiteren werden mögliche Effizienzmaßnahmen zusammen mit ihrem Einsparpotential im Tool angezeigt, siehe Abbildung 19.

Menü	Einleitung	Firma	Quick-check	Pumpen	Ventilatoren	Druckluft	Kälte	Andere	Resultate	
<b>Zusammenfassung der Resultate</b>										
Die erfassten Antriebe sind unten aufgelistet und nach Potenzial sortiert und zusammengefasst. Mit Klick auf den Button in der linken Spalte wird die GA+ Seite für den betroffenen Antrieb geöffnet. Darin können weitere Angaben gemacht und die Schätzung des Einsparpotenzials verfeinert werden.										
Strompreis	3,00 CHF/kWh		Vertiefung dringend empfohlen (Einsparung > 20 MWh/a und > 20% des Verbrauchs, Alter > 8 Jahre) Vertiefung empfohlen (Einsparung >10 MWh/a, Alter > 5 Jahre) Vertiefung nicht empfohlen, wenig Potenzial							
<b>Zusammenfassung</b>										
Einsparungen der Installationen mit hohem Potenzial		KWh/a	CHF/a							
		420.800	1.262.400	<a href="#">Methodik Einstufung</a>						
Einsparungen bei Installationen mit mässigem Potenzial		16.200	48.600							
<b>Total</b>		<b>437.000</b>	<b>1.311.000</b>							
<b>Resultaten</b>										
GA+ (Klick auf Button)	Antriebsnummer	Anwendung	Bezeichnung, Nummer, Beschrieb	Einsparpotenzial [%]	Einsparpotential (KWh/a)	Äquivalente Einsparungen (CHF/a) (± 30 %)	Einsparungen in 4 Jahren (CHF/4a) (± 30 %)	Jahresverbrauch (KWh/a)	Bemerkungen	Massnahmen
7	401	Kältemaschine	NH3-1	57%	339.000	1.017.000	4.068.000	600.000		Technologischeinsparungen 2% Motoreffizienzeinsparungen 2% Einsparungen dank Frequenzrichter 8% Verfüssigkeitsdruck 15% Free-cooling 30%
6	301	Druckluft	Druckluft	98%	81.750	245.250	981.000	83.500	Un joli commentaire complètement inutile.	Leckage-Reduktionskampagne und Abdichtung von Leckagen 10% Hinzufügen eines Kompressormanagementsystems 10% Austausch von Ventilsichern and/oder Ergänzung des Drehzahlreglers in Verbindung mit besserer Regelung; 78%
1	102	Pumpen	DE-3	12%	18.189	54.566	218.000	154.828		Voir AP+
1	101	Pumpen	KS-001	16%	16.243	48.729	195.000	102.855		Voir AP+
3	103	Pumpen	Pump-0815	12%	8.640	25.920	104.000	72.000		Einsparungen durch Technologieverbesserung (Erneuerung Anlage/Motor): 4% Einsparungen Redimensionierung: 8%
4	201	Ventilator	Verbrennungsluft	14%	4.200	12.600	50.000	30.000		Einsparungen durch Technologieverbesserung (Erneuerung Anlage/Motor): 6% Einsparungen Redimensionierung: 8%
5	202	Ventilator	V-02-7000	8%	2.560	7.680	31.000	32.000		Einsparungen Redimensionierung: 8%

Abbildung 19: Darstellung der Resultate nach Eingabe der Motorensysteme [Quelle: VELANI Tool, 2020]

Durch Klicken auf den Button in der ersten Spalte kann für jedes einzelne Motorensystem die Grobanalyse+ aufgerufen werden. Im Rahmen der Grobanalyse+ kann die Berechnung der Einsparpotentiale gegenüber der Grobanalyse weiter detailliert werden.

Der direkte Ausdruck der Ergebnisse der Analyse aus dem Excel Tool über den Druck des Arbeitsblattes Resultate schien jedoch schwierig, da durch die versteckten Felder in der Excel Datei die manuelle Auswahl des Druckbereichs sehr aufwendig ist. Nach Rücksprache mit Planair wurde aber deutlich, dass eine Druckfunktion für die Ergebnisse in das Excel Tool integriert ist. Die druckgeeignete Zusammenfassung der Ergebnisse kann über den blauen Textblock (Button) mit der Beschriftung «Zusammenfassung» aufgerufen werden. Hier sollte die Funktionalität deutlicher für den Nutzer kenntlich gemacht werden, denn gerade der Ausdruck der Ergebnisübersicht ist für den Anwender von besonderem Interesse.

### 3.6 Anwendung des VELANI Tools

Der Aufbau des Tools ist sehr übersichtlich und strukturiert, die integrierten Hilfsfunktionen sind detailliert und ermöglichen die einfache Nachvollziehbarkeit der Berechnungen. Bei der handwerklichen Umsetzung waren zum Zeitpunkt der Evaluation noch kleinere Schwächen festzustellen, sei es durch fehlerhafte Zellverweise oder unvollständige Textübersetzungen.

Dies führt insbesondere bei einem Offline Tool auf Excel Basis zu Problemen, da eine einmal heruntergeladene Version nicht automatisch aktualisiert werden kann. Zudem ist es nicht möglich, automatisiert neue Funktionen zu integrieren. Vielmehr muss der Anwender aktiv nach einer neuen Version des Tools im Internet suchen. Zudem ist bisher keine automatisierte Datenübernahme von einer früheren in eine neuere Version des Tools vorgesehen.

Zur Bewertung des Umsetzungskonzeptes und des Nutzens des Tools für die Anwender wurden im Rahmen der Evaluation Interviews mit Anwendern des Tools geführt. Für die Interviews wurde ein Gesprächsleitfaden entwickelt, der in Anhang 5.2 wiedergegeben ist. Kontakte zu Nutzern des Tools wurden durch Planair vermittelt. Insgesamt wurden zwei Gespräche geführt. Aufgrund der geringen Anzahl der Interviews wird aus Vertraulichkeitsgründen nicht auf die Details der Gespräche eingegangen. Zudem sind die Ergebnisse der Interviews aufgrund der geringen Anzahl von befragten Nutzern nicht als repräsentativ anzusehen.

Die Unternehmen der beiden befragten Personen gehören zur Gruppe der Ingenieurbüros und Energieberater, d.h. sie führen die Analysen der Motorensysteme mit dem Tool für Dritte durch. Auf das VELANI Tool aufmerksam geworden sind Sie über persönliche Kontakte oder Weiterbildungsangebote und kennen das Tool schon seitdem eine der ersten Versionen zur Verfügung stand. Den VELANI Tool Newsletter, der beispielsweise über Updates informiert, haben Sie nicht abonniert. Eingesetzt wurde das Tool unter Excel 2016 und Excel 365, jeweils mit Windows 10 als Betriebssystem.

Geschätzt durch die Anwender wurde insbesondere die Möglichkeit mit dem Tool schnell und ohne umfangreiche Detailangaben die Wirtschaftlichkeit von Optimierungsmaßnahmen abzuschätzen. Genutzt wurden alle Teile des Tools, insbesondere der Quick Check, die Grobanalyse und die Grobanalyse+ für Pumpen. Zum Einsatz kam das Tool durchschnittlich ca. einmal pro Monat. Die Bedienung des Tools wurde als weitgehend selbsterklärend beurteilt. Der Umfang der Erläuterung wurde als gut wahrgenommen. Beide Befragten haben bei der Benutzung des Tools Fehler identifiziert und diese teilweise an Planair zurückgemeldet.

Neben dem VELANI Tool nutzen die Befragten weitere Tools zur Analyse von Motorensystemen. Genannt wurden u.a. das PEIK und das act Tool, sowie eigene Excel Tools.

Die Wahl des Tools erfolgt durch die Befragten jeweils in Abhängigkeit von der Fragestellung. Grundsätzlich werden Tools auf Basis von Excel für gut und hilfreich eingestuft, insbesondere, da bei einer Offlineversion des Tools Daten und Ergebnisse auf dem eigenen Rechner gespeichert werden. Verwendet wurde das Tool in der jeweiligen Landessprache, wobei Tools in englischer Sprache nicht als Problem angesehen wurden, da kleinere Unternehmen die Tools meist nicht selbst nutzen, sondern einen erfahrenen externen Berater hinzuziehen. Je nach dem Umfang der Benutzung besteht ggf. die Bereitschaft für ein Tool zur Analyse von Motorsystemen zu bezahlen, wobei in diesem Fall insbesondere im Bereich der Maschinendaten (u.a. Pumpendatenblätter) Ergänzungen als wichtig erachtet werden. Die technischen Inhalte des VELANI Tools werden positiv beurteilt, die Fehler im Tool jedoch als störend empfunden. Trotz dieser Schwächen wurde das Tool wegen seiner Stärken im Bereich des Quick Checks und der Grobanalyse intern an Kollegen weiterempfohlen.

### **3.7 Einordnung und Empfehlungen zum VELANI Tool**

Im Folgenden sollen in einer zusammenfassenden Bewertung die Stärken und Schwächen des Tools aufgezeigt und Verbesserungs- und Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen werden.

#### **3.7.1 Software Plattform**

Mit dem VELANI Tool steht ein Excel Tool zur systematischen Erfassung und Grobanalyse von elektrischen Antriebssystemen zur Verfügung. Die Umsetzung des Tools auf Basis von Excel wurde durch den Auftraggeber vorgegeben. Excel ist als Standard Tool für die Durchführung von Berechnungen in allen Bereichen der Industrie im Einsatz. Dies bietet gute Voraussetzungen, um einen niederschweligen Einstieg in die Arbeit mit dem Tool zu ermöglichen. Es kann zudem offline genutzt werden, wodurch sichergestellt werden kann, dass Dritte keinen Zugriff auf die eigenen Anlagendaten erhalten. Damit sind jedoch auch einige Nachteile verbunden. Zum einen kann es durch die vielen unterschiedlichen Excel Versionen, die noch immer in den Unternehmen genutzt werden, Kompatibilitätsprobleme unter anderem im Bereich der Funktion der Makros geben. Zudem sind in vielen Unternehmen Makros in Dateien aus externen Quellen gesperrt. Ohne aktivierte Makros lässt sich das Tool jedoch nicht sinnvoll nutzen. Zudem führt eine Aktualisierung oder Fehlerbeseitigung im Tool durch den Anbieter nicht dazu, dass die Anwender automatisch die neueste Version erhalten und nutzen. Zudem ist eine automatisierte Datenübertragung von einer alten auf eine neue Tool Version bisher nicht vorgesehen, so dass der Wechsel auf eine neue Programmversion des Excel Tools aufwendig ist, da alle bisherigen individuellen Eingabedaten manuell übertragen werden müssen.

#### **Empfehlung:**

Angesichts der dynamischen Entwicklung im Bereich der online verfügbaren Angebote und der verstärkten Digitalisierung in allen Unternehmensbereichen sollten Tools zukünftig verstärkt als online Tools konzipiert werden. Damit vereinfacht sich die Aktualisierung und erforderliche Korrekturen und Erweiterungen des Tools erreichen die Anwender automatisch, so dass diese stets mit der aktuellsten Version des Tools arbeiten. Zu beachten sind dabei Fragen des Datenschutzes, der Zugangsmöglichkeiten und des Programmieraufwandes. Zudem können diese Tools dann auch komfortabel als App auf Android oder iOS Geräten genutzt werden. Dies vereinfacht und beschleunigt insbesondere die Aufnahme der Daten der Motorensysteme, die mit einem mobilen Endgerät direkt an den Anlagen erfolgen kann.

### 3.7.2 Datensicherheit

Bisher sind die einzelnen Tabellenblätter, Zellinhalte und Makros im VELANI Tool nicht geschützt und können bewusst oder unbeabsichtigt verändert werden.

#### **Empfehlung:**

Ein entsprechender Passwortschutz von Zellen, Tabellen und Makros sollte umgesetzt werden. Dies verhindert zudem das versehentliche Überschreiben oder Löschen von Texten oder Berechnungen im Tool. Würde das Tool auf eine onlinebasierte Anwendung umgestellt, so müssen für die Benutzerdaten entsprechende Sicherheitskonzepte entwickelt werden, um einen Missbrauch der Daten zu verhindern.

### 3.7.3 Sprachen und Benutzerfreundlichkeit

In der geprüften Version des VELANI Tools ist noch eine Vielzahl von Fehlern bezüglich der Zweisprachigkeit des Tools festzustellen. Die vertraglich vereinbarte englische Version des Tools war zum Zeitpunkt der Evaluation noch nicht verfügbar. Übersetzung sind teilweise fehlerhaft oder nicht vorhanden. Nicht immer sind die Funktionen und Funktionsaufrufe klar erkennbar, z.B. bei der Grobanalyse.

#### **Empfehlung:**

Sinnvoll wäre es die Sprachversionen ggf. auch um eine italienische Version zu erweitern. Da das Tool bereits mehrsprachig angelegt ist müssten hierzu lediglich die Übersetzungen für die Texte im Tool und den Erläuterungen hinterlegt werden, wobei man ggf. bei den Erläuterungstexten auf die italienische Übersetzung verzichten könnte. Anstelle der Vielzahl von Hilfetexten, die im Tool aufgerufen werden können, wäre ein zusätzliches Gesamtdokument mit allen Erläuterungen zu den Eingabefeldern und den Berechnungen sinnvoll. Diese würde die Bearbeitung etwas übersichtlicher und leichter nachvollziehbar machen. In diesem Dokument sollten auch die Berechnungsgrundlagen für die Abschätzung der Effizienzpotentiale erläutert werden. Das Ausrollen und Verbreiten von Tools mit einer relevanten Anzahl von Fehlern sollte vermieden werden, auch wenn es sich

dabei nur fehlerhafte Sprachversionen von Hilfetexten handelt. Fehlerhafte Funktionen führen dazu, dass Anwender das Tool nur einmal nutzen den Einsatz aber wegen der Fehler einstellen. Bei offensichtlichen Fehlern in einem Tool geht das Vertrauen in die Korrektheit und den Nutzen des Tools bei den Anwendern verloren. Ein Tool sollte jeweils vor der Verteilung eine intensive Testphase durchlaufen, bei der alle Funktionen vollständig überprüft und offensichtliche Fehler korrigiert werden.

### 3.7.4 Kommunikation

Die Kommunikation über die Verfügbarkeit und die Funktionalitäten des VELANI Tools erfolgt bisher nur über die durch den Auftragnehmer erstellte VELANI Tool Webseite, die nicht Bestandteil des Loses war. Seit einiger Zeit verweist auch die TOPMOTORS Webseite auf das Tool. Dieser Link ist jedoch gegenüber anderen Links nicht hervorgehoben. Das VELANI Tool steht am Ende einer Liste mit weiteren Tools im Bereich Motorensysteme, die in früheren Projekten durch TOPMOTORS entwickelt wurden. Eine Einbindung oder Verlinkung auf den Webseiten von EnergieSchweiz oder der PEIK Webseite konnte nicht gefunden werden. Im Rahmen der TOPMOTORS Webinare wurde das VELANI Tool durch Herr Macabrey von Planair vorgestellt [TOPMOTORS, 2020]. Nach Angaben auf der YouTube Webseite wurde das Video seit März 2020 insgesamt 103-mal aufgerufen. Auch auf den Webseiten von EnAW und act finden sich keine Hinweise auf das Tool. Ob ggf. eine direkte Kommunikation über diese beiden Organisationen zur Ansprache der Energieberater bezüglich des Tools stattgefunden hat wurde im Rahmen dieser Evaluation nicht geprüft.

#### **Empfehlung:**

Das volle Potential des Tools wurde durch die niederschwellige Kommunikation über die eigene Toolwebseite nicht erschlossen. Im Ausschreibungslos zur Erstellung des Tools war jedoch nur die Entwicklung des Tools und kein Anteil für Kommunikation enthalten, da es ein eigenständiges Los für die VELANI Kommunikation gab. Da die Ausschreibungslose für die Tool Entwicklung und die Kommunikation an zwei unterschiedliche Auftragnehmer vergeben wurden, führt dies zu unklaren Schnittstellen und Aufgabenverteilungen. Sinnvollerweise hätte in diesem Fall zumindest eine Einbindung in die Webseiten von EnergieSchweiz erfolgen sollen, über die auch eine Vielzahl weiterer Informationsangebote und Tools, beispielsweise zu Druckluftsystemen angeboten werden [BFE, o.J.].

### 3.7.5 Berechnung Einsparpotentiale

Mit Hilfe des VELANI Tools kann mit wenigen und leicht verfügbaren Informationen in einem ersten Schritt eine grobe Abschätzung der möglichen Energie- und Kosteneinsparungen im Bereich der Elektromotorensysteme erfolgen. Die typischen Einsparoptionen

werden im Tool abgebildet und anhand einfacher Angaben bewertet. Mit Hilfe einer vertiefenden Grobanalyse+ können die Berechnungen verfeinert und präzisiert werden. Die verschiedenen Motorensysteme werden im Tool in ABC Kategorien unterteilt, so dass die Systeme mit großem Einsparpotential einfach zu identifizieren sind.

**Empfehlung:**

Trotz der Angaben zum Stromkosteneinsparpotential in einem und in vier Jahren, ist eine grobe Wirtschaftlichkeitsberechnung für die vorgeschlagenen Maßnahmen im Tool nicht enthalten. Weder erfolgt eine Berechnung der Amortisationszeit noch die Berechnung der internen Verzinsung für die Maßnahmen. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass keine Investitionen für die Maßnahmen abgeschätzt werden. Mithilfe der Hinterlegung von Kostenfunktionen für die verschiedenen Motorensysteme könnte eine grobe Wirtschaftlichkeitsanalyse ermöglicht werden. Die alternative Möglichkeit, dass der Anwender selbst Angebotspreise als Kosten für den Austausch der einzelnen Systeme im Tool hinterlegen kann, um die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen durchzuführen, würde in Verbindung mit Vorgaben zu Zinssätzen und Lebensdauer einen zusätzlichen Mehrwert für den Anwender des Tools bieten.

**3.7.6 Langfristige Verfügbarkeit und Weiterentwicklung**

Es gibt für den Bereich der Optimierung von Motorensystem eine Vielzahl von Tools mit unterschiedlichen Zielsetzungen auf unterschiedlichen Softwareplattformen. Für alle Tools gilt, dass Sie für den Anwender einen Mehrwert bieten, die Weiterentwicklung nach Beendigung der Projekte, in denen Sie entwickelt wurden, nicht oder nur im begrenzten Umfang erfolgt ist.

**Empfehlung:**

Tools sollten spätestens nach dem Ende von Projekten in die allgemeinen Aktivitäten von EnergieSchweiz übergehen und weiterentwickelt werden, zumindest aber Ihre weitere Funktionalität und Funktionsfähigkeit regelmäßig überprüft werden. Dazu ist eine detaillierte Dokumentation der Tool Eigenschaften und Tool Funktionen erforderlich. Im VELANI Tool ist die Dokumentation der Berechnungen sehr detailliert, so dass auch eine Übertragung auf andere Softwareplattformen als Excel möglich sein sollte.

## 4 VELANI Merkblätter

Im Rahmen der VELANI Lose sollte jeweils pro Jahr ein neues technisches Merkblatt zu Elektromotoren oder Elektromotorensystemen erstellt werden. Die VELANI Merkblätter sind ein Informationsangebot, das über die TOPMOTORS Webseite bereitgestellt wird und die durch das TOPMOTORS Team entwickelt wurden. In Absprache mit dem Bundesamt für Energie wurde auf die Kennzeichnung als VELANI Merkblätter verzichtet. Der Name VELANI taucht im Zusammenhang mit den Merkblättern deshalb nicht auf. Vielmehr werden alle Informationsangebote über die TOPMOTORS Webseite angeboten und sind auch mit TOPMOTORS gekennzeichnet. TOPMOTORS Merkblätter wurden bereits in früheren Förderprojekten des Auftragnehmers erstellt und publiziert. Im Rahmen der VELANI Lose wurden ergänzend Merkblätter zu neuen Themen erstellt und publiziert.

### 4.1 Übersicht Merkblätter

Insgesamt standen zum Zeitpunkt der Evaluation 13 Merkblätter auf der TOPMOTORS Webseite zum Download zur Verfügung. Der größte Teil der Merkblätter wurde vor dem Start des VELANI Programms im Rahmen von anderen Projekten erstellt. In Tabelle 3 sind die auf der TOPMOTORS Webseite ([www.topmotors.ch/merkblaetter](http://www.topmotors.ch/merkblaetter)) verfügbaren Merkblätter zusammengestellt. Die Analyse wurde auf Basis der am 17. März 2020 von der TOPMOTORS Webseite heruntergeladenen Merkblätter durchgeführt. Neben dem Titel und der Seitenzahl enthält die Tabelle auch Angaben zu Design und Sprache der Merkblätter. Auf Basis der WTO Ausschreibung für VELANI starteten die Arbeiten im Programm im Oktober 2016. Entsprechend kann die Entwicklung und Veröffentlichung der Merkblätter 26-30 der VELANI Ausschreibung zugeordnet werden. In Abstimmung mit dem BFE und Diskussion mit dem Auftragnehmer der VELANI Ausschreibung wurden die Merkblätter *27 Kälteanlagen in der Industrie* und *29 Neue Motorentchnologien* für eine vertiefte Analyse im Rahmen der technischen Evaluation ausgewählt.

Tabelle 3: Übersicht der auf der Webseite TOPMOTORS verfügbaren Merkblätter nach Sprachen und Design

Merkblatt Nr.	Titel	Anzahl Seiten	Aktualisierungsdatum	Design	Logos	Sprache DE	Sprache FR	Sprache IT	Sprache EN
1	Motor Check - Vorgehensplanung	2	11/2014	A	T	X	X		
2	Software Tool Sotea Potentialabschätzung	3	10/2014	A	T	X	X		
3	Intelligente Motorenliste Grobanalyse	2	10/2014	A	T	X	X		
4	Energieeffizienz in der Ausschreibung	2	10/2014	A	T	X	X		
5	Entscheidungsgrundlage Wirtschaftlichkeit	4	10/2014	A	T	X	X		
6	nicht vergeben								
7	nicht vergeben								
8	Antriebe Messen	3	10/2014	A	T	X	X		
9	Auswirkungen von Teillast	2	10/2014	A	T	X	X		
10	Motorpreise	1	10/2014	A	T	X	X		
11	FU Preise	1	10/2014	A	T	X	X		
12	Standard Test Report (Vorher-Nachher-Vergleich)	4	10/2014	A	T	X	X		
13	Wirkungsgrade Effizienzklassen	2	10/2014	A	T	X	X		
14	Typenschilder	2	10/2014	A	T	X	X		
15	Motorenhersteller	1	10/2014	A	T	X	X		
16	nicht vergeben								
17	nicht vergeben								
18	nicht vergeben								
19	nicht vergeben								
20	nicht vergeben								
21	nicht vergeben								
22	nicht vergeben								
23	Pumpen	12	11/2011	A	T/S/E	X	X	X	
24	Luftförderung	20	11/2012	A	T/S/E	X	X	X	
25	Frequenzumrichter	22	10/2014	A	T/S/E	X	X	X	
26	Druckluft Kompressoren	22	12/2016	A	T/S/E	X	X	X	
27	Kälteanlagen in der Industrie	20	04/2017	A	T/S/E	X	X		
28	Motor System Tool (MST)	10	03/2018	N	T/I/E	X	X		X
29	Neue Motorentchnologien	10	11/2018	N	T/I/E	X	X	X	X
30	Mehrfachnutzen von Energieeffizienz in der Industrie	9	11/2019	N	T/I/E	X	X		X
Legende: A=Alt; N=Neu T= TOPMOTORS; S = S.A.F.E.; I = Impact Energy; E = Energie Schweiz									

Entsprechend der unterschiedlichen Entstehungsgeschichte der Merkblätter weisen diese unterschiedliche Designs auf und auch die auf den Merkblättern enthaltenen Logos unterscheiden sich. Die neuen Merkblätter zeichnen sich durch einen deutlich größeren Umfang gegenüber den bisherigen Merkblättern aus.

## **4.2 Analyse der Downloadzahlen für die Merkblätter**

Aus den Jahresberichten für das VELANI Los 1 Kommunikation wurden die Zahlen für die Downloads der Merkblätter entnommen. Dabei liegen für die Jahre 2018 und 2019 jeweils die Anzahl der Downloads für den Zeitraum von 1.1. bis 31.12. jeden Jahres vor. Für 2017 lagen die Zahlen der Downloads für die Zeiträume vor und nach der Umstellung der Webseite vor. Ausgewertet wurde nur der Zeitraum ab der Umstellung der Webseite für den Zeitraum vom 13.7.-31.12.2017. Die Zahlen des analysierten Zeitraums wurden linear auf ein ganzes Jahr hochgerechnet um vergleichbare Werte für das Jahr 2017 zu erhalten. Auch für das Jahr 2020 lagen zum Zeitpunkt der Evaluation noch keine vollständigen Zahlen vor. Deshalb wurde für den Wert der Downloads im Jahr 2020 alternativ die Anzahl der Downloads im Zeitraum vom 1.7.2019 bis zum 30.06.2020 als Jahreswert verwendet. Durch dieses Vorgehen für die Jahre 2017 und 2020 werden die Veränderungen in den Downloadzahlen geglättet, zudem können die aktuellen Entwicklungen nur bedingt korrekt wiedergegeben werden. Dies gilt insbesondere, wenn sich deutliche Änderungen bei der Anzahl von Downloads ergeben hätten.

In der Abbildung 20 sind die nach diesem Verfahren ermittelten Downloads der Merkblätter in deutscher Sprache dargestellt. Neben den neu erstellten Merkblättern sind auch die Downloads der älteren Merkblätter enthalten.

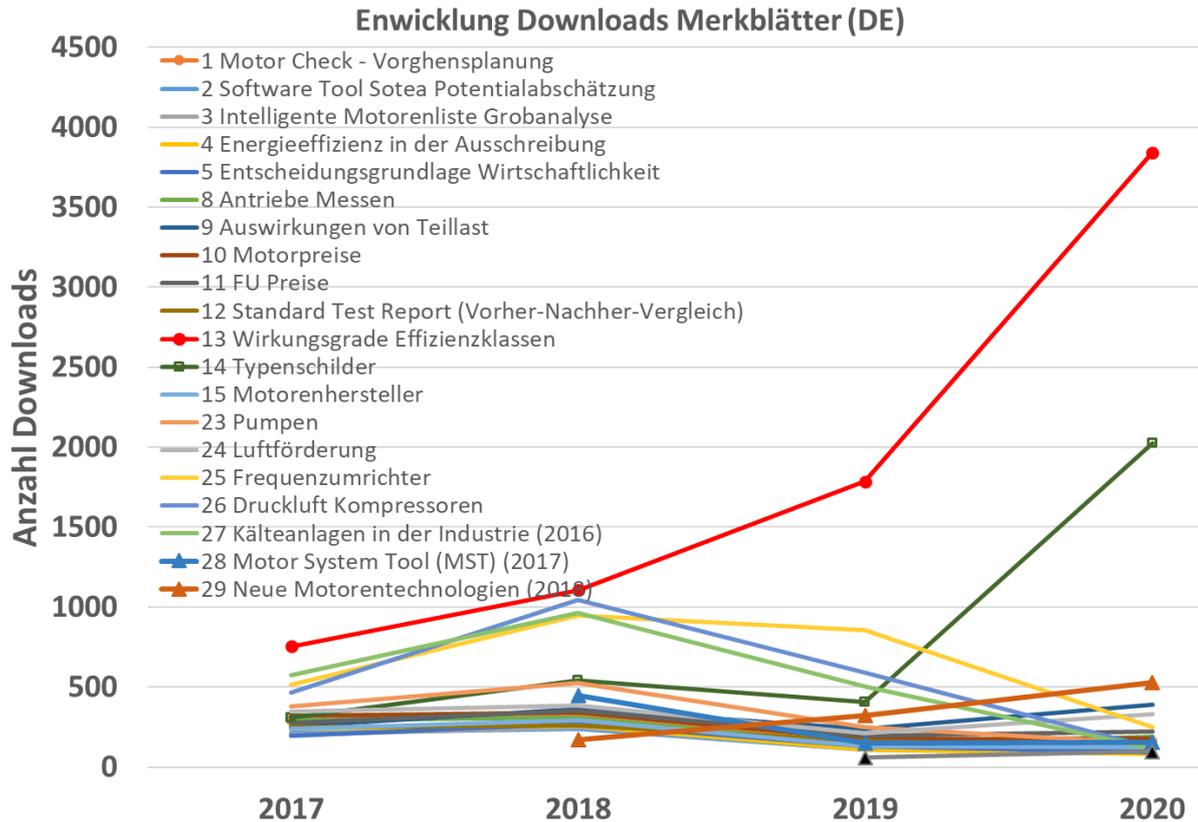


Abbildung 20: Entwicklung der Anzahl Downloads der Merkblätter in deutscher Sprache [Quelle: Impact Energy; eigene Berechnung/Darstellung]

Bei den meisten Merkblättern ist ein Anstieg der Downloads nach dem Start des VELANI Programms festzustellen. In den letzten beiden Jahren ist das Interesse jedoch wieder etwas geringer geworden. Jedes der Merkblätter wurde zwischen 150 und 1000 mal pro Jahr heruntergeladen. Eine Ausnahme gilt für die Merkblätter zu den Elektromotor Effizienzklassen und den Typenschildern. Maßgeblich hierfür dürfte die Verschärfung der EU Verordnung zu Elektromotoren [VO 2019/1781] gewesen sein, die im Oktober 2019 veröffentlicht wurde und Informationsbedarfe ausgelöst haben dürfte, auch wenn diese noch nicht in der schweizerischen SR 730.02 umgesetzt sind.

In Abbildung 21 sind die Anzahlen der Downloads für die im Rahmen des VELANI Programms erstellten Merkblätter getrennt dargestellt. Die Anzahl Downloads der Merkblätter steigt nach ihrer Veröffentlichung zunächst an, da neue Informationen durch entsprechende Kommunikationsmaßnahmen begleitet werden. Das Interesse an neuen Merkblättern klingt danach jedoch wieder ab und die Anzahl Downloads sinkt auf Werte unter 200 Downloads pro Jahr. Bei einer Suche, ob die Merkblätter ggf. auch auf Webseiten von Dritten zum Download bereitgestellt werden und dies eine mögliche Ursache für den Rückgang der Anzahl Downloads sein könnte, wurden keine alternativen Möglichkeiten für den Download der Merkblätter gefunden.

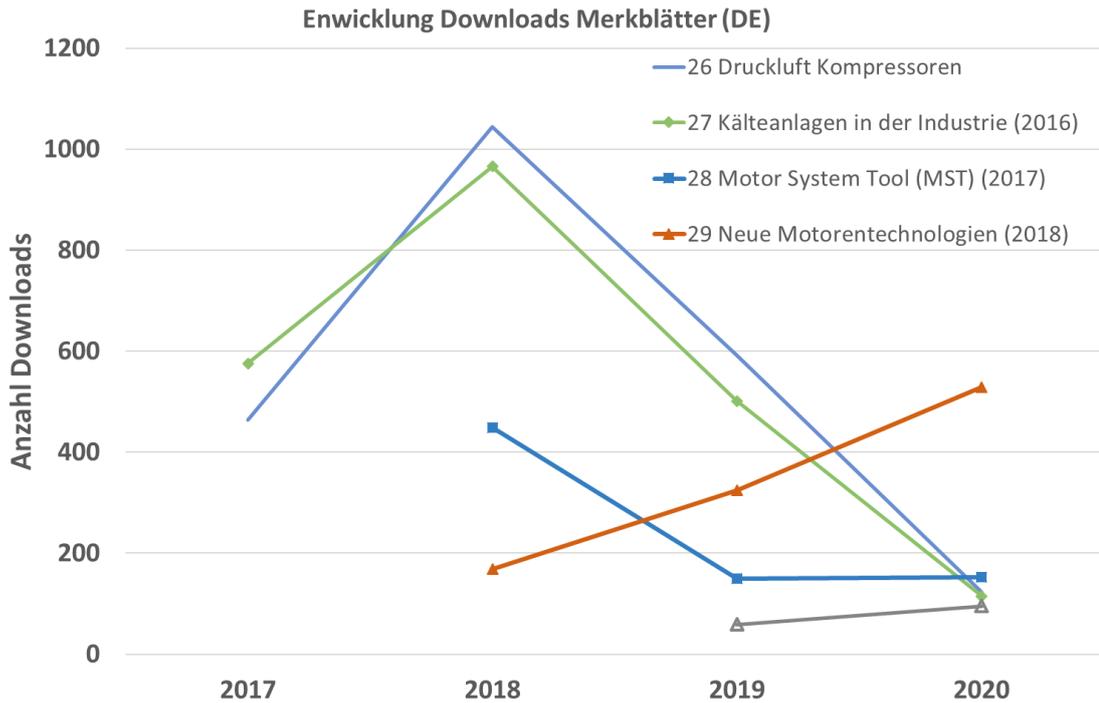


Abbildung 21: Entwicklung der Anzahl Downloads der im Rahmen des Programms VELANI erstellten Merkblätter in deutscher Sprache [Quelle: Impact Energy; eigene Berechnung/Darstellung]

Neben den Downloads der deutschen Merkblätter wurden auch die Downloadzahlen der französischen Versionen der Merkblätter analysiert. Für die italienischen Versionen ist der zur Verfügung stehende Auswertungszeitraum zu kurz, so dass keine Auswertung durchgeführt wurde. In Abbildung 22 sind die Downloads der Merkblätter in französischer Sprache dargestellt. Die Downloads liegen in der gleichen Größenordnung wie für die deutschsprachigen Merkblätter, obwohl die Anzahl der Beschäftigten in der Industrie in der deutschsprachigen Schweiz deutlich größer ist. Es scheint hier deutlich weniger alternative Informationsangebote in Französischer Sprache zu geben. Überraschend ist bei der Analyse, dass die Interessen deutlich von denen in der deutschsprachigen Schweiz abweichen. Weder die neuen Motorentechnologien (Merkblatt 29) noch die Typenschilder (Merkblatt 14) oder die Effizienzklassen (Merkblatt 13) zeigen einen signifikanten Anstieg. Vielmehr bestand besonderes Interesse an den Themen Druckluft und Kälte. Das besondere Interesse an diesen Themen könnte auf die verstärkt in die französische Schweiz ausgerichteten Druckluft und Kältekampagnen von EnergieSchweiz zurückzuführen sein.

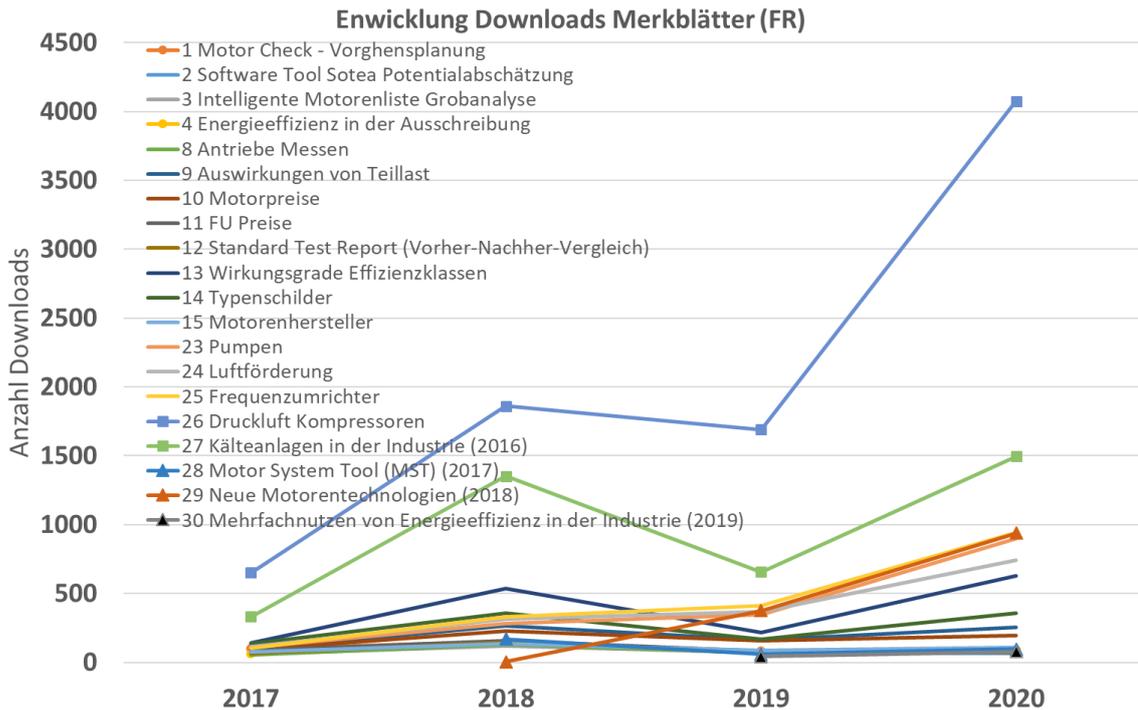


Abbildung 22: Entwicklung der Downloads der Merkblätter in französischer Sprache  
[Quelle: Impact Energy; eigene Berechnung/Darstellung]

Die Downloads der Merkblätter belegen, dass ein Bedarf an einem entsprechenden Informationsangebot besteht, insbesondere im Zusammenhang mit Änderungen gesetzlicher Anforderungen oder neuen Förderprogrammen. Auch wenn aus den Zahlen nicht abgeleitet werden kann, wer sich für welche Sprachversion der Merkblätter interessiert, so erscheint insbesondere das Angebot an Informationen in französischer und italienischer Sprache auf besonderes Interesse zu stoßen. Die älteren, eher kürzeren Merkblätter stossen auf etwa das gleiche Interesse, wie die umfangreicheren, stärker technisch orientierten neuen VELANI Merkblätter.

### 4.3 Detailanalyse Merkblatt 27 – Kälteanlagen in der Industrie

Das Merkblatt 27 zu Kälteanlagen in der Industrie ist das erste im Rahmen der VELANI Ausschreibung erstellte Merkblatt. Das Merkblatt trägt das Publikationsdatum April 2019. Analysiert wurde die deutsche Version des Merkblatts. Neben der deutschen Fassung steht das Merkblatt auch in französischer Sprache zur Verfügung. Die inhaltliche und fachliche Übereinstimmung beider Versionen wurde stichprobenartig überprüft. Relevante Unterschiede oder Abweichungen konnte dabei nicht identifiziert werden.

#### 4.3.1 Aufbau des Merkblatts Kälteanlagen in der Industrie

Das Layout des Merkblatts entspricht noch dem Layout der älteren TOPMOTORS Merkblätter. Auf der Titelseite befindet sich sowohl das TOPMOTORS Logo als auch das

Logo der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E.. Das Merkblatt umfasst 20 Seiten mit eindeutiger Nummerierung der Seiten.

Auf der Titelseite (siehe Abbildung 23) findet sich ein Bild und ein hervorgehobener Textblock mit den fünf wichtigsten Punkten zur Systemoptimierung.



Abbildung 23: Titelseite VELANI Merkblatt 27: Kälteanlagen in der Industrie [Quelle: TOPMOTORS, 2017]

Dass Merkblatt 27 verwendet noch das alte Design der Merkblätter, welches im Rahmen der früheren TOPMOTORS Programme entwickelt wurde. Auf diesem findet sich das Logo von S.A.F.E auf der Titelseite. Im Rahmen von VELANI erfolgte später ein Redesign der Merkblätter. Dieses neue Design wurde ab Merkblatt 28 eingesetzt und enthält die Logos von Impact Energy und EnergieSchweiz.

Das analysierte Merkblatt gliedert sich in die Abschnitte Einführung, Grundlagen zur Kälteerzeugung, Kompressor Technologien, Kältemittel, Auslegung von neuen Kälteanlagen, Praxisbeispiele und weiterführende Informationen. Das Merkblatt liest sich flüssig, ist übersichtlich gestaltet und überwiegend leicht verständlich. Im Folgenden sind die Ergebnisse der abschnittswisen Analyse wiedergegeben.

### 4.3.2 Abschnitt Einführung

Im Abschnitt Einführung werden die Ziele und das Zielpublikum für das Merkblatt benannt. Der Fokus wird auf die effiziente Erzeugung und Nutzung von Kälte in der Industrie gelegt. Im Abschnitt Einführung wird textlich zwar das gesamte Segment der Kälteerzeugung in der Industrie adressiert, allerdings wird nicht zwischen den unterschiedlichen Temperaturniveaus der Kälteanwendungen unterschieden. In den folgenden Abschnitten des Merkblattes beschränkt sich die Kälteanwendung auf die Temperaturbereiche oberhalb von 0°C. Die Temperaturbereiche zwischen 0°C und -20°C (gefrieren, insbesondere Nahrungsmittelindustrie) und die Tieftemperaturkälte bei Temperaturen unterhalb von -20°C (z.B. Luftzerlegung) werden im Merkblatt nicht adressiert, ohne dass dies aus dem Titel sofort erkennbar ist.

Bei der Darstellung des Energieverbrauchs von Kältesystemen werden dagegen alle Sektoren und Anwendungen zusammengefasst. Für die Industrie wird unter Verweis auf die Kältestudie des BFE ein Stromverbrauchsanteil von 20% für die Kälteerzeugung im Merkblatt angegeben, jedoch ohne darauf hinzuweisen, dass in dieser Zahl alle Kälteanwendungen enthalten sind.

### 4.3.3 Abschnitt Grundlagen

Im Abschnitt Grundlagen wird die Leistungszahl und der Energy Efficiency Ratio (EER) für Kälteanlagen eingeführt und darauf hingewiesen, dass für alle Berechnungen die absolute Temperatur in Kelvin zu verwenden ist. Dabei wird jeweils von konstanten Temperaturen auf der Nutzenseite ( $T_{\text{Kühlung}}$ ) und der Umgebung ( $T_{\text{Umgebung}}$ ) ausgegangen. Als Vereinfachung ist dies für das Merkblatt sinnvoll, es sollte jedoch ein Hinweis auf diese Vereinfachung im Merkblatt gegeben werden. Der Abschnitt mit den Erläuterungen zur Kühltemperatur wäre zudem sinnvoller direkt unterhalb der Formel platziert worden. Er dürfte den Anwender aber vermutlich eher verwirren, da hier zusätzlich zur Kühltemperatur die Verdampfer Temperatur eingeführt wird, die aufgrund der für die Wärmeübertragung erforderlichen Temperaturdifferenz stets einige Grad tiefer liegt. Gleiches gilt jedoch auch auf der Kondensatorseite, da die Kondensatortemperatur stets einige Grad oberhalb der Umgebungstemperatur liegen muss, was im Merkblatt unerwähnt bleibt. In Tabelle 1 des Merkblattes sind die verschiedenen Kühlmethode zusammengestellt. Ein Verweis auf die Tabelle erfolgt jedoch erst auf einer Folgeseite des Merkblattes, ohne jedoch die Angaben in der Tabelle zu erläutern oder die relevanten Kühlmethode für die Industrie hervorzuheben. Danach folgt eine Beschreibung des Kompressionskältekreislaufes. Das in der Kältetechnik übliche log p,H Diagramm wird nicht eingeführt.

Tabelle 2 des Merkblattes zeigt eine Checkliste für Ansätze zur Verbesserung der Effizienz von Kälteanlagen. In der Tabelle ist der systemare Optimierungsansatz angelegt, dass nicht nur der Kältekompressor, sondern das Gesamtsystem mit allen seinen Komponenten

optimiert werden sollte. Bezüglich des Kältespeichers wird auf die Reduzierung der Lastspiele durch einen Speicher hingewiesen. Ergänzend hätte man dann jedoch auch auf die zusätzlichen Energieverluste eines Speichers hinweisen sollen.

Den Energiefluss in einer Kälteanlage, dargestellt in Form eines Sankey-Diagramms, zeigt die dritte Abbildung im Merkblatt. Ohne ergänzende Erklärungen ist dieses Diagramm jedoch nicht hilfreich, da es durch den gleichzeitigen Blick auf die elektrische und die thermische Seite schwer zu erfassen ist. Zudem erscheint das Beispiel ungeeignet, da für die gute Anlage bei einer Leistungsaufnahme von 50 kW lediglich eine Kälteleistung von 50 kW bereitgestellt wird, was einem EER von lediglich 1 entspricht. Eine Kälteanlage bei Kühltemperaturen von 7°C erreicht in der Praxis jedoch deutlich höhere Werte.

Zum Abschluss des Abschnittes werden die Leistungszahlen von Kaltwassersätzen dargestellt, wobei diese in der Abbildung des Merkblattes, abweichend zur Definition am Anfang des Merkblattes, als Kältezahl bezeichnet wird. Hilfreich wäre für den Anwender zudem eine Erläuterung, was die Angaben der Temperaturen (30/35°C) und (12/7°C) bedeuten.

#### **4.3.4 Abschnitt Kompressor Technologie**

Im Abschnitt Kompressor Technologie werden die verschiedenen Kompressor Typen und Bauformen mit ihren wesentlichen Eigenschaften erläutert. Das Merkblatt deckt hier alle Relevanten Bauformen und fast alle relevanten Eigenschaften ab. Ergänzend hätte jedoch der Aspekt der Regelbarkeit und der Regelbereiche für die verschiedenen Kompressoren aufgenommen werden können.

#### **4.3.5 Abschnitt Kältemittel**

Im Abschnitt Kältemittel werden die Berechnungsverfahren für das TEWI erläutert, in dem die Treibhausgasemissionen durch mögliche Kältemittelverluste und den Energieverbrauch während des Betriebs zusammengefasst werden. Dabei wird insbesondere wegen der hohen spezifischen CO<sub>2</sub> Emissionen der Stromerzeugung in Europa darauf hingewiesen, dass diese das TEWI wesentlich prägen. Allerdings wäre es im Merkblatt für den Schweizer Markt sinnvoller den Schweizer Stommix mit 0,149 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> anstelle des Europäischen mit 0,45 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> zu betrachten.

Die aus einer Publikation des BAFU übernommene Tabelle im Merkblatt gibt eine detaillierte Übersicht der in Kälteanlagen verwendeten Kältemitteln. Es handelt sich dabei laut Angaben im Merkblatt um eine Zwischenversion, da die endgültige Version der Tabelle durch das BAFU zum Zeitpunkt der Publikation noch nicht veröffentlicht war. Ein entsprechender Link zur BAFU Webseite im Merkblatt wäre hier hilfreich. Gut wäre es zudem gewesen, wenn das Merkblatt nach der Publikation der endgültigen Tabelle aktualisiert worden wäre.

In der Tabelle sind auch die natürlichen Kältemittel, wie z.B. R744 (CO<sub>2</sub>), R290 (Propan) und R717 (NH<sub>3</sub>) enthalten. Da sich viele Unternehmen mit dem Ersatz der Kältemittel und Kälteanlagen aufgrund des gesetzlich vorgeschriebenen Phase Outs für einige Kältemitteln beschäftigen müssen, hätte man einen Hinweis auf die Vorteile von natürlichen Kältemitteln im Merkblatt ergänzen können. Auch der Aspekt der Betriebssicherheit, der in der Tabelle in der Spalte Sicherheitsgruppe zu finden ist, hätte sinnvollerweise adressiert werden sollen, da gerade natürliche Kältemittel wegen ihrer Entflammbarkeit meist in höheren Gefahrenklassen eingeordnet sind.

#### 4.3.6 Abschnitt Auslegung neuer Kälteanlagen

Der Abschnitt zur Auslegung neuer Kälteanlagen ist relativ allgemein gehalten und bleibt deshalb in vielen Punkten unspezifisch. Aussagen wie „ausreichend dimensionieren“ oder „Kompressor passend für Anwendung wählen“ geben dem Anwender keine Anhaltspunkte für die optimale Auswahl, sondern tragen nur zur allgemeinen Sensibilisierung bei. Für die Antriebe wird auf die Effizienzklassifikation für Elektromotoren von IE1 bis IE 4 hingewiesen, ohne jedoch die gesetzlichen Mindestanforderungen zu adressieren, die den Einsatz von IE1 und IE2 Motoren praktisch ausschließen. Es wird an dieser Stelle jedoch auf die Merkblätter 13 und 23 zu Wirkungsgraden von Elektromotoren und Frequenzumrichtern hingewiesen.

In diesem Abschnitt werden auch Ratschläge für Kälteanlagen unterhalb 0°C aufgeführt (Abtaubetrieb vermeiden; Schleusen für Tiefkühlager), obwohl diese Anlagen im Merkblatt nicht weiter thematisiert wurden.

Das Merkblatt empfiehlt dem Anwender zudem, Leistungs- und Systemgarantien beim Hersteller oder Lieferanten einzufordern. Mindestens genauso wichtig wäre es dabei auch die entsprechenden Rahmendaten abzufragen, unter denen diese Daten gelten. Eine Bestimmung des EER Wertes von im Betrieb befindlichen Kälteanlagen ist zudem meist wegen fehlender Messeinrichtungen auf der Kälteseite nicht möglich. Wer die Kosten einer entsprechenden Nachweisführung zu tragen hat wird nicht einfach zu entscheiden sein, sofern dies nicht vorab vertraglich vereinbart wurde.

Unter der Hauptüberschrift *Auslegung neuer Kälteanlagen* wird die Optimierung bestehender Kältesysteme diskutiert. Hier wird unter anderen auf die Anforderungen zur Mindesteffizienz von Motoren nach EnV verwiesen. Allerdings ist der enthaltene Verweis inzwischen veraltet, da eine neue EU Verordnung verabschiedet und auch in der Schweiz umgesetzt wurde. Gerade wenn in Merkblättern auf gesetzliche Regelungen verwiesen wird sollte sichergestellt werden, dass diese regelmäßig auf Aktualität überprüft und ggf. angepasst werden.

In den folgenden Absätzen des Merkblattes werden stichwortartig relevante Aspekte aufgeführt, die in Bezug auf die Energieeffizienz von Kälteanlagen geprüft werden sollten.

Des Weiteren enthält das Merkblatt einen Verweis auf die Webseite der Kampagne *effiziente Kälte*. Im Rahmen der Kältekampagne wurden eine Vielzahl von Dokumenten zur Analyse und Optimierung von Kälteanlagen erarbeitet, die kostenfrei über die Webseite von EnergieSchweiz abgerufen werden können.

#### **4.3.7 Abschnitt Praxisbeispiele**

Unter den Abschnitt Praxisbeispiele werden vier Beispiele vorgestellt. Es handelt sich dabei jedoch nicht um Beispiele über die Optimierung von Kälteanlagen aus der Praxis, wie man nach dem Titel vermuten würde, sondern um theoretische Optimierungsbeispiele. Im ersten Praxisbeispiel wird der Einfluss der Kältemittelwahl und der Kondensator Temperatur auf den EER gezeigt. Auf der horizontalen Achse sind in den Diagrammen noch fehlerhafte Achsenbeschriftungen vorhanden (bei der Temperatur  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  fehlt das Vorzeichen).

Im Beispiel 2 wird exemplarisch verdeutlicht, wie sich Veränderungen im Kreisprozess auf den EER auswirken können.

Im Beispiel 3 wird die Kühlung von Rechenzentren mit freier Kühlung erläutert. Allerdings wurde eine fehlerhafte Abbildung aus anderer Quelle unverändert übernommen. So wird die Kaltluft nicht wie in der Abbildung dargestellt durch den Hohlraumboden von unten in das Rack eingeführt, sondern tritt vor dem Rack aus dem Boden aus und wird dann, durch die in den Servern installierten Lüfter, von vorne nach hinten durch das Rack geführt und erwärmt sich dabei. Alternativ könnte eine direkte Wasserkühlung der Server zum Einsatz kommen, was deutlich höhere Kühltemperaturen ermöglichen würde. Der Umschaltpunkt zwischen freier Kühlung und aktiver Kühlung liegt zudem meist nicht bei  $22^{\circ}\text{C}$ , sondern typischerweise bei  $16^{\circ}\text{C}$ , häufig sogar darunter.

Beispiel 4 zeigt die verschiedenen Optionen zur Verbesserung des Kältekreisprozesses. Damit wären diese theoretischen Darstellungen besser unter den Grundlagen statt unter Praxisbeispiel eingeordnet worden. Die detaillierte Rechnung mit Zahlenbeispielen erscheint hier nicht erforderlich und zielführend.

#### **4.3.8 Abschnitt weitere Informationen**

Im Abschnitt weitere Informationen werden die verwendeten Abkürzungen erläutert und Angaben zu den Autoren und zu den verwendeten Quellen gemacht. Insbesondere die Liste der Abkürzungen wäre besser am Anfang des Dokuments platziert, zudem sollte die an keiner Stelle im Dokument verwendete Abkürzung SEER aus der Liste entfernt werden.

Bei den Verweisen zu Normen, Gesetzen und Quellen sollten die bibliografischen Angaben jeweils vollständig angegeben werden, am besten mit einem direkten Link zum entsprechenden Dokument, um dem Nutzer die Recherche nach den Dokumenten so einfach wie möglich zu machen.

#### **4.3.9 Zusammenfassende Bewertung zum Merkblatt Kälteanlagen**

Das Merkblatt Kälteanlagen in der Industrie ist sowohl in deutscher als auch französischer Sprache verfügbar. Wesentliche Unterschiede in den beiden Sprachversionen konnten nicht identifiziert werden. Die beiden Versionen entsprechen sich und weisen die gleichen kleineren Fehler auf. Das Merkblatt Kälteanlagen adressiert einen signifikanten Anteil des Stromverbrauchs in der Schweizer Industrie. Die Struktur des Merkblattes könnte deutlich verbessert werden. Wichtige Informationen lassen sich nur schwer von unwichtigeren Informationen unterscheiden und der Zusammenhang zwischen den einzelnen Informationen im Merkblatt könnte verbessert werden. Das Merkblatt enthält kleinere inhaltliche Fehler und veraltete Informationen. Wichtige Aspekte, wie z.B. die Wahl des Kältemittels, kommen etwas zu kurz. Das Dokument steht zudem im Wettbewerb mit Unterlagen und Informationen, die im Rahmen der Kältekampagne von EnergieSchweiz erstellt wurden. Eine bessere Abstimmung und Integration zwischen den Informationsangeboten zur Erschließung von Synergien sollte angestrebt werden. Zudem sollten Inhalte in regelmäßigen Abständen geprüft und bei Bedarf aktualisiert werden.

Das Merkblatt Kälteanlagen adressiert die verschiedenen Temperaturfenster der Kälteanwendungen nicht in ausreichendem Maße. Prozesskälte und Klimakälte stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an die Kältetechnik. Da Klimakälte zudem nicht nur ein relevantes Thema für die Industrie, sondern auch für Gewerbe, Handel und Dienstleistung ist, sollte die Zielgruppe für das Merkblatt erweitert werden, da es überwiegend die Klimakälte adressiert.

#### **4.4 Detailanalyse Merkblatt 29 – Neue Motorentchnologien**

Das Merkblatt 29 zu neuen Motorentchnologien ist das dritte im Rahmen der VELANI Ausschreibung erstellte Merkblatt. Das Merkblatt wurde nach dem Publikationsdatum im November 2018 veröffentlicht. Analysiert wurde die deutsche Version des Merkblatts. Neben der deutschen Version steht das Merkblatt auch in französischer, italienischer und englischer Sprache zur Verfügung. Die inhaltliche und fachliche Übereinstimmung der deutschen, französischen und englischen Version des Merkblatts wurde stichprobenartig geprüft.

#### 4.4.1 Aufbau des Merkblatts neue Motorentechnologien

Das Layout des Merkblatts wurde gegenüber den früheren Versionen der TOPMOTORS Merkblätter überarbeitet. Bei der Überarbeitung wurde das Design angepasst. Dies betrifft im Wesentlichen die Titelseite. Auf der Titelseite befindet sich nun das Logo von EnergieSchweiz und das Logo von TOPMOTORS. Zudem ist das Logo von Impact Energy als Auftragnehmer des VELANI Loses enthalten. Das Merkblatt hat einen Umfang von 10 Seiten, die fortlaufend nummeriert sind.

Auf der Titelseite (siehe Abbildung 23) findet sich eine Abbildung und ein hervorgehobener Textblock mit den fünf wichtigsten Punkten zur Systemoptimierung.



Abbildung 24: Titelseite VELANI Merkblatt 29: Neue Motorentechnologien [Quelle: TOPMOTORS, 2018]

Die Logos von EnergieSchweiz und Impact Energy befinden sich nur auf der Titelseite. In den Fußzeilen auf den folgenden Seiten des Merkblattes ist die Webseite von TOPMOTORS angegeben.

Das Merkblatt gliedert sich in die drei Abschnitte Einführung, Motorentechnologien im Überblick und weiterführende Informationen. Das Merkblatt liest sich flüssig, ist übersichtlich gestaltet, gut strukturiert und leicht verständlich. Im Folgenden sind die Ergebnisse der abschnittswisen Analyse wiedergegeben.

#### 4.4.2 Abschnitt Einführung

Im Abschnitt Einführung werden die Ziele und das Zielpublikum für das Merkblatt benannt. Adressiert werden im Merkblatt Asynchron Motoren (ASM), Permanentmagnetmotoren (PMM) und Synchron-Reluktanz-Motoren (SRM).

Als Zielgruppe werden sowohl Anwender als auch Planer oder Energieberater genannt. Eine Eingrenzung auf bestimmte Branchen oder Anwendungsfelder erfolgt nicht. Für ein Merkblatt zu neuen Motorentechnologien ist dies sinnvoll, da Elektromotoren in allen Sektoren eingesetzt werden. Mithilfe der Abbildung auf der Titelseite wird die Bedeutung der Betrachtung und Analyse von Gesamtsystemen hervorgehoben. In der Abbildung wird das Zusammenspiel der Systemkomponenten von der Stromversorgung bis zur bereitgestellten Dienstleistung dargestellt. Die beiden Systemkomponenten Verteilung und Anwendung sollten jedoch besser getrennt abgebildet, bzw. die eigentlichen Prozesse ergänzt werden.

Auf den folgenden Seiten des Merkblattes werden Informationen zu den Wirkungsgraden und Verkaufsanteilen nach Wirkungsgradklassen gemäß der internationalen Norm IEC 60034-2-1 gegeben. Bei der Angabe der Norm im Fließtext fehlt die Jahresangabe. Diese sollte bei Angaben einer Norm immer mit angegeben werden, da dann leichter ersichtlich ist, ob die angegebene Normversion noch gültig oder durch eine neuere Version ersetzt worden ist. Für die Norm IEC 60034-2-1:2014 ist dies das Jahr 2014. Die vollständige Bezeichnung ist beispielsweise in der zweiten Abbildung des Merkblattes angegeben.

Die ersten Abschnitte zu Elektromotoren beziehen sich auf Niederspannungs-Asynchronmotoren, die anhand von Frequenz, Anzahl der Pole und der Leistung in der Norm in 4 Wirkungsgradklassen eingeteilt werden. Hier hätte eine zusätzliche Zwischenüberschrift für ein leichteres Verständnis sorgen können.

In der dritten Abbildung des Merkblattes ist die Entwicklung der globalen Motorenmärkte dargestellt. Die Abbildung ist ergänzt um Angaben in welchen Jahren gesetzliche Mindesteffizienzanforderungen für Asynchronmotoren in verschiedenen Ländern eingeführt wurden. Die in englischer Sprache im deutschen Merkblatt wiedergegebene Abbildung enthält keine Angaben zum Zeitpunkt, an dem die Mindestanforderungen in der Schweiz in Kraft getreten sind. Im Fließtext werden die derzeit noch aktuellen Anforderungen in der Schweiz jedoch benannt (IE2 mit FU bzw. IE3).

Klar wird im Merkblatt darauf hingewiesen, dass Motoren der Wirkungsgradklasse IE3 und höher in vielen Anwendungen wirtschaftlich rentabel sind und das aktuell noch eine Vielzahl von Motoren mit Wirkungsgraden in der Klasse IE1 und schlechter im Einsatz sind. Eine Effizienzklasse IE0, wie sie im Merkblatt verwendet wird, ist in der entsprechenden Norm nicht definiert.

### 4.4.3 Abschnitt Motorentechnologien im Überblick

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Aspekte, die beim Vergleich verschiedener Motorentechnologien relevant sind, thematisiert, u.a. Kosten, Wirkungsgrade, Gewicht und Bauform sowie das Startverhalten.

Die Anordnung von Grafiken und Tabellen auf den Seiten erfolgt stets am unteren Rand der Seiten. Dies führt dazu, dass Tabellen und Abbildungen teilweise nicht in der Nähe des sie beschreibenden Textes stehen. Dies erschwert das Lesen des Dokuments, sorgt andererseits aber für einen ruhigeren Aufbau der jeweiligen Seiten.

Für die Mehrkosten von Motoren mit höheren Effizienzklassen werden leistungsunabhängige Durchschnittswerte angegeben. In der Praxis nehmen die Zuschläge jedoch mit steigender Leistungsklasse zu, da für größere Motoren die zusätzlichen Materialkosten stärker ins Gewicht fallen als für kleinere Motoren. Hier wäre eine Erweiterung der Angaben auf verschiedene Leistungsklassen hilfreich. Auch ein Verweis auf das *Merkblatt 10 Motorenpreise* wäre sinnvoll gewesen, obwohl die in dem Merkblatt enthaltenen Angaben zu Motorenpreisen mittlerweile veraltet sind.

Für hocheffiziente Motoren wird im Merkblatt auch die Thematik des Schlupfes, d.h. die Abweichung der Motordrehzahl von der Synchrondrehzahl, erläutert. Für Pumpen und Ventilatoren Systeme führt der Ersatz des Antriebsmotors durch einen Hocheffizienzmotor aufgrund des verringerten Schlupfes bei Hocheffizienzmotoren zu einer höheren Drehzahl. Die Zunahme der Drehzahl bedingt eine erhöhte Leistungsaufnahme des Motors, die den Effizienzgewinn durch den effizienteren Motor überkompensieren kann. Dieser wichtige Aspekt wird im Merkblatt detailliert diskutiert, ein ergänzendes Beispiel könnte den Zusammenhang für den Nutzer des Merkblattes noch besser verständlich machen.

Ein weiteres wichtiges Thema ist Möglichkeit einen Motor direkt am Netz zu betreiben. Nicht alle Motorentechnologien können direkt am Netz betrieben werden, sondern einige Motorentechnologien benötigen einen zwischengeschalteten Frequenzumrichter oder Starter.

Hilfreich wäre zudem die Ergänzung der Leistungsbereiche, in denen die im Merkblatt benannten neuen Motorentechnologien bereits am Markt verfügbar sind. So sind elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren (ECM) derzeit überwiegend auf den Leistungsbereich kleiner als 10 kW beschränkt. Auch Synchron-Reluktanz-Motoren sind derzeit nur in einem eingeschränkten Leistungsspektrum verfügbar. Gerade bei höheren Leistungen kommen meist weiter die klassischen AC Motoren zum Einsatz.

Zum Ende des Technologievergleichs wird richtigerweise auf die große Bedeutung der Optimierung des Gesamtsystems hingewiesen. Ergänzend hätte an dieser Stelle auf die

hilfreichen Dokumente, die im Rahmen der Druckluft und der Kältekampagne oder im Rahmen von EnergieSchweiz erstellt wurden, hingewiesen werden können.

Bezüglich der zwölften Abbildung des Merkblattes sollte geprüft werden, ob die Zusammenführung mit der sechsten Abbildung des Merkblattes sinnvoll wäre.

#### **4.4.4 Abschnitt Weitere Informationen**

In diesem Abschnitt werden weitere Informationen, Begriffe und Einheiten erläutert, sowie die Verweise und Quellen zusammengefasst. Bei den Normen sollte jeweils das Publikationsjahr angegeben werden. Bei der weiterführenden Literatur könnte das Auffinden der zitierten Dokumente vereinfacht werden, in dem die Weblinks zu den Dokumenten in die Quellenangaben aufgenommen werden.

Unter dem Punkt *Weitere Informationen* hätte man zudem Hinweise auf die bevorstehenden Anpassungen der Ecodesign Anforderungen für Elektromotoren aufnehmen können. Auf europäischer Ebene waren die ersten Entwürfe der geplanten neuen Verordnung für Elektromotoren schon länger verfügbar, inzwischen ist auch die Umsetzung der neuen Verordnung in das Schweizer Recht erfolgt. Eine entsprechende Aktualisierung bezüglich der neuen Vorgaben wäre hier angezeigt.

#### **4.4.5 Zusammenfassende Bewertung**

Das Merkblatt 29 Neue Motorentechnologien liefert einen guten Überblick über die aktuellen Entwicklungen und technischen Möglichkeiten zur Energieeinsparung im Bereich der elektrischen Antriebe. Für die derzeit am stärksten verbreiteten Asynchronmotoren wird ein zunehmender technischer Aufwand erforderlich, um die Effizienzklassen IE3 und IE4 zu erreichen. Zudem ist derzeit unklar, ob weitere Effizienzsteigerungen in Richtung der Effizienzklasse IE5 mit AC Motoren erreicht werden können. Entsprechend gewinnen insbesondere die elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren (ECM) und Synchron-Reluktanz-Motoren (SRM) an Bedeutung. Hier liefert das Merkblatt hilfreiche und wichtige Informationen für den Planer und Anwender. Die enthaltenen kleineren technischen Ungenauigkeiten könnten mit geringem Aufwand korrigiert werden. Eine Aktualisierung des Merkblatts hinsichtlich der Mindesteffizienzanforderungen in der EU und in der Schweiz sollte erfolgen.

## Literaturverzeichnis

- BAFU: *Kältemittel*. Bundesamt für Umwelt, Bern, Schweiz, [www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/fachinformationen/chemikalien--bestimmungen-und-verfahren/kaeltemittel.html](http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/fachinformationen/chemikalien--bestimmungen-und-verfahren/kaeltemittel.html), abgerufen am 28.08.2020
- BFE : *Effiziente Druckluft*. <https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/effiziente-druckluft>, ohne Jahr, abgerufen am 03.09.2020.
- ECH: *Infoblatt Thermodynamik*. Kampagne Effiziente Druckluft, Energie Schweiz, 2006, <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/3027>, abgerufen am 28.08.2020
- EDÖB: *Tipps zur DSGVO*. Eidgenössischer Datenschutz und Öffentlichkeitsbeauftragter (EDÖP), [www.edoeb.admin.ch/edoeb/de/home/aktuell/rgpd-last-minute.html#-96360029](http://www.edoeb.admin.ch/edoeb/de/home/aktuell/rgpd-last-minute.html#-96360029), abgerufen am 22.08.2020
- Macabrey, N.: *Auskunft zu Webseitenbesuchen und Downloadzahlen des VELANI Tools*, Planair SA, August 2020.
- SR 730.02: Verordnung über die Anforderungen an die Energieeffizienz serienmässig hergestellter Anlagen, Fahrzeuge und Geräte. vom 1. November 2017 gestützt auf das Energiegesetz vom 30. September 2016 (EnG) und in Ausführung des Bundesgesetzes vom 6. Oktober 1995 über die technischen Handelshemmnisse (THG), <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20162950/index.html>
- Tieben, R.: *Mitteilung*. Impact Energy, Zürich, August 2020.
- TOPMOTORS: *TOPMOTORS Webinaire N° 12: VELANI- Un outil pour analyser et optimiser les entraînements électriques*, 11.03.2020, <https://www.youtube.com/watch?v=2nG152f14vM>, abgerufen am 03.09.2020
- VO 2019/1781: *Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Elektromotoren und Drehzahlregelungen gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 641/2009 im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von externen Nassläufer-Umwälzpumpen und in Produkte integrierten Nassläufer-Umwälzpumpen und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 640/2009 der Kommission*. Europäische Kommission, 1. Oktober 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1781&from=DE>

## 5 Anhang

### 5.1 Mögliche Fragen zum VELANI Tool für die Onlinebefragung im Rahmen der Gesamtevaluation

Im Rahmen der Gesamtevaluation des VELANI Vorhaben ist geplant eine breitere Befragung durchzuführen. Hinsichtlich des VELANI Tool wird empfohlen die folgenden Aspekte in der Onlinebefragung zu berücksichtigen.

- Haben Sie vom VELANI Tool gehört?
- Haben Sie es genutzt, wenn ja wofür und mit welchem Ergebnis?
- Wie beurteilen Sie das Tool im Vergleich zu anderen bekannten Tools?
- Welches Tool haben Sie bisher für diese Aufgaben genutzt?
- Würden Sie das Tool weiterempfehlen?
- Hätten Sie Bedenken, wenn die erforderlichen Daten für die Analyse in einem Onlineportal/App eingegeben werden müssten?
- Gab es IT technische Probleme bei der Nutzung des Tools, da zum Beispiel Excel Makros in Ihrem Unternehmen gesperrt sind?
- Mit welcher Sprachversion haben Sie im Tool gearbeitet?
- Wie sind Sie auf das VELANI Tool aufmerksam geworden?

## 5.2 Leitfaden Nutzerbefragung VELANI Tool

1) Zu welcher Gruppe gehört Ihr Unternehmen?

- Energieberater
- Ingenieurbüro
- Energieversorgungsunternehmen
- Industrie
- Handel und Dienstleistungen
- Gewerbe
- Hersteller von Motoren oder Motorsystemen

2) Wie hoch ist der Umsatzanteil Ihres Unternehmens im Bereich der Elektromotorensysteme (Komponenten und Dienstleistungen)?

- 0-20%
- 20-40%
- 40-60%
- 60-80%
- 80-100%

3) Wie haben Sie vom VELANI Tool erfahren?

- Webseite VELANI Tool
- Webseite TOPMOTORS
- Webseite EnergieSchweiz
- Schulung act/ENAW
- Anderes; bitte angeben: \_\_\_\_\_

4) Seit wann nutzen Sie das VELANI Tool?

5) Haben Sie den Newsletter zum Tool abonniert?

- Ja
- Nein

6) Welche Version von Excel und welches Betriebssystem nutzen Sie?

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Excel 2003 | <input type="checkbox"/> Windows 7  |
| <input type="checkbox"/> Excel 2007 | <input type="checkbox"/> Windows 8  |
| <input type="checkbox"/> Excel 2013 | <input type="checkbox"/> Windows 10 |
| <input type="checkbox"/> Excel 2016 |                                     |
| <input type="checkbox"/> Excel 2019 | <input type="checkbox"/> Mac OS     |
| <input type="checkbox"/> Excel 365  | <input type="checkbox"/> andere     |

7) Nutzen Sie das VELANI Tool nur intern oder auch in Zusammenarbeit mit Ihren Kunden?

- nur intern
- mit Kunden

8) In welcher Sprache nutzen Sie das Tool?

- Deutsch
- Französisch

9) Welche Module des VELANI Tools haben Sie bereits genutzt?

- Quick Check
- Erfassung Pumpensysteme
- Erfassung Ventilatoren
- Erfassung Kompressoren
- Erfassung Kälte
- Erfassung andere Antriebe
- Grobanalyse+

10) Wie oft und wofür haben Sie das Tool bereits eingesetzt?

11) War die Bedienung des Tools für Sie selbsterklärend?

- Ja
- Nein

Wenn nein: Was war nicht verständlich: \_\_\_\_\_

12) Haben Sie Programmfehler bei der Benutzung des VELANI Tools festgestellt?

- Ja

Wenn ja: Wo sind diese aufgetreten und wie sind Sie damit umgegangen?

- Nein

13) Welche anderen Tools nutzen Sie für die Analyse von Elektromotorensystemen?

14) Für wie geeignet halten Sie Excel als Basis für das Tool?

15) Würden Sie bevorzugen, wenn das Tool als App für iOS / Android zur Verfügung gestellt würde?

- Ja
- Nein

16) Hätten Sie Bedenken oder Vorbehalte ein entsprechendes Tool zu nutzen, wenn Sie die Daten online eingeben müssten und diese für die Analyse auf einem Server gespeichert würden?

- Ja  
wenn ja: Welche Bedenken haben Sie? \_\_\_\_\_

- Nein

17) In welchen Sprachen sollte ein Tool für die Schweiz verfügbar sein?

Deutsch

- Ja  
 Nein

Französisch

- Ja  
 Nein

Italienisch

- Ja  
 Nein

Englisch

- Ja  
 Nein

18) Welche zusätzlichen Funktionen/Möglichkeiten würden Sie sich von einem Tool zur Analyse von Motorensystemen wünschen?

19) Könnten Sie sich vorstellen für ein Tool zu Analyse von Motorensystemen zu bezahlen?

- Ja  
Wenn ja: Unter welchen Voraussetzungen? \_\_\_\_\_
- Nein

20) Mit welcher Schulnote würde Sie das Tool insgesamt bewerten?

- 6 sehr gut  
 5 gut  
 4 genügend  
 3 ungenügend  
 2 schwach  
 1 schlecht

21) Würden Sie das Tool anderen Nutzern weiterempfehlen?

Ja

Wenn ja: Haben Sie das Tool schon weiterempfohlen?

Nein

Wenn nein: Bitte Angabe eines Grundes? \_\_\_\_\_