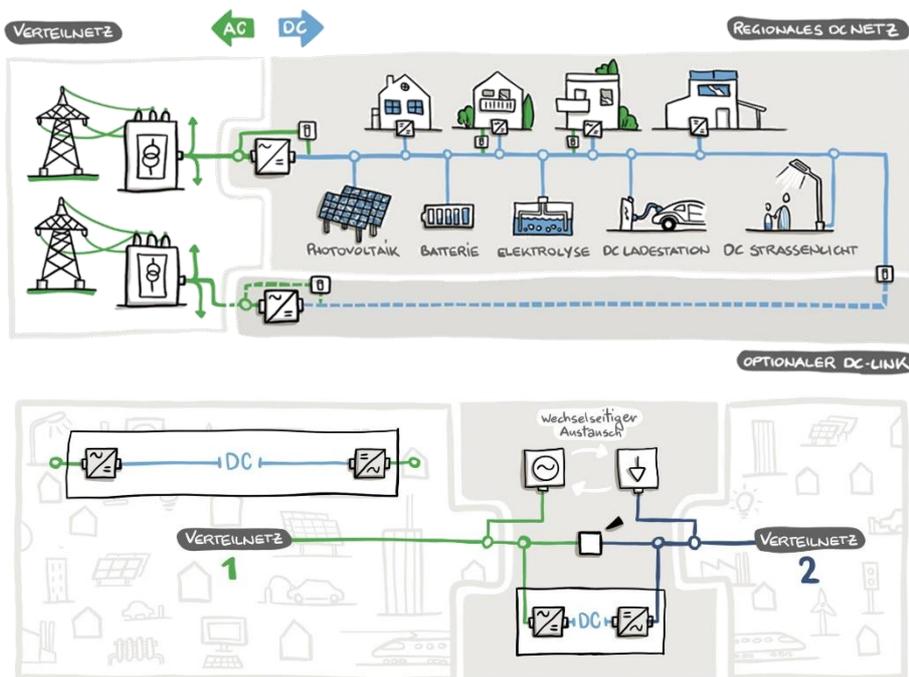


OVE DC PILOT STUDIE

Vorbereitung eines Pilotprojektes zu Gleichstromtechnik in Österreich



IMPRESSUM

Autoren

Friederich Kupzog (AIT), Gerhard Jambrich (AIT), Helfried Brunner (AIT),
Uwe Schichler (TU Graz), Peter Zeller (FH Oberösterreich)

Kontakt und Herausgeber

Friederich Kupzog friederich.kupzog@ait.ac.at

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 4 | 1210 Vienna | Austria

www.ait.ac.at

Wien, Mai 2022

MANAGEMENT SUMMARY

Der OVE hat sich zum Ziel gesetzt, Österreich zu einem sichtbaren Standort für die technologische Entwicklung von Gleichstromtechnologien zu machen. Als eine Maßnahme hierzu wird die Umsetzung von DC-Pilotprojekten gesehen, welche einerseits der (Weiter-)Entwicklung von DC-Lösungen in Österreich dienen, andererseits aber auch die Möglichkeit geben, praktische Erfahrungen mit verschiedenen Anwendungsfällen dieser neuen Technologie zu sammeln. Dabei wird der Stand der Technik und die Fortschritte in Forschung und Entwicklung explizit sichtbar gemacht.

Studie zur Gestaltung von DC-Pilotprojekten

Aufgabe der vorliegenden Studie war es, den technischen Inhalt solcher DC-Pilotprojekte basierend auf der Bedarfs- und Interessenslage der österreichischen Elektrotechnik-Branche zu erarbeiten. Hierzu wurde in einem ersten Schritt eine Branchenbefragung in den Bereichen Hersteller/Anwender, Netzbetreiber und Forschungseinrichtungen durchgeführt. In einem zweiten Schritt wurden aus diesen Ergebnissen die Inhalte und das erfolgsversprechende Setting von DC-Pilotprojekten abgeleitet.

DC ist relevant für die österreichische Wirtschaft

Aufgrund der technischen Entwicklung von Halbleiterbauelementen bietet Gleichstromtechnik zunehmend Vorteile in Anwendungsgebieten auch abseits lang etablierter DC-Domänen wie Bahnstrom, Hochspannungsgleichstromübertragung oder Stromversorgungen im ein- oder zweistelligen Voltbereich. Energie- und Materialeffizienz sowie zusätzliche Funktionalitäten gegenüber einer AC-Lösung sind Argumente für DC-Lösungen.

Das Ergebnis der Branchenbefragung zeigt deutlich, dass Gleichstromtechnik ein wichtiges Thema für die in österreichische Wirtschaft -von Großkonzernen bis hin zu KMUs- ist. Von über 50 kontaktierten Unternehmen haben 23% Angaben zu ihren DC-Produkten und Zielmärkten gemacht. Die Hersteller für DC-Komponenten in Österreich sind mit einer breiten Produktpalette in fast allen für Europa relevanten DC-Märkten vertreten. Die vier relevantesten Zielmärkte sind DC-Ladesysteme (24%), Energieerzeugung und Speicherung (18%), Energieverteilung (16%) und Bahnstromversorgung (16%). Die Unternehmen adressieren alle den Weltmarkt für DC-Produkte und richten sich nach internationalen Anforderungen für DC-Komponenten aus. Ein Großteil (73%) der Unternehmen adressiert den Bereich Niedrigst- und Niederspannung (Bordnetze, Beleuchtungssysteme, DC-Ladung, Schweißtechnik, Stromversorgungen, Versorgungsnetze etc.). 19% sind mit Lösungen im Bereich Mittelspannungs-DC aktiv, 8% befassen sich mit Hochspannungsgleichstromsystemen.

Netzbetreiber sehen Potenziale bei Ausbauten und Kapazitätserweiterungen

Die Entwicklung von DC-Verteilernetzen steht erst am Anfang. 2019 wurden weltweit 14 DC Verteilernetzpielen in sieben Ländern erhoben [2]. Derzeit ist in Österreich kein DC-Projekt im öffentlichen Netz geplant. Die österreichischen Netzbetreiber beobachten das Thema und sehen grundsätzlich Potenziale der Technologie bei

1. Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge
2. DC-Sammelnetzen für die Integration von Wind und PV, sowie
3. erhöhter Leitungskapazität von DC-Betrieb von AC-Leitungen.

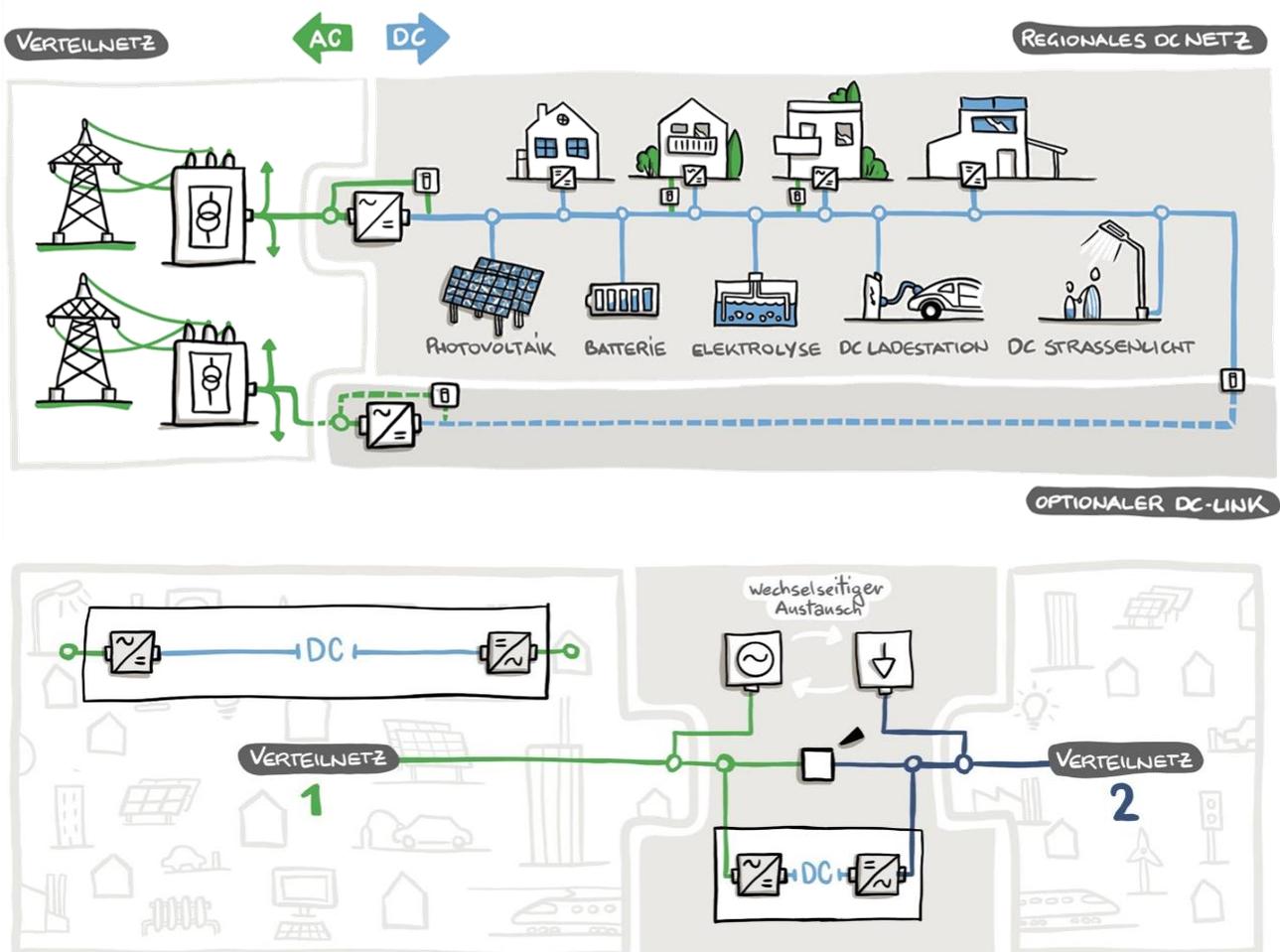
Aktuell werden fehlende Wirtschaftlichkeit, zu geringe Vorteile und fehlende Systemkomponenten als Hinderungsgründe für den Einsatz von DC angesehen. Auch fehlende Normen spielen eine Rolle.

Vom Labor ins Feld

Für die Entwicklung neuer DC-Komponenten und -Systeme stehen in Österreich leistungsfähige Validierungs- und Prüfeinrichtungen zur Verfügung. Forschungsinstitute in projektbezogener Kooperation mit Herstellern sind auch in mehreren, teils öffentlich geförderten DC-Entwicklungsprojekten aktiv [1]. Um den Forschungs- und Entwicklungsstand Österreich im Bereich der Gleichstromtechnik weiter zu stärken, ist es daher sinnvoll, technisch relevante und sichtbare DC-Pilotprojekte umzusetzen, welche die heute bereits verfügbaren DC-Systeme und neueste Prototypen vor den Vorhang holen und den Stand der Technik und die Fortschritte in Forschung und Entwicklung sichtbar machen. In Feldumgebung können praktische Erfahrungen mit den neuen Technologien gesammelt werden, belastbare Aussagen zu Kosten und Vorteilen getroffen werden und Entwicklungs- wie auch Normungslücken abgeleitet werden.

Pilotprojekte in Nieder- und Mittelspannung

Das Ziel der in der Studie entwickelten Pilotprojekte ist es, die Vorteile von DC-Technologien zu demonstrieren und technisch/wirtschaftlich zu untersuchen. Im Vergleich zur AC-Standardlösungen ergibt sich durch die AC/DC-Umrichter eine Flexibilisierung des elektrischen Verteilnetzes und bei Verwendung der gleichen Kabelquerschnitte eine höhere Aufnahmekapazität für DC-Erzeuger (z.B. Photovoltaik) und neue DC-Lasten (z.B. Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge), welche in ein DC-Netz mit potenziell weniger bzw. effizienteren Umwandlungsstufen eingebunden werden können als in ein AC-Netz. Die folgenden Abbildungen zeigen die Konzepte des Niederspannungs-DC-Piloten (oben) und des Mittelspannungs-DC-Piloten (unten).



Der Niederspannungs-DC-Pilot (LVDC-Pilot) adressiert einen Siedlungs- oder Energiegemeinschaftskontext, in dem bereits heute DC-Anwendungen mit signifikanten Leistungen auftreten können, z.B. Photovoltaikanlagen, Batteriesysteme, DC-Ladestationen, oder DC-Beleuchtung. Eine solche DC-Verteilung kann sowohl als öffentliches Netz als auch als private Installation ausgeführt sein. Der LVDC-Pilot kann im Rahmen einer solchen Wohn- und/oder Gewerbesiedlung umgesetzt werden.

Der Mittelspannungs-DC-Pilot (MVDC-Pilot) beinhaltet als technische Anwendungen zwei mögliche Teilprojekte in Form einer entfernungs­mäßig ausgedehnten Punkt-zu-Punkt-Verbindung innerhalb eines städtischen oder regionalen Verteilnetzes sowie einer DC-Kurzkupplung zur Verbindung von zwei entsprechenden Verteilnetzen. Beide Teilprojekte können unabhängig voneinander im Mittelspannungsbereich von 10 kV – 30 kV angesiedelt werden. Das MVDC-Pilotprojekt ermöglicht neben dem DC-Betrieb von AC-Leitungen mit erhöhter Übertragungskapazität insbesondere eine gezielte Lastflusssteuerung im Verteilnetz.

Acht Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Die Branchenbefragung hat klar gezeigt, dass die österreichische Industrie mit einem breiten Produktportfolio den Weltmarkt von DC-Anwendungen adressiert. Auch auf der Infrastrukturseite werden von den Stromnetzbetreibern einzelne DC-Anwendungsfälle als betrachtenswert eingestuft. Daher empfehlen die Studienautoren die folgenden acht Punkte.

1. Adressierung industrierelevanter DC-Forschungsthemen

Um die Relevanz der Pilotprojekte sicher zu stellen, ist ein Fokus auf technische und wirtschaftliche Vorteile der DC-Technologie zu legen. Die Wirkung des Projektes sollte dadurch entstehen, dass eine möglichst praxisnahe, d.h. reale Versorgungsaufgabe durch innovative DC-Systemtechnik gelöst wird. Das Umgehen mit der neuen Technologie kann neue Anwendungsgebiete eröffnen.

2. Herstellen von Sichtbarkeit durch Pilotcharakter

Um hohe Sichtbarkeit und Reichweite der Projekte zu erreichen, sollte ihnen ein klarer Pilotcharakter gegeben werden. Das heißt, dass ein Großteil der Projektergebnisse offen verfügbar sein sollen, und der „Projektschauplatz“ sollte erreichbar und besuchbar sein.

3. Konsortien entlang von exemplarischen Wertschöpfungsketten aufsetzen

Die Reichweite der Piloten kann zusätzlich vergrößert werden, wenn im Projekt mehrere Wertschöpfungsketten zu DC-Technologien mit entsprechenden Partnern (z.B. Komponentenhersteller – Systemhersteller – Stromnetzbetreiber) vertreten sind.

4. Umsetzung von zwei Piloten verfolgen

Der Umsetzungsprozess für Pilotprojekte sollte zumindest für die beiden vorgeschlagenen Ausprägungen „LVDC“ und „MVDC“ (siehe Kapitel 5) verfolgt werden. In einem einzelnen Pilotprojekt die gesamte Breite des Themas und das Spektrum sinnvoller Partner abzudecken, erscheint nicht sinnvoll. Auch im Sinne eines Risikomanagements sollten mehrere Piloten verfolgt werden.

5. In den Pilotprojekten DC-Technologieentwicklung durchführen

Bei der DC-Technologie handelt es sich (auch) um eine Systemtechnologie, bei der viele einzelne, teilweise neue Komponenten in einem Systemverbund zusammen funktionieren müssen. Ziel ist es, mit solchen Systemen praktische Erfahrungen zu sammeln. Mit solchen Systemen sollen anwendungsnahe Erfahrungen gesammelt werden, bei denen weitgehend auf erprobte Technik aufgesetzt wird, um die reale Versorgungs-

aufgabe zuverlässig zu erfüllen. Spezifische Teile (siehe Forschungsthemen) sollten jedoch durch neue Entwicklungen realisiert werden, ggf. mit einer redundanten konventionellen Ersatzlösung im Hintergrund.

6. Community-Effekt herstellen

Eine enge Vernetzung der für DC-Technologien relevanten Akteure kann durch die Piloten auch in inhaltlichen Bereichen, die von den Piloten nicht abgedeckt werden, geschehen. Dies kann z.B. durch Informationsveranstaltungen, Lenkungsgruppen, Diskussionsforen und nicht zuletzt auch den Besuch von DC-Umsetzungen in Europa (Studienreisen) geschehen. Dabei sollte durch die Pilotprojekte keine neuen Organisationen geschaffen werden, sondern bestehende Institutionen in Ihrer Arbeit im Bereich DC gestärkt werden.

7. Längerfristige Umgebung für DC Technologieentwicklung schaffen

Die vorgeschlagenen Pilotprojekte stellen ein erster Schritt für eine nachhaltige Standortentwicklung im Bereich von DC-Technologien dar. Ziel sollte sein, Technologie-Knowhow und -Souveränität in Österreich zu verankern. Ein längerer Zeithorizont als die veranschlagten drei Jahren Laufzeit eines F&E-Projektes wird dafür notwendig sein. Mit den Piloten und weiteren Maßnahmen sollte ein längerfristiger „Katalysatoreffekt“ angestrebt werden. Eine unterstützende Maßnahme sollte auch die längerfristige Verankerung des Themas DC in Innovationsförderprogrammen sein.

8. Kommitte der Industrie abholen, sich an einer Projektentwicklung zu beteiligen

Technologieentwicklung und Pilotprojekte im Bereich Gleichstromtechnik dürfen keinen Selbstzweck erfüllen. Dementsprechend sind Industrievertreter und Infrastrukturbetreiber aktiv in Ausarbeitung und Umsetzung der Piloten einzubinden bzw. sollten auch eine führende Rolle darin übernehmen. Die OVE DC Initiative kann diesen Prozess aufsetzen und weiter abstimmen.

INHALT

1	AUFTRAG	9
1.1	AUSGANGSLAGE	9
1.2	AUFGABE DER STUDIE	9
2	METHODE	11
3	BRANCHENANALYSE ÖSTERREICH	12
3.1	HERSTELLER/ANWENDER.....	12
3.2	VERTEILERNETZBETREIBER	15
3.3	FORSCHUNG	23
4	ABLEITUNG GEEIGNETER DC-PILOTEN	26
4.1	RELEVANTE FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSTHEMEN	26
4.2	STRATEGISCHE WAHL VON DC-ANWENDUNGSGEBIETEN.....	26
4.3	LVDC-PILOT	28
4.4	MVDC-PILOT.....	31
5	ANALYSE DER UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN	34
5.1	LVDC-PILOT	34
5.2	MVDC PILOT	35
6	EMPFEHLUNGEN	37
7	REFERENZEN	39
	ANHANG: FRAGEBÖGEN DER BRANCHENBEFRAGUNG	41
	HERSTELLER/ANWENDER	41
	NETZBETREIBER.....	45
	FORSCHUNGSINSTITUTIONEN	48

1 AUFTRAG

Die Bedeutung von DC in künftigen elektrischen Energiesystemen wurde weltweit erkannt und spiegelt sich in einer steigenden Anzahl von dazu erscheinenden Publikationen, Patentanmeldungen und ersten Referenzprojekten wider. Die DC-Initiative des OVE soll österreichische Unternehmen bei der Entwicklung von DC-Produkten und -Systemen technologisch unterstützen und mit der Forcierung von angewandter Forschung im Bereich Gleichstromtechnik Grundlagen- und Praxis-Know-how für DC-Systeme in Österreich und Europa ausbauen. Ziel ist einerseits die Entwicklung und Produktion von Schlüsseltechnologien in Europa, andererseits die Fähigkeit zu erlangen, DC-Produkte für den Einsatz in bestehenden und zukünftigen Anwendungen zu qualifizieren und sicher zu betreiben. In diesem Zusammenhang wird die Umsetzung von österreichischen Pilotprojekten im DC-Bereich als geeignete Maßnahme gesehen, die Entwicklung in Richtung dieses Ziels zu verfolgen.

1.1 Ausgangslage

Im April 2022 hat der OVE das Positionspapier „DC-Technologien für die Energiewende“ veröffentlicht [1]. Darin werden, ausgehend von einer Betrachtung der internationalen Entwicklung, die technische und strategische Bedeutung von Technologieentwicklung im Bereich Gleichstromtechnik erläutert. Parallel dazu hat auch die Europäische Union 2021 begonnen, das Thema Gleichstrom in den „Strategic Energy Technology Plan“¹ zu integrieren. Dies geschieht dort im Kontext von Übertragungs- und Verteilnetzen (Hoch- und Mittelspannung). Während in vielen Ländern zuerst das Thema von Hochspannungs-Gleichstromverbindungen im Kontext von DC gesehen wird, spielen für Österreich aufgrund der hier aktiven Hersteller und der Topografie primär (aber nicht ausschließlich) DC-Anwendungen im Mittel- und Niederspannungsbereich eine Rolle. In CIRED (Congrès International des Réseaux Electriques de Distribution), die sich vor allem auf den Bereich Mittel- und Niederspannung fokussiert, existiert seit 2019 eine Arbeitsgruppe zu DC-Netzen². Im Bericht dieser Arbeitsgruppe [2] werden die Anwendungsfälle von DC im Bereich öffentlicher Netze analysiert und Vorteile wie höhere Effizienz durch weniger Umwandlungsstufen, mehr Flexibilität beim Netzbetrieb oder erhöhte Übertragungskapazität existierender Leitungen beschrieben. Diese Arbeit dient als eine Grundlage für die vorliegende Studie. Jedoch entwickeln sich DC Systeme auch zu einem signifikanten Teil abseits der öffentlichen Stromnetze. Hier muss zuerst die rasante technische Entwicklung im Bereich DC-Bordnetze der Elektromobilität genannt werden. Im Bereich Bahnstromversorgung (in Österreich v.a. U-Bahn, Straßenbahn, O-Busse) ist DC bereits sehr lange etabliert. DC ist aber auch relevant für Schiffe und zunehmend auch für Flugzeuge. Gerade das Thema Effizienz und weniger Umwandlungsstufen zwischen AC und DC führt im Bereich von elektrischer Industrierversorgung zu zahlreichen Umsetzungsprojekten. Eine der bekanntesten ist sicherlich das deutsche Projekt „DC-Industrie“³. In Summe gesehen sind die damit einhergehenden technischen Entwicklungen und Anwendungen von Gleichstromtechnik sehr umfangreich und vielfältig.

1.2 Aufgabe der Studie

Ziel der Studie ist die Spezifikation von geeigneten DC-Pilotprojekten und Analyse deren Umsetzungsmöglichkeiten. Mit der Entwicklung sichtbarer Pilotprojekte im Bereich der Gleichstromtechnik auf Mittel- und/oder Niederspannungsebene (MV/LV-DC) in Kooperation von Forschung, Herstellern und

¹ https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/strategic-energy-technology-plan_en, zuletzt besucht 12.05.2022

² <http://www.cired.net/cired-working-groups/dc-distribution-networks-wg-2019-2>, zuletzt besucht 12.05.2022

³ <https://dc-industrie.zvei.org/>, zuletzt besucht 12.05.2022

Energieunternehmen werden die Voraussetzungen geschaffen, Österreich als Innovationsstandort im Bereich MV/LV-DC zu etablieren. Damit wird die österreichische Wirtschaft und Energiewirtschaft nachhaltig dabei unterstützt, innovative DC-Lösungen zu entwickeln und Österreich als führende Innovationsplattform in dieser wichtigen Zukunftstechnologie etabliert.

1.2.1 Spezifikation von DC-Piloten

Unter Einbeziehung der relevanten österreichischen Akteure im Kontext der OVE-DC-Initiative sowie aus der Beobachtung des internationalen Stands der Technik im Bereich Gleichstromtechnik werden mögliche österreichische DC Pilotprojekte abgeleitet. Dazu gehört

1. die Definition der strategischen Positionierung
2. die adressierten Forschungsfragen
3. möglichst hoher Nutzen der Ergebnisse für Industrie und Infrastrukturbetreiber
4. die Wahl geeigneter Methoden für die Umsetzung
5. und ggf. weitere Aspekte

Gegenstand der Studie ist die Abstimmung der strategischen Ausrichtung der Pilotprojekte unter den beteiligten Forschungspartnern und insbesondere mit den Akteuren aus der österreichischen Industrie. Primäre Zielgruppe sind die Teilnehmer des im Jahr 2021 organisierten DC-Workshops des OVE. Bei Bedarf werden weitere Akteure hinzugezogen. Die Pilotprojekte sollen praktische Umsetzungen von DC-Technik in einem oder mehreren geeigneten Anwendungsfeldern beinhalten. Die genaue Festlegung des angepeilten Technology Readiness Levels und des Umfangs der praktischen Umsetzung ist Gegenstand des jeweiligen Pilotprojektes und nicht Ziel dieses Vorhabens.

Meilenstein 1: Ergebnis von Teil 1 ist eine konkrete Projektskizze mit Arbeitspaketen, Methodenbeschreibung, Kostenschätzung, Impact-Beschreibung und sinnvollen flankierenden Maßnahmen.

1.2.2 Analyse der Umsetzungsmöglichkeiten

Die Finanzierungsmöglichkeiten und Modalitäten der Umsetzung wurde in der Studie skizziert. Dazu gehören:

1. potenzielle Projektpartner
2. Standorte für potenzielle Umsetzungen
3. Vernetzungsmöglichkeiten durch die Pilotprojekte
4. Finanzierungsmöglichkeiten
5. Potenzielle organisatorische, regulatorische und technische Herausforderungen
6. Nachnutzungsszenarien
7. ggf. weitere Aspekte

Gegenstand dieses Teils war das Prüfen der Umsetzungsmöglichkeiten des in Teil 1 entwickelten Pilotprojektes.

Meilenstein 2: Klarheit über die Voraussetzungen zur weiteren Umsetzung.

2 METHODE

Die Studie wurde durch das Konsortium aus

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Center for Energy,
- Technische Universität Graz, Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement,
- Fachhochschule Oberösterreich, Research Center Wels, Center of Excellence Energie

erarbeitet. Das Konsortium bringt langjährige Expertise und Hintergrundwissen zum Thema Gleichstromtechnik ein. Dies gilt für den Bereich der Forschung (Koordination von signifikanten F&E-Projekten), bei der Charakterisierung von DC-Komponenten im Labor und im Bereich elektrisch-physikalischer Phänomene im Kontext zu Gleichstromtechnik auf allen praxisrelevanten Spannungsebenen. Das Konsortium verfügt zusätzlich über ausgezeichnete Netzwerke in die Industrie und in internationalen Gremien wie IEC, CIGRE, CIGRE etc.

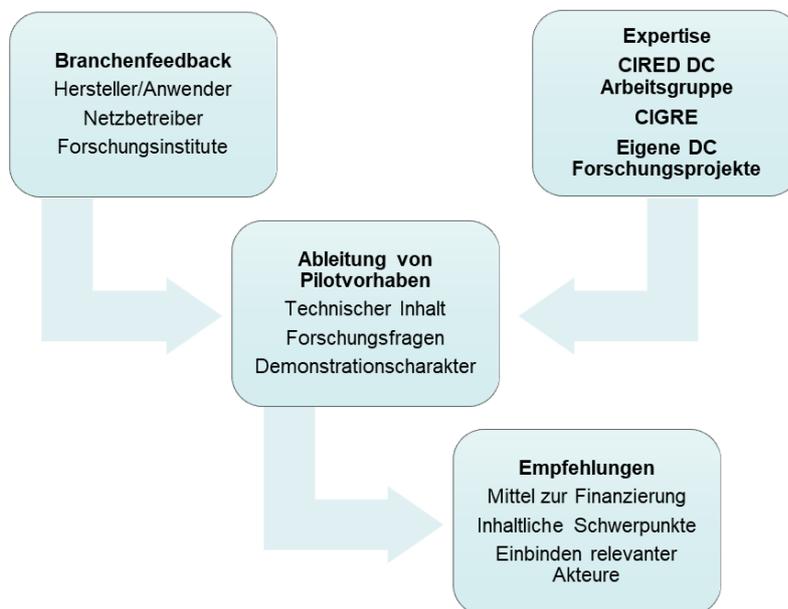


Abbildung 1: Überblick zur Methode der Studie

Um die Inhalte der entwickelten Pilotprojekte möglichst gut auf die Interessenslage in der österreichischen Elektrotechnik-Branche abzustimmen, wurde eine Branchenbefragung durchgeführt. Im Fokus standen hier die drei Zielgruppen Hersteller/Anwender, Netzbetreiber und Forschungsinstitute. Für jede dieser Zielgruppen wurde ein spezifischer Fragebogen erstellt (siehe Anhang) und an alle bekannten Branchenvertreter:innen ausgesandt. Bei der Ausarbeitung der Fragen wurden Erkenntnisse aus der Expertise des Konsortiums, der CIGRE DC Arbeitsgruppe [2], der Arbeit in CIGRE [3] und thematisch passender Forschungsprojekte berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Branchenbefragung ist in Kapitel 3 dargestellt. Wie in Abbildung 1 gezeigt, wurden aus dem Ergebnis der Befragung die Pilotvorhaben abgeleitet. In einem letzten Schritt wurden dann, entsprechend der in Kapitel 1.2 dargestellten Aufgaben, Empfehlungen für die Umsetzung erarbeitet.

3 BRANCHENANALYSE ÖSTERREICH

Als wesentliche Grundlage für die Analyse dieser Studie wurde eine Exper:tinnenbefragung in den Bereichen Hersteller/Anwender, Netzbetreiber und Forschung durchgeführt. Insgesamt 80 Akteur:innen der österreichischen Elektrotechnik-Branche wurden kontaktiert und gebeten, einen zielgruppenspezifischen Fragebogen auszufüllen. Der genaue Wortlaut der Fragebögen ist im Anhang einsehbar.

3.1 Hersteller/Anwender

Die größte befragte Zielgruppe waren die der Hersteller von DC-Technologien und deren Anwender. Es wurden 52 Anfragen an Komponenten- und Systemhersteller aus den Bereichen E-Mobilität, Stromnetzkomponenten, Schaltgeräte, Sensorik und weitere versendet. Abgefragt wurden unter anderem Art und Größe der Organisation, DC-Zielmärkte und angebotene Lösungen, Spannungsebenen, Polanordnung, F&E Projekte, sowie die aus Sicht des jeweiligen Unternehmens meist-versprechende DC-Lösungen.

3.1.1 Rücklauf und Datengrundlage

Mit insgesamt 12 Antworten wurde eine 23%ige Rücklaufquote erreicht. Aufgrund der hohen Bandbreite, der in Österreich im DC-Kontext aktiven Firmen können die Ergebnisse nicht als repräsentativ angesehen werden. Trotzdem geben die Antworten eine Einsicht in die relevanten Aktivitätsbereiche, wobei aufgrund des eingeschränkten Rücklaufes tendenziell eher noch mehr als die im folgenden präsentierten Themen relevant sind. So war z.B. der Bereich Hersteller für E-Mobilitäts-Bordnetze im Rücklauf eher unterrepräsentiert. Abbildung 2 bis 10 geben einen Überblick über die Ergebnisse der Befragung in dieser Zielgruppe. Bei vielen der befragten Firmen handelt es sich um internationale Konzerne mit Niederlassung in Österreich. Die Darstellung berücksichtigt jeweils die gesamte Produktpalette dieser Unternehmen.

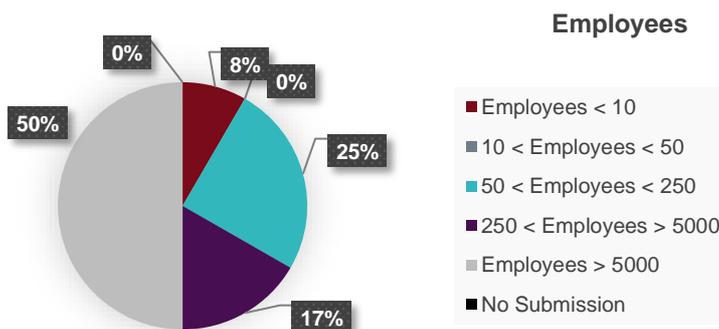


Abbildung 2:
Mitarbeiteranzahl
der befragten Firmen

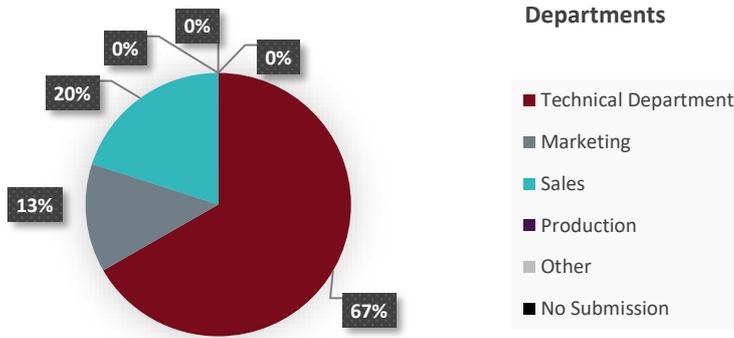


Abbildung 3:
Firmen-Abteilung
der befragten
Expertinnen und
Experten

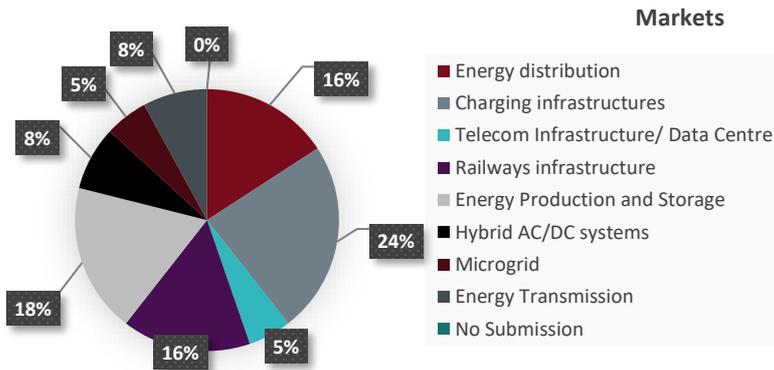


Abbildung 4: Mit DC-
Produkten
adressierte Märkte

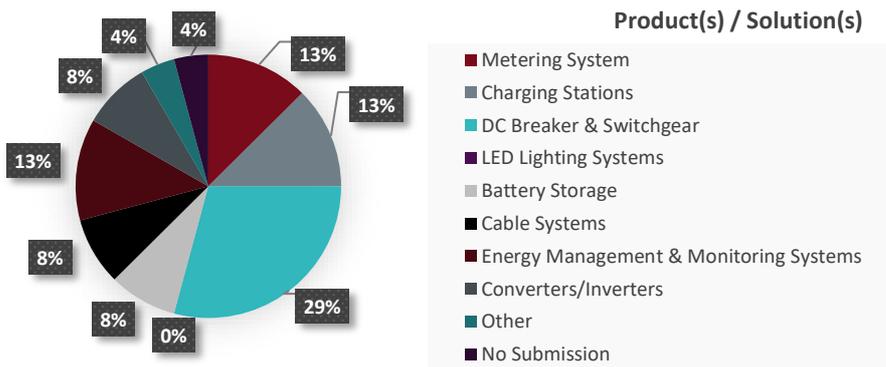


Abbildung 5: DC
Produkte

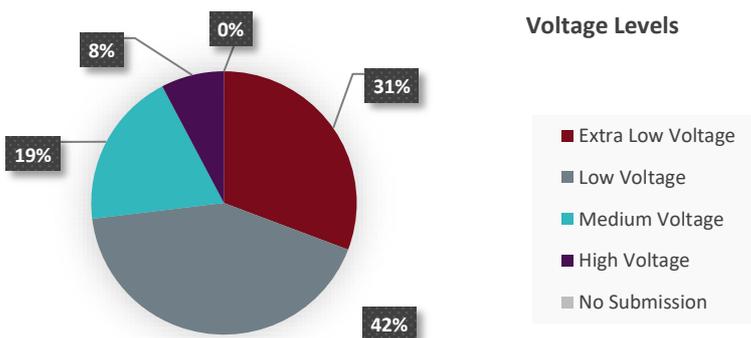


Abbildung 6: Ziel-
Spannungsebenen
für DC Produkte

Geographical Areas

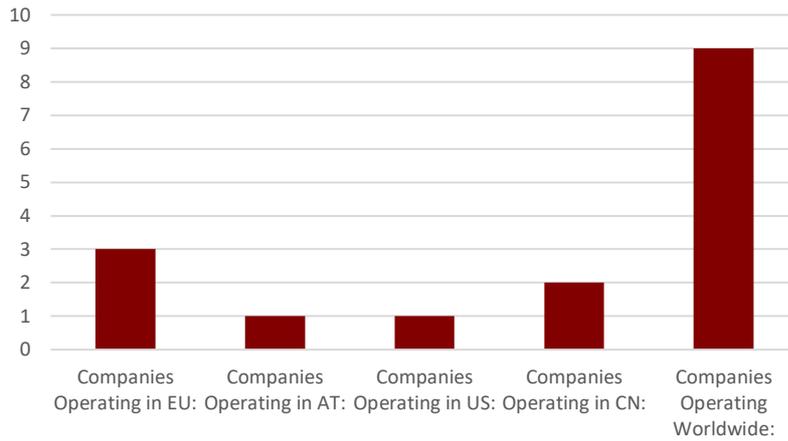


Abbildung 7:
Geographische Lage
der Zielmärkte

Voltage Polarities

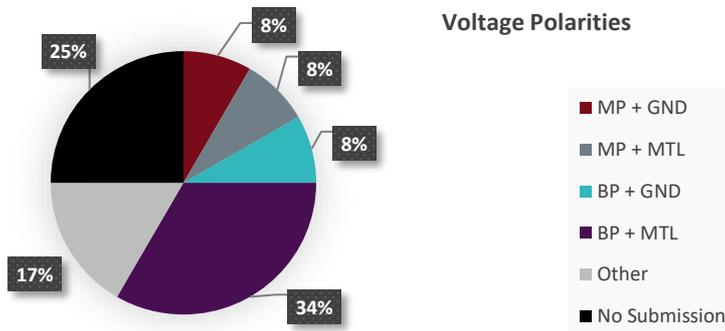


Abbildung 8:
Verwendete
Polanordnungen

Switching device

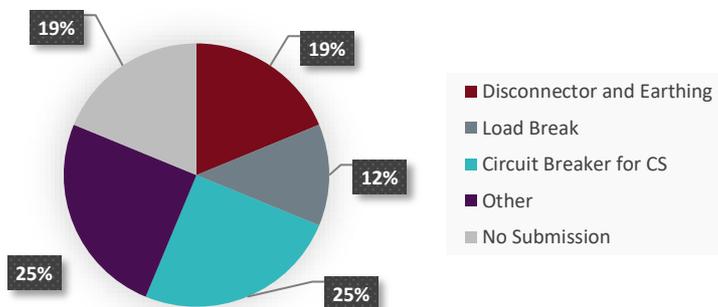


Abbildung 9:
Schaltgeräte-
Konfigurationen

Standards and Drafts

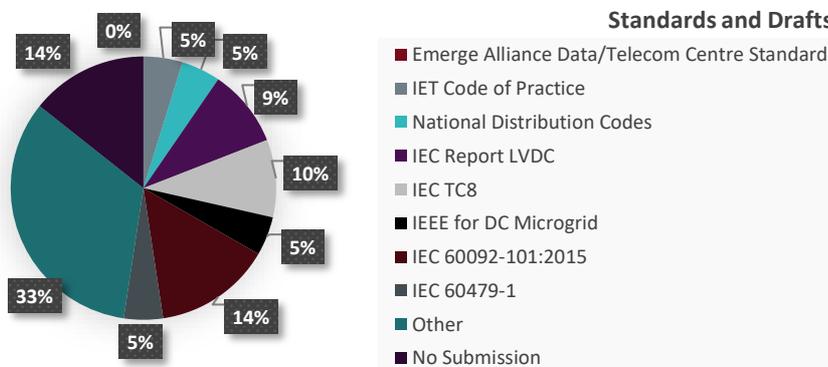


Abbildung 10:
Relevante DC
Standards und
Standard-Entwürfe

DC-Systembetrieb

Schutzkonzepte und –Komponenten (z.B. Hybrid- oder Solid-State-Lösungen)

Systemansatz und Komponenten für Isolation, Erdung

Kosten- und energieeffiziente DC/AC-Umrichter

Design-Guidelines für DC-Systeme

Genannte
Forschungs- und
Entwicklungsthemen

3.1.2 Ergebnisse

Der Rücklauf der Fragebögen zeigt deutlich, dass Gleichstromtechnik ein wichtiges Thema für die in österreichische Wirtschaft -von Großkonzernen bis hin zu KMUs- ist. Die Hersteller für DC-Komponenten in Österreich sind bezüglich adressierter Zielmärkte und das Produktportfolio breit aufgestellt. Die vier relevantesten Zielmärkte sind DC-Ladesysteme (24%), Energieerzeugung und Speicherung (18%), Energieverteilung (16%) und Bahnstromversorgung (16%). Die Unternehmen adressieren alle den Weltmarkt für DC-Produkte und richten sich nach internationalen Anforderungen für DC-Komponenten. Ein Großteil (73%) der Unternehmen adressiert den Bereich Niedrigst- und Niederspannung (Bordnetze, Beleuchtungssysteme, DC-Ladung, Schweißtechnik, Stromversorgungen, Versorgungsnetze etc.). 19% sind mit Lösungen im Bereich Mittelspannungs-DC aktiv, 8% adressieren Hochspannungsgleichstromsysteme. Sämtliche gängigen Polanordnungen sind relevant.

3.2 Verteilernetzbetreiber

Die in der Folge dargestellten Umfrageergebnisse stammen von Verteilernetzbetreibern, deren Erfahrungen und zukünftige Anwendungsfälle für Gleichstromsysteme erhoben wurden. Der Fokus lag auf Niederspannung (0 - 1,5 oder +/- 0,75 kV) bzw. Mittelspannung (bis zu 100 oder +/-50 kV).

3.2.1 Fragen und Rücklauf

Insgesamt wurden zwölf österreichische Verteilernetzbetreiber angeschrieben (die jeweiligen „Landesnetzbetreiber“ sowie jene der größeren österreichischen Städte). Mit insgesamt acht Teilnahmen wurde eine Rücklaufquote von 66,6% erreicht.

In Rahmen des Fragebogens wurden mehrere DC-Anwendungsfälle im Bereich öffentlicher Verteilernetze aufgelistet. Diese sind aus aktuellen CIRE⁴ und CIGRE⁵ Berichten extrahiert.

Im Zuge der Befragung wurden folgende Punkte erhoben:

- Haben Sie sich schon mit dem Thema DC beschäftigt?
- Bewertung der DC Anwendungsfälle aus CIRE⁴ Working Group: Relevanz und Bewertung mögliche Vorteile
- Abfrage laufender oder geplanter Netz- oder Forschungsprojekte
- Nennung möglicher Herausforderungen für DC Technologien in öffentlichen Versorgungsnetzen

Entsprechend dieser Gliederung und der Anwendungsfälle, sind in den folgenden Kapiteln die Antworten der Verteilernetzbetreiber ausgewertet.

3.2.2 DC als Thema

Auf die Frage, ob sie sich schon mit dem Thema DC beschäftigt haben, antworteten 25% mit sehr selten, 38% mit selten und 38% mit gelegentlich. Somit haben sich grundsätzlich alle befragten Personen schon einmal mit dem Thema beschäftigt, wobei es jedoch noch keine intensive Auseinandersetzung damit gab.

⁴ CIRE⁴: <http://www.cired.net/cired-working-groups/dc-distribution-networks-wg-2019-1>

⁵ CIGRE: <https://electra.cigre.org/309-april-2020/technical-brochures/medium-voltage-direct-current-mvdc-grid-feasibility-study.html>

3.2.3 Anwendungsfälle

Folgende exemplarische Anwendungsfälle (AF) in öffentliche Stromversorgungsnetzen werden in der Folge dargestellt und bewertet:

- AF1 - Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge
- AF2 – Niederspannungs-AC/DC Hybridnetz zur Anbindung von PV, Elektromobilität und Speicher
- AF3 - DC Anbindung entfernter Kunden (Mittel- und Niederspannung)
- AF4 - DC Verbindung zwischen zwei Mittelspannungs-AC-Netzen
- AF5 - Erhöhte Leitungskapazität durch DC Betrieb von AC Leitungen
- AF6 - DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV

AF1 - Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge

Gegenstand sind DC-Abzweige in Niederspannungsnetzen zur Versorgung von Ladeinfrastruktur mit höherer Ladeleistung. Die Relevanz des Anwendungsfalles und mögliche Vorteile werden folgendermaßen beurteilt:

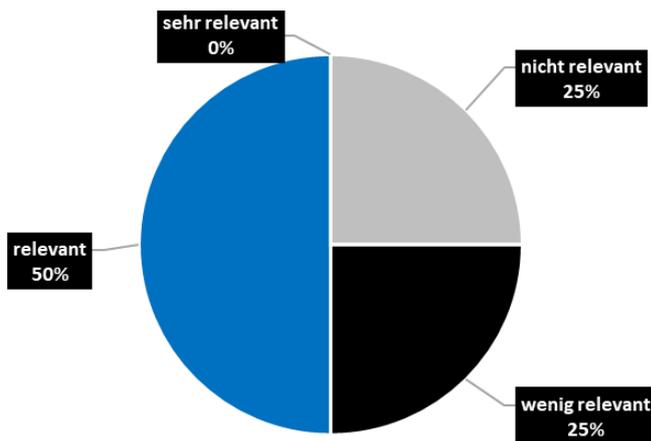


Abbildung 11: Relevanz Anwendungsfall Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für elektrische Fahrzeuge

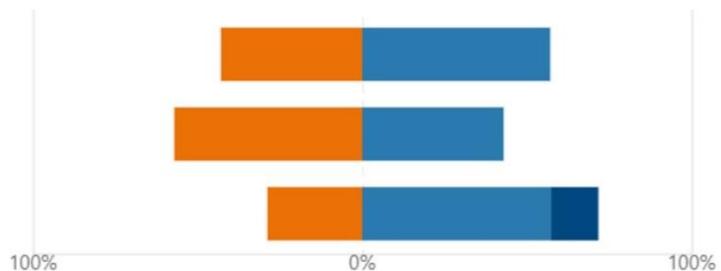
Abbildung 12: Auswertung Vorteile Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge ↓

■ kein Vorteil ■ geringer Vorteil ■ Vorteil ■ großer Vorteil

Geringere Kabelerwärmung als im AC-Fall, damit höhere Anzahl von Ladestationen pro Abzweig...

Geringerer Spannungsabfall

Höhere Stromtragfähigkeit



AF 2 – Niederspannungs-AC/DC Hybridnetz zur Anbindung von PV, Elektromobilität und Speicher

Gegenstand des Anwendungsfalls ist ein hybrider Niederspannungsabzweig (AC und DC) ab der Ortsnetzstation zur Anbindung klassischer AC Anwendungen und DC für Elektromobilität, PV und Speicher (siehe Abbildung 12).

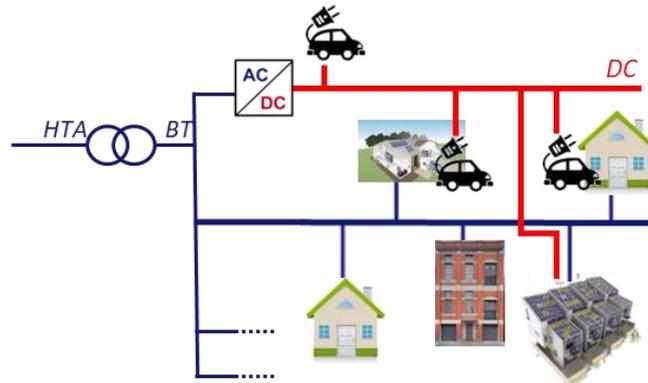


Abbildung 12: LV AC/DC Hybridnetz zur Anbindung von PV, Elektromobilität und Speicher

Die Relevanz des Anwendungsfall und mögliche Vorteile werden folgendermaßen beurteilt:

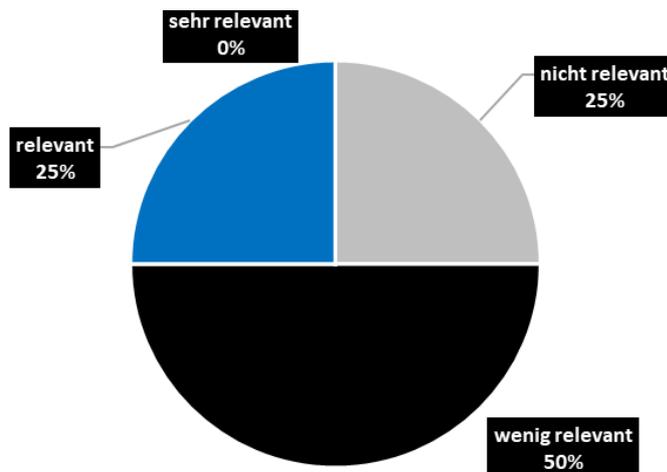
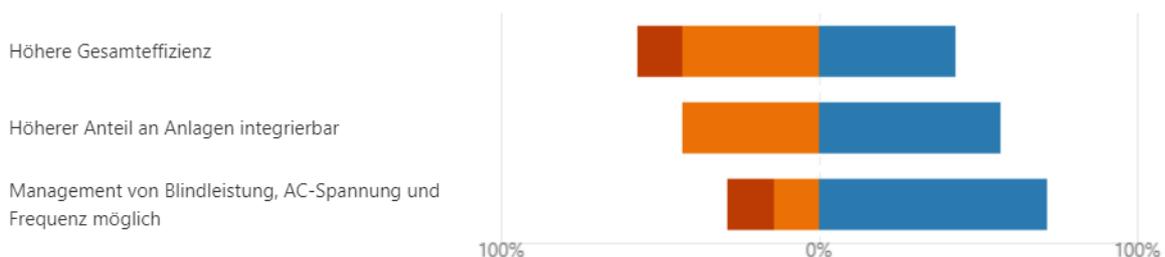


Abbildung 14: Relevanz Anwendungsfall Niederspannungs-AC/DC Hybridnetz zur Anbindung von PV, Elektromobilität und Speicher

Abbildung 15: Auswertung Vorteile LV AC/DC Hybridnetz zur Anbindung von PV, Elektromobilität und Speicher ↓

■ kein Vorteil ■ geringer Vorteil ■ Vorteil ■ großer Vorteil



AF 3 - DC Anbindung entfernter Kunden (Nieder- und Mittelspannung)

Gegenstand des Anwendungsfalles ist die Verwendung einer DC Anbindung für die Versorgung entfernter Kunden im Mittel- und Niederspannungsnetz. Beispielsweise ein Ersatz von 900 V Leitungen im Niederspannungsnetz.

Die Relevanz des Anwendungsfalles und mögliche Vorteile werden folgendermaßen beurteilt:

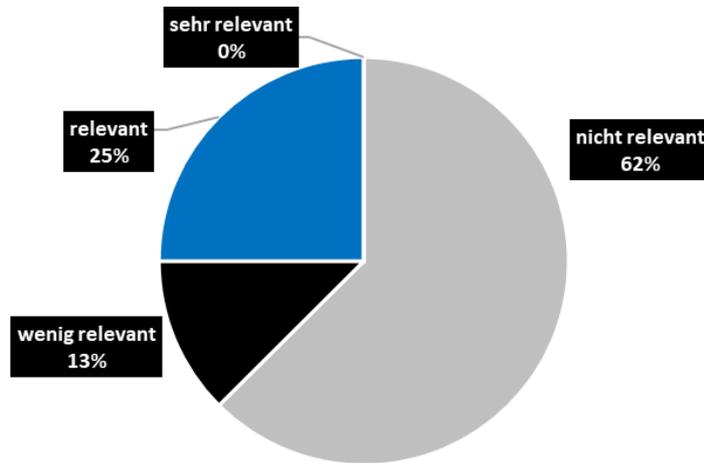
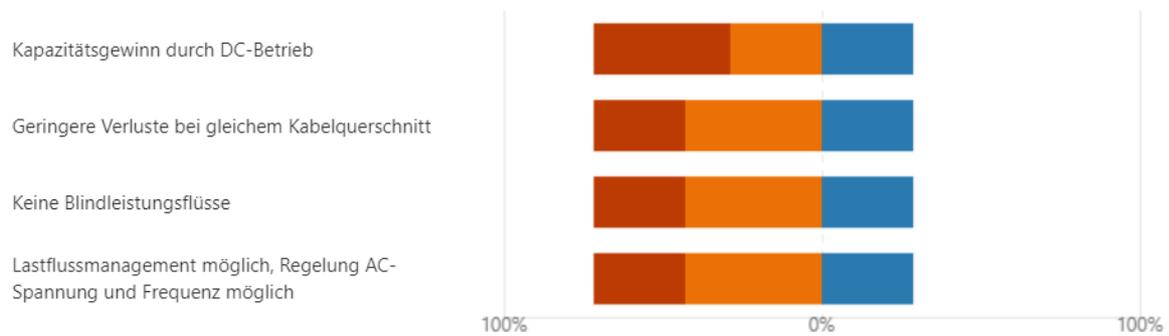


Abbildung 16: Relevanz Anwendungsfall DC Anbindung entfernter Kunden (Nieder- und Mittelspannung)

Abbildung 13: Auswertung Vorteile DC Anbindung entfernter Kunden (Nieder- und Mittelspannung) ↓

kein Vorteil geringer Vorteil Vorteil großer Vorteil



AF4 - DC Verbindung zwischen zwei Mittelspannungs-AC-Netzen

Gegenstand des Anwendungsfall sind MV-DC-Kopplungen wie in Abbildung 14 dargestellt.

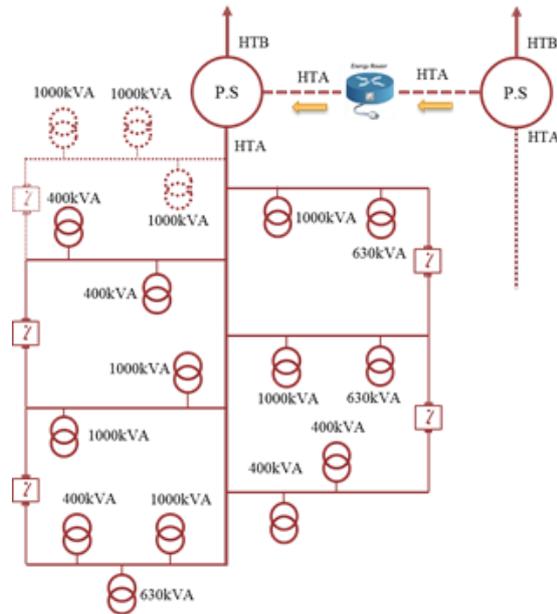


Abbildung 14: DC Verbindung zwischen zwei Mittelspannungs-AC-Netzen

Die Relevanz des Anwendungsfall und mögliche Vorteile werden folgendermaßen beurteilt:

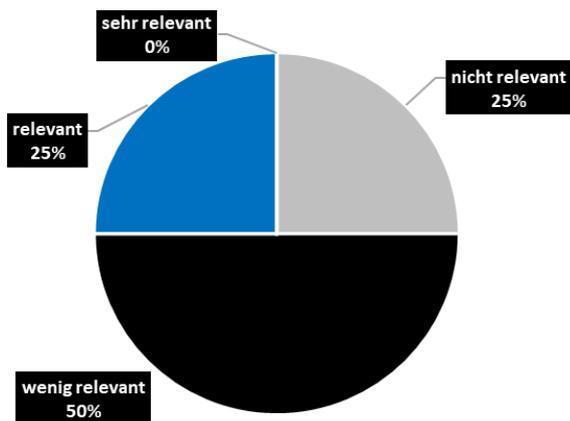


Abbildung 19: Relevanz Anwendungsfall DC Verbindung zwischen zwei Mittelspannungs-AC-Netzen

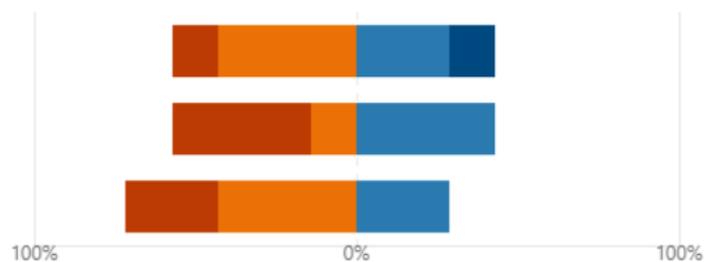
Abbildung 15: Auswertung Vorteile DC Verbindung zwischen zwei Mittelspannungs-AC-Netzen ↓

■ kein Vorteil ■ geringer Vorteil ■ Vorteil ■ großer Vorteil

Dauerhafte Redundanz zwischen den beiden Netzen, höhere Versorgungssicherheit

Lastoptimierung auf beiden Seiten

Verbindung von Netzen verschiedener Charakteristik (Phasenwinkel, Frequenz, Nennspannung) möglich...



AF 5 - Erhöhte Leitungskapazität durch DC Betrieb von AC Leitungen

Statt einer Netzverstärkung durch parallel AC Leitungen erfolgt ein DC Betrieb bestehender AC Infrastruktur. Die Relevanz des Anwendungsfalles und mögliche Vorteile werden folgendermaßen beurteilt:

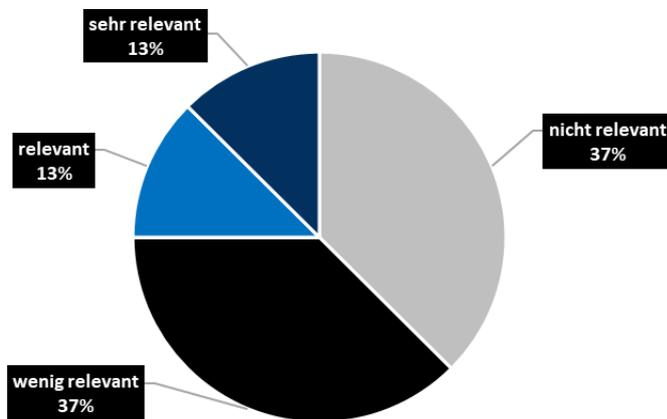
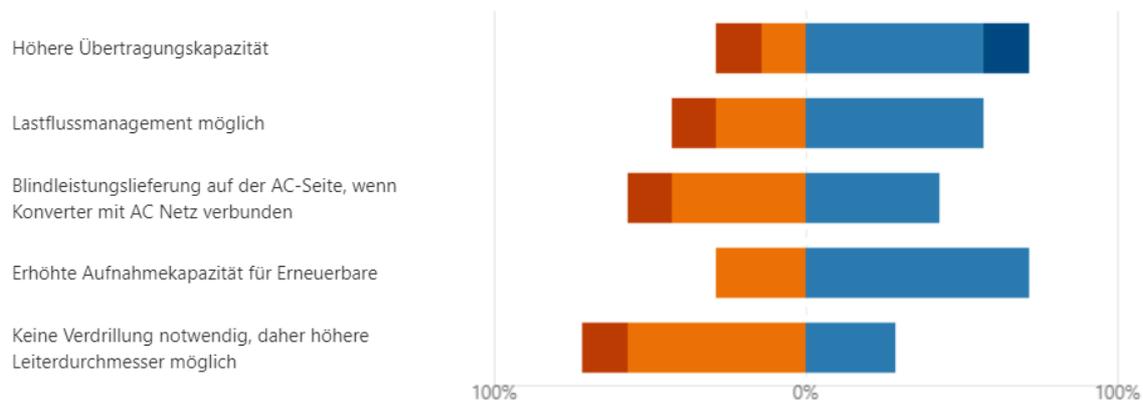


Abbildung 21: Relevanz Anwendungsfall Erhöhte Leitungskapazität durch DC Betrieb von AC Leitungen

Abbildung 16: Auswertung Vorteile Erhöhte Leitungskapazität durch DC Betrieb von AC Leitungen ↓

kein Vorteil geringer Vorteil Vorteil großer Vorteil



AF6 - DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV

Gegenstand des Anwendungsfalls sind DC-Netze auf Mittel- oder Niederspannungsebene, welche speziell für die Netzanbindung von Wind und PV errichtet und genutzt werden. Die Relevanz des Anwendungsfalles wurde folgendermaßen beurteilt:

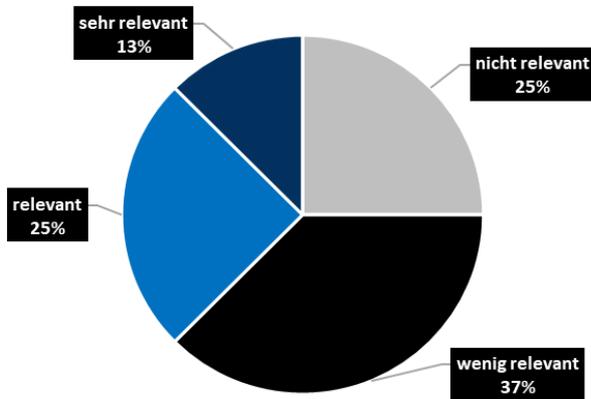


Abbildung 17: Relevanz Anwendungsfall DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV

Abbildung 18: Auswertung Vorteile DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV ↓

kein Vorteil geringer Vorteil Vorteil großer Vorteil



3.2.4 Erfahrungen und weitere Anwendungsfälle

Die Verteilnetzbetreiber wurden gefragt ob es schon eine Anwendung in laufenden Netz- oder Forschungsprojekten gibt bzw. ob sie etwas in Planung haben. Bei den teilnehmenden Netzbetreibern gibt es weder laufende Netz- oder Forschungsprojekte, noch ist etwas Konkretes geplant.

Als weiterer möglicher Anwendungsfall wurden mehrmals DC Anwendungen bei Kundenanlagen bzw. in der Industrie genannt (z.B. bei Power2X), die einer AC/DC Ankopplung ans öffentliche Verteilnetz bedürfen. Es wurde außerdem festgehalten, dass bei immer leistungsstärkeren DC-Ladestationen auch DC Netze an Bedeutung gewinnen könnten.

3.2.5 Mögliche Barrieren

Folgende Barrieren für den Einsatz von DC Technologien in öffentlichen Netzen werden wahrgenommen:

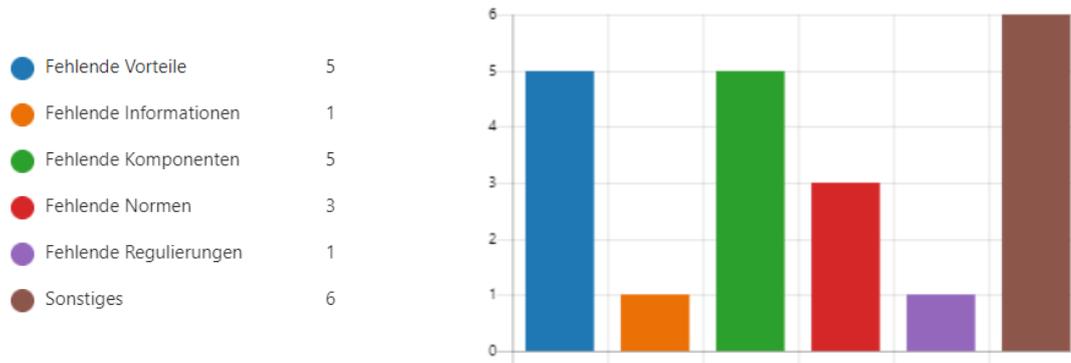


Abbildung 19: Barrieren für den Einsatz von DC Technologien in öffentlichen Netzen

Unter „Sonstiges“ wurden von den teilnehmenden Netzbetreibern folgende Barrieren genannt:

- Eine fehlende Wirtschaftlichkeit (4x) hinsichtlich Kosten von DC Technologien sowie durch einen parallelen Aufbau und Betrieb von AC und DC Netzen
- Hoher Integrationsaufwand der Technologien (1x)
- Fehlender Platz bei Kabelverlegung in Straßen und Gehwegen (1x)

3.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

DC Netze und DC Technologien finden derzeit noch keine breite Anwendung in österreichischen Verteilernetzen. Es gibt weder laufende Netz- oder Forschungsprojekte, noch sind zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie solche in Planung. Dennoch wurden die dargestellten Anwendungsfälle jeweils von 38% – 50% der teilnehmenden Netzbetreibern als relevant eingestuft. Die höchste Relevanz und meisten Vorteile werden in folgenden Anwendungsfällen gesehen:

1. Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge – AF1
2. DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV (Nieder- und Mittelspannung) – AF6
3. Erhöhte Leitungskapazität von DC-Betrieb von AC-Leitungen (Nieder- und Mittelspannung) – AF5

Die niedrigste Relevanz wird bei der Versorgung entfernter Kunden gesehen, wo auch 72% der Netzbetreiber keine Vorteile erkennen können.

Als größte Barrieren für den Einsatz von DC Technologien in öffentlichen Netzen werden jene hinsichtlich der fehlenden Wirtschaftlichkeit und des Fehlens von Komponenten empfunden.

3.3 Forschung

DC-Forschung wird in Österreich an Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Unternehmen durchgeführt. Insgesamt elf öffentliche Forschungseinrichtungen sind mit einem spezifischen Fragebogen zu DC-Forschungsthemen und Forschungsinfrastruktur kontaktiert worden (siehe Anhang). Der Fragebogen basiert auf der internationalen Umfrage der CIRED DC Arbeitsgruppe [2], um Vergleichbarkeit herzustellen.

3.3.1 Rücklauf und Datengrundlage

Die Studienautoren – selbst Vertreter der österreichischen DC-Forschung – haben ihre Netzwerke genutzt, um ein Bild der Institutionen zu erlangen, die im Bereich der Gleichstromtechnik aktiv sind. Von den elf angefragten Institutionen gab es sechs Rückmeldungen, davon zwei Leermeldungen.

3.3.2 DC-Forschungsfokus in Österreich

Abbildung 20 zeigt die Nennungen von Fokusthemen der Forschung im Kontext von Gleichstromtechnik, die in Österreich derzeit von Forschungsinstitutionen bearbeitet werden. Themen ohne Nennung schließen nicht aus, dass auch hier Forschung geschieht, da nur nach Schwerpunktthemen gefragt wurde. Intensive Aktivitäten sind sichtbar bei den Kernkomponenten wie DC/DC-Wandlern und AC/DC Wandlern (effiziente und kompakte Designs, Kostenreduktion), E-Fahrzeuge (Komponenten für Bordnetze und DC-Ladeinfrastruktur), sowie Niederspannungs-DC-Netze. Generell wird aber ein breites Spektrum der Themen adressiert, zu dem auch marine DC-Anwendungen und Regelungsfragen gehören. Lücken finden sich im Bereich Schutzkonzepte (hier geschieht Forschung und Entwicklung in Österreich in der Industrie, es ist aber kein Schwerpunktthema an Forschungseinrichtungen), DC-Gebäude und DC-Microgrids (aus Mangel an verfügbaren LVDC Verbrauchern bzw. Perspektive dazu), DC-Offshore (aus geographischen Gründen), sowie im Bereich der Regulierung (da ein Einsatz in öffentlichen Netzen hierzulande derzeit noch nicht geschieht).

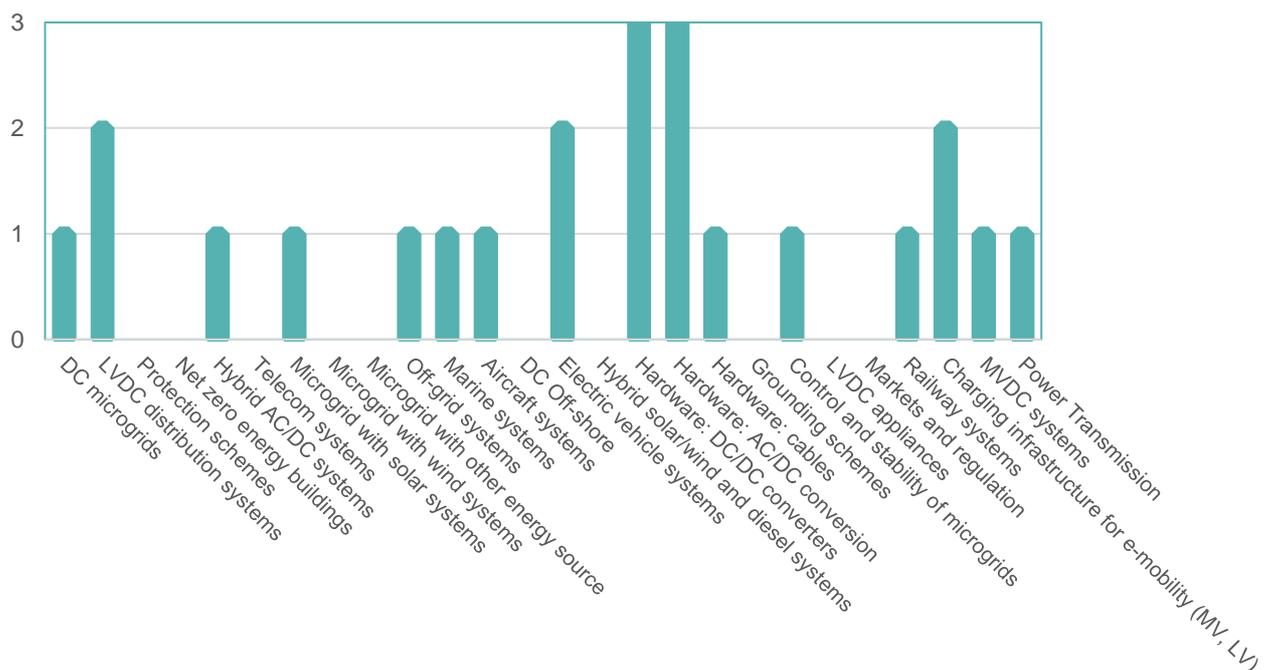


Abbildung 20: Nennungen von DC-Forschungsthemen

3.3.3 Forschungsmethoden

Österreichische Forschungsinstitutionen setzen die gesamte mögliche Bandbreite an Forschungsmethoden für DC-Systeme ein. Dazu gehören:

- Simulation
- Controller hardware in the loop
- Power hardware in the loop
- Laborexperimente vom sub-1 kW-Bereich bis zu > 100 kW

3.3.4 Laborinfrastruktur

Die bestehende DC-Forschungsinfrastruktur an Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen wurde von den befragten Institutionen auf über 6 Mio. EUR beziffert. Abbildung 21 zeigt die DC-Spannungsbereiche der acht rückgemeldeten Entwicklungs- und Prüfeinrichtungen.

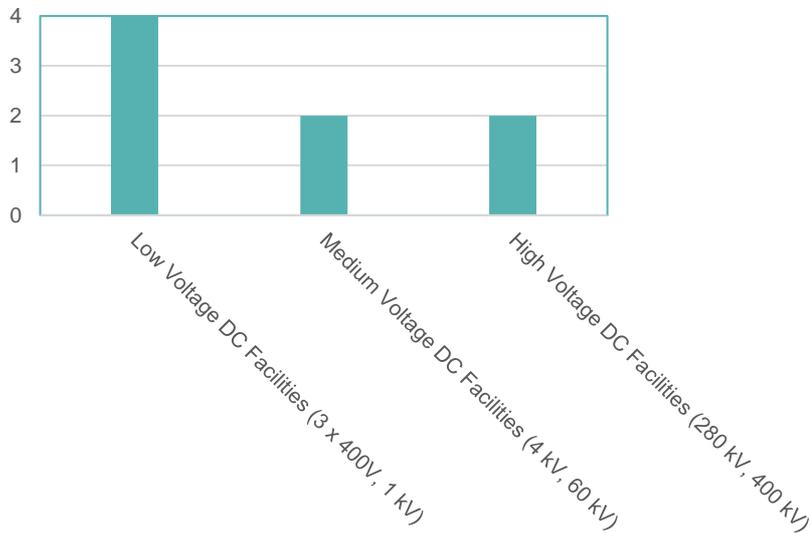


Abbildung 21: DC-Forschungsinfrastruktur der österreichischen Forschungseinrichtungen (Anzahl Labore)

Prüfeinrichtungen sind oft entweder auf hohe Spannungen, hohe Ströme oder kurze Impulse mit hoher Leistung ausgelegt. Dauerversuche mit höheren Leistungen sind bei Spannungen bis in den unteren Mittelspannungsbereich (ca. 4 kV) möglich. Damit existieren in Österreich substantielle Entwicklungs- und Prüfmöglichkeiten für DC Technologien. Auch international überwiegen die Einrichtungen für Niederspannungsexperimente (83% aller weltweiten LVDC und MVDC-Einrichtungen sind laut [2] für Niederspannung ausgelegt, nur 11% für Mittelspannung).

3.3.5 Zielapplikationen der DC-Forschung

Die folgenden Zielapplikationen der DC-Forschung wurden genannt:

- DC in Gebäuden
- DC für Beleuchtung
- DC für E-Fahrzeug-Ladung
- DC für last-mile Verteilung

- DC für Mittelspannungsverteilung
- DC für Antriebs- und Bahnsysteme
- DC für weitere Transportanwendungen (z.B. Schwerfahrzeuge)
- DC für Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Nicht genannt wurden die international relevanten Themen „DC für Telekommunikationssysteme“ und „DC für Datacenter“.

3.3.6 Beschäftigte im Bereich DC an österreichischen Forschungseinrichtungen

Insgesamt sind in Österreich über 30 Fachspezialist:innen im Bereich der Forschungseinrichtungen schwerpunktmäßig mit dem Thema DC beschäftigt. Abbildung 22 zeigt die Aufteilung auf die Bereiche Master, PhD, Postdocs. etc. Eine Ausweitung der Expert:innenbasis, nicht nur für die Forschung, sondern auch für Hersteller und Anwender ließe sich kurzfristig durch eine Steigerung der Anzahl von Dissertationen erreichen, welche sehr gut im Kontext der im folgenden konzipierten Pilotprojekte angesiedelt werden können.

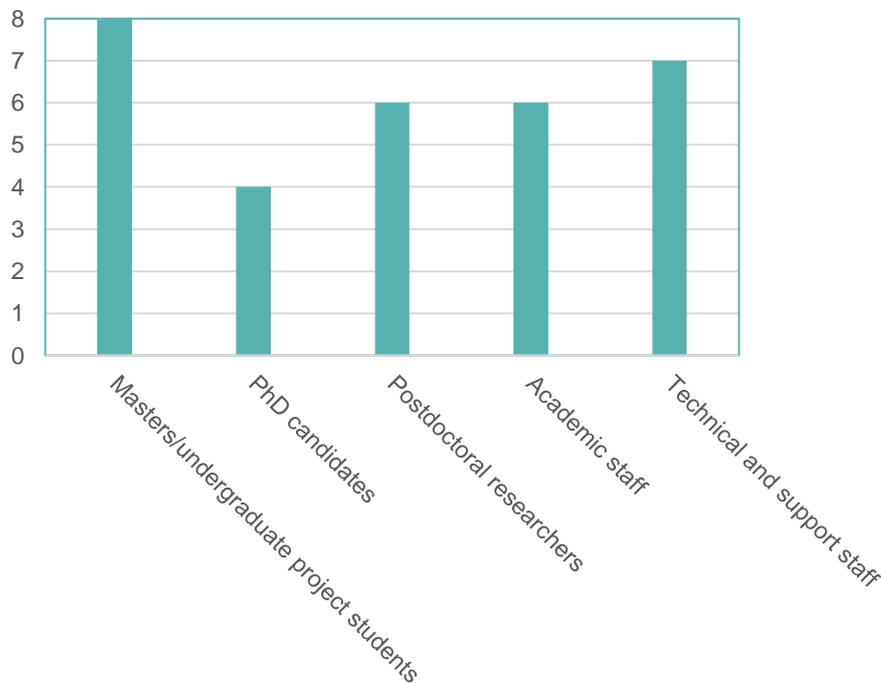


Abbildung 22: Anzahl der Beschäftigten an österreichischen Forschungseinrichtungen im Bereich DC

4 ABLEITUNG GEEIGNETER DC-PILOTEN

Gemäß der in Kapitel 2 dargestellten Methode wurden basierend auf den Ergebnissen der Branchenbefragung geeignete DC-Pilotprojekte abgeleitet. Diese Projekte berücksichtigen die Interessenslage der österreichischen Industrie und sind geeignet im Rahmen von sichtbaren, besuchbaren Pilotvorhaben eine reale Versorgungsaufgabe mit DC zu erfüllen.

4.1 Relevante Forschungs- und Entwicklungsthemen

Die Branchenbefragung bestätigt die Hypothese, dass DC-Technologien für die österreichische Industrie relevant sind. Sie hat klar gezeigt, dass die österreichische Industrie mit einem breiten Produktportfolio den Weltmarkt von DC-Anwendungen adressiert. Aus dem Antworten von Herstellern und Anwendern lassen sich die für die Industrie relevanten Forschungs- und Entwicklungsthemen ablesen, die in geeigneter Form durch Pilotprojekte aufgegriffen werden sollten. Diese sind:

- DC-Systembetrieb
- Schutzkonzepte und –Komponenten (z.B. Hybrid- oder Solid-State-Lösungen)
- Systemansatz und Komponenten für Isolation, Erdung
- Kosten- und energieeffiziente DC/AC-Umrichter
- Design-Guidelines für DC-Systeme

Auch auf der Infrastrukturseite werden von den Stromnetzbetreibern einzelne DC-Anwendungsfälle als betrachtenswert eingestuft, vor allem LVDC-Anbindung von E-Ladeinfrastruktur, DC Sammelnetze (LV/MV) und erhöhte Leitungskapazität von DC-Betrieb von AC-Leitungen.

4.2 Strategische Wahl von DC-Anwendungsgebieten

Es lassen sich grob vier verschiedene Anwendungsgebiete für DC unterscheiden:

1. Öffentliche Netze
2. Gewerbliche/Private Installationen
3. Industrierversorgung
4. Bordnetze

In diesen vier Bereichen spielen die oben dargestellten Forschungs- und Innovationsthemen eine Rolle, wenn auch in unterschiedlichen Ausprägungen. Beispielsweise müssen neue Schutzkomponenten in einem öffentlichen DC-Netz ganz andere Anforderungen als in einem E-Fahrzeug-Bordnetz erfüllen.

Um eine engere Einschränkung vornehmen zu können, ist es sinnvoll, mögliche Ausprägungen von Pilotprojekten in den jeweiligen Anwendungsbereichen zu skizzieren und den jeweiligen Pilotcharakter solcher Projekte zu betrachten. Diese Analyse ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die Pilotprojekte sollen einen großen Beitrag zur Weiterentwicklung von DC-Lösungen nicht nur für eine kleine Gruppe von Beteiligten, sondern für eine ganze Branche liefern. Eine solche Wirkung kann vor allem entlang der drei im folgenden beschriebenen Dimensionen Innovationsgehalt, Projektgröße und -Reichweite sowie Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit erzielt werden.

Innovationsgehalt - Bei der DC-Technologie handelt es sich (auch) um eine Systemtechnologie, bei der viele einzelne, teilweise neue Komponenten in einem Systemverbund zusammen funktionieren

müssen. Ziel ist es, mit solchen Systemen praktische, anwendungsnahe Erfahrungen zu sammeln. In einem solchen Projekt ist es nur schwer möglich, eine bahnbrechende Neuerung vom Konzept bis in die Praxis zu entwickeln. Vielmehr sollte die Wirkung des Projektes dadurch entstehen, dass eine möglichst praxisnahe, d.h. **reale Versorgungsaufgabe** durch DC-Systemtechnik gelöst wird. Dabei ist ggf. die Systemkombination der Komponenten neu, und/oder einzelne Komponenten werden im Projekt neu oder weiterentwickelt.

Projektgröße und -Reichweite - Realistischerweise wird es kurzfristig nicht gelingen, ein großes Projektbündel mit möglichst vielen, ggf. sogar allen relevanten Akteuren aufzustellen. Um auch mit kleineren Pilotprojekten eine entsprechende Reichweite bzw. Sichtbarkeit zu erzielen, ist ein Fokus auf technische und wirtschaftliche Vorteile der DC-Technologie zu legen ohne zu starke Assoziation zu einem einzelnen Hersteller oder Anwender. Zumindest ein Großteil der Projektergebnisse sollten **offen verfügbar** sein, und der „Projektschauplatz“ sollte **örtlich verankert, zugänglich und besuchbar** sein. Die Reichweite kann zusätzlich vergrößert werden, wenn im Projekt **mehrere Wertschöpfungsketten** zu DC-Technologien mit entsprechenden Partnern vertreten sind.

Beiträge zu Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit werden die wesentlichen Umsetzungstreiber für DC-Systeme sein und müssen entsprechend in den Pilotprojekten für die jeweiligen technischen Inhalte genau betrachtet werden. DC-Technologien gehen in Einklang mit den Zielen der Energiewende und den „Green Deal“-Zielen 2030, 2050 der EU⁶ und daraus abgeleiteten Policies. Gleichstromtechnik ist materialeffizient da sie voluminöse Transformatoren durch kompakte Leistungselektronik ersetzt. Halbleiter weisen zwar eine kürzere Lebensdauer auf, aber das ist mit Kreislaufwirtschaft und guter modularer Wartbarkeit prinzipiell kompensierbar. DC-DC-Umwandlungen lassen sich effizienter als AC-DC-Umwandlungen realisieren.

Auf die vorgenannten Anforderungen passend wurden geeignete Pilotprojekte aus der Tabelle 1 ausgewählt. Diese Selektion führt auf zwei Ausprägungen von Pilotprojekten im Bereich stationärer privater bzw. öffentlicher Netze, die im Folgenden genauer beschrieben werden. Zusätzlich werden Innovationsvorhaben im Bereich von Industrierversorgung oder Bordnetzen ebenfalls für sinnvoll erachtet. Der mögliche Beitrag von durch den OVE initiierten Piloten z.B. beim Zusammenbringen mehrerer Akteure und Lösungen wird jedoch in den Bereichen öffentliches Netz und gewerbliche/private Installation als höher eingeschätzt.

⁶ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, zuletzt besucht 04.07.2022

	DC- Anwendungsbeispiele	Spannungs- ebenen	Mögliche Pilotprojekt- Ausprägungen	Pilotcharakter
Öffentliche Netze „MVDC Pilot“	LVDC-Anbindung von E-Ladeinfrastruktur, DC Sammelnetze (LV/MV) und erhöhte Leitungskapazität und Lastflusssteuerung bei DC-Betrieb von AC-Leitungen, HVDC Leitungen, ...	LV, MV, HV	Öffentliches DC Sammelnetz (LV), Mittelspannungs-Gleichstromübertragung, DC-Stichleitung (LV), ...	Reale Versorgungsaufgabe mit Redundanzkonzept möglich, besuchbar, unterschiedliche Lösungen/mehrere Hersteller integrierbar
Gewerbliche/Private Installationen „LVDC Pilot“	DC-Gebäude, DC Energy Community, DC Microgrid, ...	LV (MV)	Privates DC Sammelnetz (LV), DC-versorgtes Gebäude, ...	Reale Versorgungsaufgabe mit Redundanzkonzept möglich, besuchbar, unterschiedliche Lösungen/mehrere Hersteller integrierbar
Industrierversorgung	DC Datacenter, DC Produktionsanlage, ...	LV, MV	Industrielles DC-Versorgungsnetz	Reale Versorgungsaufgabe mit Redundanzkonzept möglich, eingeschränkt besuchbar (Produktionsprozesse), starke Assoziation zur gewählten Industrie
Bordnetze	DC Elektrofahrzeug, DC Schiffsversorgung, DC Flugzeug, ...	LV, MV	Proof of Concept mit innovativen Komponenten	Reale Nutzung sehr eingeschränkt und im Widerspruch zur Besuchbarkeit, starke Assoziation zum Hersteller

Tabelle 1: DC Anwendungsgebiete und ihre Eignung für Pilotprojekte.

4.3 LVDC-Pilot

Ziel des Niederspannungs-Gleichstrom-Piloten ist es, die Vorteile einer DC-Ankopplung mehrerer DC-Erzeuger und -Verbraucher zu demonstrieren und technisch/wirtschaftlich zu untersuchen. Unnötige DC/AC- und AC/DC-Wandlungen werden hier (zumindest teilweise) vermieden, so dass die Gesamteffizienz des Systems steigt. Im Vergleich zur AC-Standardlösungen ergibt sich durch die Umrichter eine Flexibilisierung des elektrischen Niederspannungs-Verteilnetzes und bei Verwendung der gleichen Kabelquerschnitte eine höhere Aufnahmekapazität für DC-Erzeuger (z.B. Photovoltaik) und neue DC-Lasten (z.B. Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge). Über eine DC-Ankopplung an eine Batterie können auch Auswirkungen von Spitzenlasten reduziert werden.

4.3.1 Technischer Inhalt und strategischen Positionierung

In einem Siedlungs- oder Energiegemeinschaftskontext können heute bereits DC-Anwendungen mit signifikanten Leistungen auftreten, z.B. Photovoltaikanlagen, Batteriesysteme, DC-Ladestationen, DC-Beleuchtung und – ja nach Größe der Anlage – auch Elektrolyse aus Überschussstrom. Eine solche DC-Verteilung kann sowohl als öffentliches Netz als auch als private Installation ausgeführt sein. Der LVDC-Pilot kann im Rahmen einer solchen Wohn- und/oder Gewerbesiedlung umgesetzt werden.

Im Rahmen des Pilotprojekts wird eine reale Versorgungsaufgabe der Gebäude der Gemeinschaft oder Siedlung erfüllt. Der Schwerpunkt wird daher auf Technologiedemonstration und Systemfunktion gelegt, so dass Komponenten mit einem entsprechend hohen Entwicklungsgrad zum Einsatz kommen (vgl. auch Abschnitt 4.3.2). Einzelne Prototypen können ebenfalls integriert werden, ggf. temporär oder mit einem Backup-Konzept.

Abbildung 23 zeigt den prinzipiellen technischen Aufbau des Pilotprojekts. Das öffentliche AC-Netz (400V-Ebene, links, grün) speist an zumindest einem Punkt ein Niederspannungs-DC-Netz (rechts, blau). Das DC Netz kann z.B. mit 700 V uni- oder bipolar ausgeführt sein (unipolar 700V DC ist vergleichbar zu 3-phasig 400V AC). In Anlehnung an bestehende ausgedehnte AC-Netze wird ein starr geerdetes LVDC-System bevorzugt, prinzipiell ist aber auch eine isoliert-aufgesetzte Anordnung möglich. Das lokale DC-Netz und die beiden AC-Netze sollen galvanisch getrennt voneinander betrieben werden, um Beeinflussungen zu minimieren. DC Erzeuger und Verbraucher sind DC -gekoppelt an dieses Netz angeschlossen. Die Gebäude werden über Umrichter AC-versorgt. Für den Fall eines Ausfalls von DC/AC-Wandlern oder des AC/DC-Wandlers kann das DC-Kabelsystem auch AC-betrieben und die Gebäude somit direkt versorgt werden.

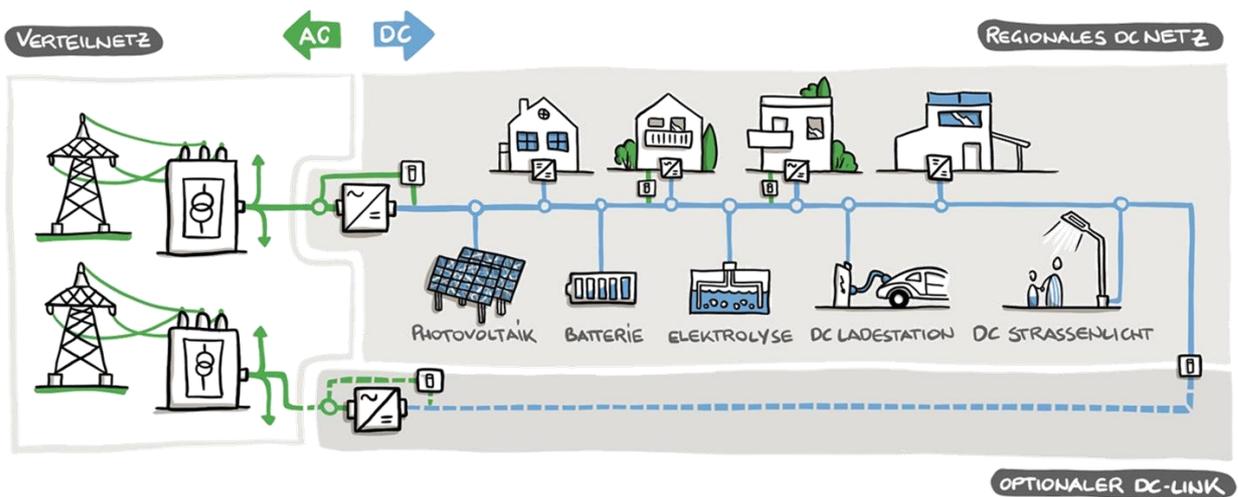


Abbildung 23: Überblicksgrafik zum Niederspannungs-Gleichstrom-Pilotprojekt

Als zusätzlichen Projektinhalt ist im Konzept eine Erweiterung (Abbildung 23 unterer Teil) vorgesehen, bei welcher das LVDC-Netz von zwei Stellen aus dem öffentlichen Netz gespeist wird (ggf. von unterschiedlichen Umspannwerken). Entgegen der AC Standard-Lösung bei einem solchen Fall (eine Seite ist eine offene Trennstelle) können Leistungsflüsse in bzw. durch das DC-Netz aktiv und stufenlos von den beiden Umrichtern am Übergang zum AC-System gesteuert werden. Diese Erweiterung ermöglicht nicht nur eine redundante Anbindung des DC-Netzes, sondern auch eine flexible Lastaufteilung auf die beiden Speisepunkte für den Netzbetreiber sowie die Netzstützung (Spannungsmanagement) an den beiden AC-Seiten, ohne den Betrieb des übergeordneten Mittelspannungsnetzes dadurch einzuschränken („sanfte Netzkupplung“, Englisch: Soft Open Point/SOP, oder LVDC-Link).

Eine zweite optionale Erweiterung (nicht in Abbildung 23 gezeigt) besteht darin, auch die Anbindung an die AC-Mittelspannung mit DC auszuführen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll zu untersuchen, wenn die Entfernung zum nächsten Mittelspannungspunkt mehrere Kilometer beträgt.

Auch der Ersatz der MV/LVAC Transformatoren durch MVAC/LVACDC Feststofftransformatoren (Englisch: Solid State Transformers) stellt eine zusätzliche optionale Erweiterung (nicht in Abbildung 23 gezeigt) dar, die z.B. hinsichtlich neuer DC-Ladeinfrastruktur mit hohen Leistungsanforderungen interessant ist.

4.3.2 Adressierte Forschungsfragen

Der LVDC-Pilot adressiert vor allem vier Forschungsfragen, die auf die Praxistauglichkeit und die fundierte Identifikation von Entwicklungs- und Normungslücken fokussieren.

Forschungsfrage 1: Eignen sich die verfügbaren Komponenten für einen LVDC-Systembetrieb und wo besteht Entwicklungsbedarf? Bereits nach der konkreten Planung zum Aufbau des LVDC-Netzes kann diese Frage weitgehend beantwortet werden. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse einer Vorevaluation basierend auf vorausgehende Projekte [4].

Tabelle 2: Komponenten des LVDC-Piloten

Komponente	Verfügbares Technology Readiness Level
AC/DC Konverter (uni-, bidirektional)	7-9
DC/DC Konverter (uni-, bidirektional)	5-9
Sicherungen	6-8 (solid state), 9 (konventionell)
Überspannungsschutz	9 (DC-Ableiter)
Harmonische Filter (AC-Seite)	9
Erdungsgeräte	7-9 (Korrosionsschutz), 9 (konventionell)
Trenner	8-9
Lastschalter	7-9
Leistungsschalter	7-9
Fehlerstromschutzschalter	7-9
Leistungskabel und Garnituren	9 (AC konventionell)
Schaltanlagen/gekapselte Geräteverbunde	6-8
Meßwandler, Sensoren, IEDs	8-9
Zähler	6-8
Steuerungen	8-9
Schutzgeräte, -relays (Überstrom, Kurzschluss, Fehlerstrom, Über- und Unterspannung, Isolationsüberwachung)	7-9 (für solid state Schutz) 9 (Traktion)
Informations- und Kommunikationstechnologien, Leitsysteme	7-9
Erzeugungsanlagen (PV, WKA mit DC-Anbindung)	7-8
Speichersysteme (Batterien, Supercaps, EV für DC)	7-9
EV-Ladeinfrastruktur (mit DC-Eingang, uni-/bidirektional)	8-9
Kleinskalige LV Elektrolyse (H2)	5-8
Netzplanung und Simulationen	3-8
DC- und AC/DC-Komponenten- und System-Prüfinfrastruktur	9

Forschungsfrage 2: Wie bewähren sich neue DC-Schutzkonzepte und –Komponenten (z.B. Hybrid- oder Solid-State-Lösungen) im Freifeldeinsatz unter realen Bedingungen? Diese Frage ist eng mit dem Betrieb des DC-Piloten verbunden und lässt sich nur mit entsprechender Betriebserfahrung beantworten.

Forschungsfrage 3: Was sind aktuell gültige Kosten und welche reale Effizienz erreichen AC/DC-Umrichter? Planung und Betrieb des Piloten werden diese Frage beantworten.

Forschungsfrage 4: In welchen Bereichen bedarf es ggf. noch weiterer Normung für LVDC-Systeme? Durch die intensive Auseinandersetzung mit technischen Alternativen und den Erfahrungen mit der letztlich gewählten Lösung wird die Grundlage zur Beantwortung dieser Frage geschaffen.

4.3.3 Nutzen der Ergebnisse für Industrie und Infrastrukturbetreiber

In der Branchenanalyse (Kapitel 4) wurden zentrale Anliegen der Akteure aus Netzbetrieb und Industrie zusammengefasst. Tabelle 3 zeigt, wie diese Anforderungen durch den LVDC-Piloten für den Bereich Niederspannung adressiert werden.

Tabelle 3: Anforderungen von Industrie und Netzbetreibern und Erfüllung durch den LVDC-Piloten

Anforderung	Akteur	Umsetzung durch LVDC-Pilot
Erkenntnisse zu DC-Systembetrieb	Hersteller, Netzbetreiber	Praktischer Aufbau und experimentelle Validierung ggf. mehrerer Varianten (Ausbaustufen)
Effektivität neuer Schutzkonzepte und –Komponenten (z.B. Hybrid- oder Solid-State-Lösungen) nachweisen	Hersteller	Praktischer Aufbau und experimentelle Validierung
Systemansatz und Komponenten für Isolation, Erdung verifizieren	Hersteller, Netzbetreiber	Praktischer Aufbau und experimentelle Validierung
Verfügbarkeit von Kosten- und energieeffiziente DC/AC-Umrichtern	Hersteller, Netzbetreiber	Bestimmung konkreter Kosten und Effizienzen, Weiterentwicklung von Einzelkomponenten
Klares Bild zur Wirtschaftlichkeit von DC-Anwendungsfällen	Netzbetreiber	Umsetzung der Anwendungsfälle <ul style="list-style-type: none"> • Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge – AF1 • DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV (Niederspannung) – AF6 • Erhöhte Leitungskapazität von DC-Betrieb von AC-Leitungen (Niederspannung) – AF5
Technische Vorteile der DC-Lösung gegenüber der AC-Lösung	Netzbetreiber	Belastbare Aussagen durch Pilotumsetzung, Betriebserfahrung
Normung und Design-Guidelines für DC-Systeme	Hersteller, Netzbetreiber	Normungslücken können durch praktische Umsetzung abgeleitet werden. Erfahrungen aus dem Piloten können zu Design-Guidelines weiterentwickelt werden.

4.4 MVDC-Pilot

Ziel des Mittelspannungs-Gleichstrom-Pilotprojekts ist es, die Möglichkeiten und Vorteile von MVDC-Anwendungen zu demonstrieren und technisch/wirtschaftlich zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen bei der Bewertung dieser DC-Technologie helfen und die Frage beantworten, inwieweit MVDC in Österreich zur Unterstützung der Energiewende im Verteilnetz genutzt werden kann.

4.4.1 Technischer Inhalt und strategische Positionierung

Das in Abbildung 24 dargestellte MVDC-Pilotprojekt beinhaltet als technische Anwendungen zwei mögliche Teilprojekte in Form einer entfernungs­mäßig ausgedehnten Punkt-zu-Punkt-Verbindung innerhalb eines städtischen oder regionalen Verteilnetzes sowie eine DC-Kurzkupplung zur Verbindung von zwei entsprechenden Verteilnetzen. Beide Teilprojekte können unabhängig voneinander im Mittelspannungsbereich von 10 kV – 30 kV angesiedelt werden. Das MVDC-Pilotprojekt ermöglicht neben dem DC-Betrieb von AC-Leitungen mit erhöhter Übertragungskapazität insbesondere eine gezielte Lastflusssteuerung im Verteilnetz.

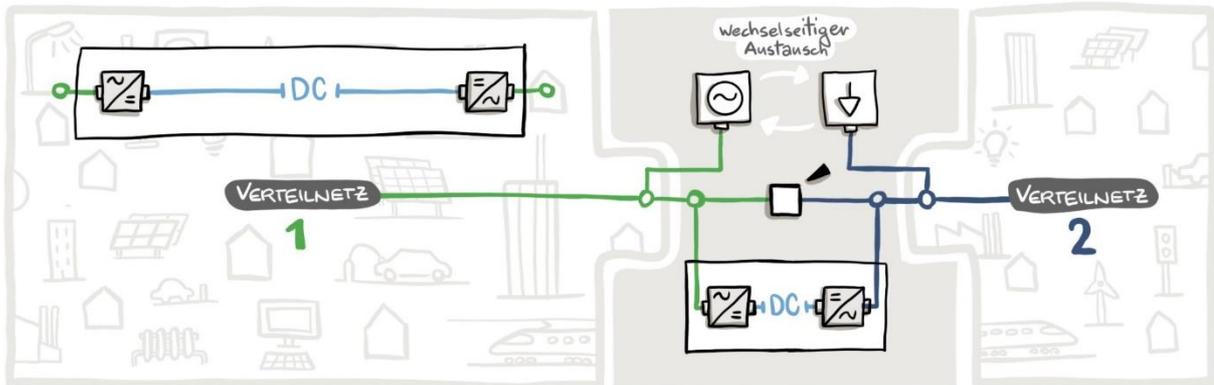


Abbildung 24: Überblicksgrafik zum Mittelspannungs-Gleichstrom-Pilotprojekt

Der MVDC-Pilot adressiert damit reale Anwendungsgebiete der Netzbetreiber (Kapitel 5.2) und legt den Schwerpunkt auf Technologiedemonstration und Systemfunktion, so dass sich das MVDC-Pilotprojekt an verfügbaren Marktlösungen orientieren kann.

Als optionaler Projekteinhalt stellt der dargestellte MVDC-Pilot eine geeignete Plattform für die unabhängige Erprobung von neuen DC-Komponenten und -Geräten dar.

4.4.2 Adressierte Forschungsfragen

Das MVDC-Pilotprojekt adressiert mehrere Forschungsfragen, die auf die Praxistauglichkeit und die fundierte Identifikation von Entwicklungs- und Normungslücken fokussieren.

Forschungsfrage 1: Sind die verfügbaren MVDC-Marktlösungen für einen Systembetrieb geeignet und an welchen Stellen besteht Entwicklungs- und Normungsbedarf? Diese Forschungsfrage kann bereits nach Abschluss der konkreten Planung zum Aufbau eines Teilprojekts bzw. des MVDC-Pilotprojekts teilweise beantwortet werden. Die Teilfrage nach der Eignung für einen erfolgreichen Systembetrieb kann nur mit ausreichender Betriebserfahrung beantwortet werden.

Forschungsfrage 2: Erfüllen die verfügbaren MVDC-Marktlösungen die wirtschaftlichen Anforderungen und können damit die Energiewende im Verteilnetz unterstützen? Planung und Betrieb des MVDC-Pilotprojekts werden die notwendigen Informationen für die Beantwortung dieser Forschungsfrage liefern.

4.4.3 Nutzen der Ergebnisse für Industrie und Infrastrukturbetreiber

Die Branchenanalyse (Kapitel 4) hat zentrale Anliegen der Akteure aus Netzbetrieb und Industrie zusammengefasst. Tabelle 4 zeigt, wie diese Anforderungen durch den MVDC-Piloten für den Bereich Mittelspannung adressiert werden.

Tabelle 4: Anforderungen von Industrie und Netzbetreibern und Erfüllung durch den MVDC-Piloten

Anforderung	Akteur	Umsetzung durch MVDC-Pilot
Erkenntnisse zu DC-Systembetrieb	Hersteller, Netzbetreiber	Praktischer Aufbau und experimentelle Validierung
Systemansatz und Komponenten für Isolation, Erdung verifizieren	Hersteller, Netzbetreiber	Praktischer Aufbau und experimentelle Validierung
Klares Bild zur Wirtschaftlichkeit von MVDC-Anwendungsfällen	Netzbetreiber	Umsetzung der Anwendungsfälle <ul style="list-style-type: none"> • DC-Anbindung entfernter Kunden (Mittelspannung) – AF3 • DC-Verbindung zwischen zwei Mittelspannungs-AC-Netzen – AF4 • Erhöhte Leitungskapazität durch DC-Betrieb von AC-Leitungen (Mittelspannung) – AF5
Technische Vorteile der DC-Lösung gegenüber der AC-Lösung	Netzbetreiber	Belastbare Aussagen durch Pilotumsetzung, Betriebserfahrung
Normung und Design-Guidelines für DC-Systeme	Hersteller, Netzbetreiber	Normungslücken können durch praktische Umsetzung abgeleitet werden. Erfahrungen aus dem Piloten können zu Design-Guidelines weiterentwickelt werden.
Unterstützung der Energieverwendung im Verteilnetz	Netzbetreiber	Belastbare Aussagen durch Pilotumsetzung, Betriebserfahrung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

5 ANALYSE DER UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN

Sowohl für den Niederspannungs- als auch den Mittelspannungs-Piloten ist eine ähnliche Vorgehensweise bei der Umsetzung geeignet. Der erste Schritt besteht jeweils aus der Bildung eines geeignet besetzten Konsortiums, welches sich zum Umsetzungsinteresse, und konkreten Forschungsfragen bekennt. Mit diesem Konsortium kann dann ein entsprechendes Umsetzungskonzept für einen oder mehrere konkrete Standorte entwickelt werden.

5.1 LVDC-Pilot

Wie im vorhergehenden Kapitel ausgeführt, soll der LVDC-Pilot sowohl den DC-Systembetrieb mit (weitgehend) verfügbaren DC-Komponenten demonstrieren als auch die Möglichkeit geben Betriebserfahrungen zu sammeln. Darüber hinaus sollte vorgesehen werden, einzelne Komponenten im Projekt auch technisch weiterzuentwickeln.

5.1.1 Umsetzungsoptionen

Der Umfang des LVDC-Piloten lässt eine Reihe von Varianten in der Umsetzung zu, welche in Tabelle 4 zusammengefasst sind.

Tabelle 4: Umsetzungsoptionen des LVDC-Piloten

Aspekt	Basisannahme	Erweiterungsoptionen
Projektpartner	Bauträger Gebäudebetreiber Verteilernetzbetreiber Hersteller von DC-Komponenten Forschungspartner	Mehrere Hersteller, mehrere Betreiber, etc. Gebäudenutzer
Standorte für Umsetzungen	Entweder Berücksichtigung bei Neubauprojekt (längere Vorlaufzeit) oder beim Aufbau einer größeren Energiegemeinschaft im Retrofit.	Mehrere Teilpiloten in verschiedene Umgebungen (Wohnbau, Kleinunternehmen, Industrie)
Finanzierungsmöglichkeiten	Finanzierung aus eigenen Mitteln der Projektbeteiligten, ggf. erweitert durch FFG-Programme, z.B. „Collective Research“	Demonstrator in einem Horizon Europe Projekt (HEU Cluster 5), FFG Energieforschung (mit entsprechenden ausgeschriebenen Themen)
Nachnutzungsszenarien	Rückbau auf die vorher als Backup-Variante vorgesehene AC-Variante	LVDC Netz wird ggf. auf aktuelle Standards und Produkte angepasst und bleibt bestehen. LVDC Netz dient in nachfolgenden F&E-Projekten als Feldumgebung

5.1.2 Projektstruktur

Aus der Tatsache, dass sich in Österreich bisher keine privat finanzierten signifikanten DC-Piloten herausgebildet haben ist ablesbar, dass der Rahmen eines geförderten F&E-Projektes gesucht werden sollte. Abbildung 25 zeigt die vorgeschlagene und hierauf abgestimmte Projektstruktur.

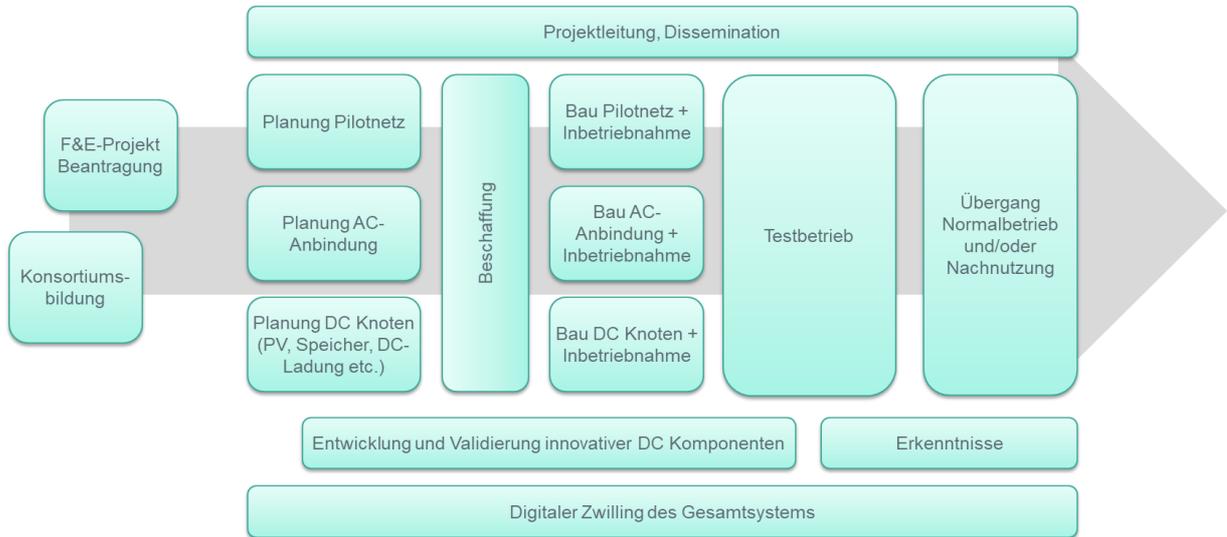


Abbildung 25: Vorgeschlagene Projektstruktur LVDC-Pilot

Eine Gesamtlauzeit des F&E-Projektes von drei Jahren wird empfohlen. Die Struktur kann als Grundlage für eine Arbeitspaket-Aufteilung verwendet werden. Es ist vorgesehen, Planung und Umsetzung des LVDC-Netzes selbst von der AC-Netzanbindung einerseits und den direkt DC-gekoppelten Einspeisern und Lasten organisatorisch zu trennen.

5.2 MVDC Pilot

Wie im vorhergehenden Kapitel ausgeführt, soll der MVDC-Pilot sowohl den DC-Systembetrieb demonstrieren und die Möglichkeit geben, Betriebserfahrungen zu sammeln. Darüber hinaus sollte vorgesehen werden, einzelne Komponenten im Projekt auch technisch weiterzuentwickeln.

5.2.1 Umsetzungsoptionen

Der Umfang des MVDC-Piloten lässt eine Reihe von Varianten in der Umsetzung zu, welche in Tabelle 5 zusammengefasst sind.

Tabelle 5: Umsetzungsoptionen des MVDC-Piloten

Aspekt	Basisannahme	Erweiterungsoptionen
Projektpartner	Verteilernetzbetreiber, Energieerzeuger (z.B. Windparkbetreiber), Hersteller von MVDC-Komponenten, Forschungspartner	Internationale Projektpartner
Standorte für Umsetzungen	Entweder Berücksichtigung bei Neubauprojekt im Verteilnetz (längere Vorlaufzeit) oder Fokus auf temporäre Forschungsanlage	
Finanzierungsmöglichkeiten	Finanzierung aus eigenen Mitteln der projektbeteiligten Verteilernetzbetreiber, ggf. erweitert durch FFG-Fördermittel	Demonstrator in einem Horizon Europe Projekt, FFG Energieforschung (mit entsprechenden ausgeschriebenen Themen)
Nachnutzungsszenarien	Verbleib im Verteilnetz bzw. Rückbau der temporären Forschungsanlage	Langfristiger Ausbau zu internationaler MVDC-Testplattform, Aufbau eines MVDC-Netzes

5.2.2 Projektstruktur

Aus der Tatsache, dass sich in Österreich bisher keine privat finanzierten signifikanten DC-Piloten herausgebildet haben ist ablesbar, dass der Rahmen eines mehrheitlich geförderten F&E-Projektes gesucht werden sollte. Eine Gesamtlaufzeit des F&E-Projektes von mindestens fünf Jahren wird empfohlen, um eine ausreichende Planungs-, Bau- und Betriebszeit zu gewährleisten.

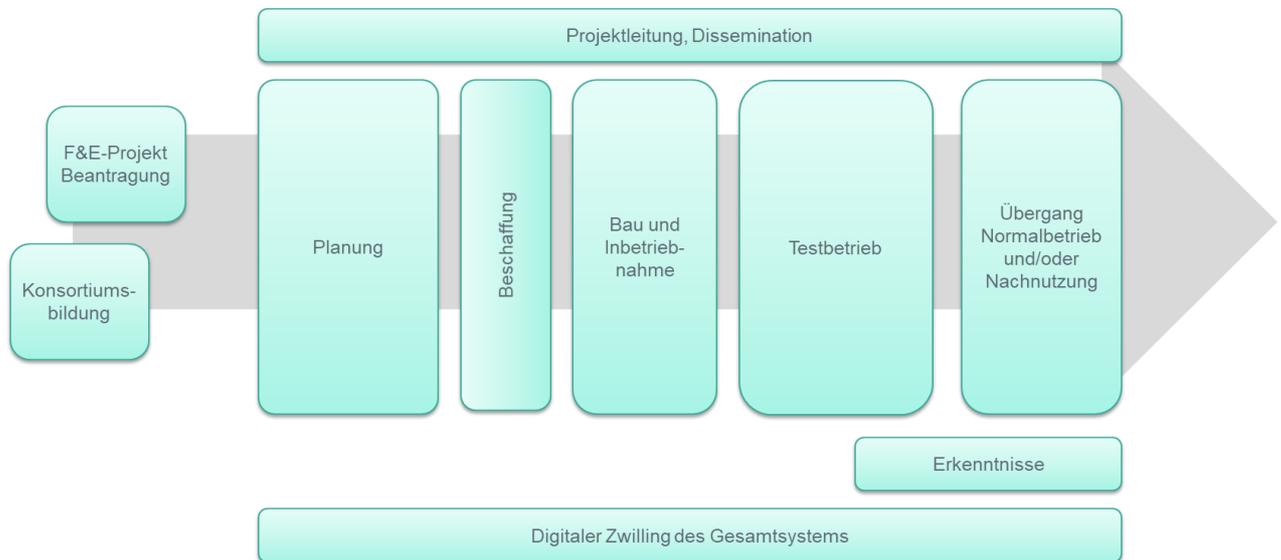


Abbildung 26: Vorgeschlagene Projektstruktur MVDC-Pilot

Abbildung 26 zeigt die vorgeschlagene Projektstruktur. Die Struktur kann als Grundlage für eine Arbeitspaket-Aufteilung unter Einbindung aller Projektpartner verwendet werden.

6 EMPFEHLUNGEN

Die Branchenbefragung hat klar gezeigt, dass die österreichische Industrie mit einem breiten Produktportfolio den Weltmarkt von DC-Anwendungen adressiert. Auch auf der Infrastrukturseite werden von den Stromnetzbetreibern einzelne DC-Anwendungsfälle als betrachtenswert eingestuft. Aus dieser Situation empfehlen die Studienautoren die folgenden Punkte.

6.1 Adressierung industrierelevanter DC-Forschungsthemen

Um die Relevanz der Pilotprojekte sicher zu stellen, ist ein Fokus auf technische und wirtschaftliche Vorteile der DC-Technologie zu legen. Als **industrierelevanter DC-Forschungsthemen** wurden in der Studie identifiziert:

- DC-Systembetrieb
- Schutzkonzepte und –Komponenten (z.B. Hybrid- oder Solid-State-Lösungen)
- Systemansatz, d.h. Steuerung und Regelungen betreffend geführter DC-, AC/DC-Systeme, Betrachtung der Stabilität
- Multi-Vendor-Solutions, elektrische und informationstechnische Interoperabilität
- Komponenten für Isolation, Erdung
- Kosten- und energieeffiziente DC/AC-Umrichter
- Design-Guidelines für DC-Systeme

In einem solchen Projekt ist es nur schwer möglich, eine bahnbrechende Neuerung vom Konzept bis in die Praxis zu entwickeln. Vielmehr sollte die Wirkung des Projektes dadurch entstehen, dass eine möglichst praxisnahe, d.h. **reale Versorgungsaufgabe** durch DC-Systemtechnik gelöst wird. Dabei ist ggf. die Systemkombination der Komponenten neu, und/oder einzelne Komponenten werden im Projekt neu oder weiterentwickelt. Das Umgehen mit der neuen Technologie kann neue Anwendungsgebiete eröffnen.

6.2 Herstellen von Sichtbarkeit durch Pilotcharakter

Um hohe Sichtbarkeit und Reichweite der Projekte zu erreichen, sollte ihnen ein klarer Pilotcharakter gegeben werden. Zumindest ein Großteil der Projektergebnisse sollten **offen verfügbar** sein, und der „Projektschauplatz“ sollte **örtlich verankert, zugänglich und besuchbar** sein.

6.3 Konsortien entlang von exemplarischen Wertschöpfungsketten aufsetzen

Die Reichweite der Piloten kann zusätzlich vergrößert werden, wenn im Projekt **mehrere Wertschöpfungsketten** zu DC-Technologien mit entsprechenden Partnern (z.B. Komponentenhersteller – Systemhersteller – Stromnetzbetreiber) vertreten sind. Ein zu spezifisches Setting um die Produkte oder den Bedarf eines einzelnen Akteurs sollte vermieden werden.

6.4 Umsetzung von zwei Pilotprojekten verfolgen

Der Umsetzungsprozess für Pilotprojekte sollte zumindest für die beiden vorgeschlagenen Ausprägungen „LVDC“ und „MVDC“ (siehe Kapitel 5) verfolgt werden. In einem einzelnen Pilotprojekt die gesamte Breite des Themas und das Spektrum sinnvoller Partner abzudecken, erscheint nicht sinnvoll. Auch im Sinne eines Risikomanagements sollten mehrere Piloten verfolgt werden.

6.5 In den Pilotprojekten DC-Technologieentwicklung durchführen

Bei der DC-Technologie handelt es sich (auch) um eine Systemtechnologie, bei der viele einzelne, teilweise neue Komponenten in einem Systemverbund zusammen funktionieren müssen. Ziel ist es, mit solchen Systemen praktische Erfahrungen zu sammeln. Mit solchen Systemen sollen anwendungsnahe Erfahrungen gesammelt werden, bei denen weitgehend auf erprobte Technik aufgesetzt wird, um die reale Versorgungsaufgabe zuverlässig zu erfüllen. Spezifische Teile (siehe Forschungsthemen) sollten jedoch durch neue Entwicklungen realisiert werden, ggf. mit einer redundanten konventionellen Ersatzlösung im Hintergrund.

6.6 Community-Effekt herstellen

Eine enge Vernetzung der für DC-Technologien relevanten Akteure kann durch die Piloten auch in inhaltlichen Bereichen, die von den Piloten nicht abgedeckt werden, geschehen. Dies kann z.B. durch Informationsveranstaltungen, Lenkungsgruppen, Diskussionsforen und nicht zuletzt auch durch den Besuch von DC-Umsetzungen in Europa (Studienreisen) geschehen. Dabei sollte durch die Pilotprojekte keine neuen Organisationen geschaffen werden, sondern bestehende Institutionen in Ihrer Arbeit im Bereich DC gestärkt werden.

6.7 Längerfristige Umgebung für DC Technologieentwicklung schaffen

Die vorgeschlagenen Pilotprojekte stellen ein erster Schritt für eine nachhaltige Standortentwicklung im Bereich von DC-Technologien dar. Ziel sollte sein, Technologie-Knowhow und -Souveränität in Österreich zu verankern. Ein längerer Zeithorizont als die veranschlagten drei Jahren Laufzeit eines F&E-Projektes wird dafür notwendig sein. Mit den Piloten und weiteren Maßnahmen sollte ein längerfristiger „Katalysatoreffekt“ angestrebt werden. Eine unterstützende Maßnahme sollte auch die längerfristige Verankerung des Themas DC in Innovationsförderprogrammen sein.

6.8 Kommittent der Industrie abholen, sich an einer Projektentwicklung zu beteiligen

Technologieentwicklung und Pilotprojekte im Bereich Gleichstromtechnik dürfen keinen Selbstzweck erfüllen. Dementsprechend sind Industrievertreter und Infrastrukturbetreiber aktiv in Ausarbeitung und Umsetzung der Piloten einzubinden bzw. sollten auch eine führende Rolle darin übernehmen. Die OVE DC Initiative kann diesen Prozess aufsetzen und weiter abstimmen.

7 REFERENZEN

- [1] OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.), „Positionspapier 04/2022: DC-Technologien für die Energiewende“, April 2022, verfügbar unter https://www.ove.at/fileadmin/user_upload/Presse/2022/DC_Positionspapier_OVE_final_screen.pdf
- [2] CIRED Working Group on DC Distribution Networks, Working Group Report (2021): DC Networks on the distribution level – New trend or Vision? <http://www.cired.net/cired-working-groups/dc-distribution-networks-wg-2019-1> (zuletzt besucht 23.3.2022)
- [3] CIGRE WG C6.31: Medium voltage direct current (MVDC) grid feasibility study. CIGRE Technical Brochure 793, 2020
- [4] HYPERRIDE: HYbrid Provision of Energy based on Reliability and Resiliency via Integration of DC Equipment, Project funded in the Horizon 2020 Program, <https://hyperride.eu/> (zuletzt besucht 17.6.2022)

ANHANG: FRAGEBÖGEN DER BRANCHENBEFRAGUNG

Hersteller/Anwender

Survey Questionnaire on R&D and existing products portfolio regarding DC components proposed by manufacturers (based on CIRED WG 2019-1).

The DC Initiative of the Austrian Association of Electrical Engineering (OVE) has set itself the goal of increasing the visibility of Austrian stakeholders with regard to the global development of direct current (DC) technologies, to network players in this field and support the development of visible cooperative R&D projects. Further information on the OVE DC Initiative can be found here: <https://www.ove.at/news-details/dc-technologien-fuer-die-energiewende>

This survey aims to gain an overview on developments and needs in context of DC technologies for a global market and their development in Austria with a scope on all voltage levels:

- LV (0 - 1,5 or +/- 0,75 kV)
- MV DC systems (up to 100 or +/-50 kV)
- and HVDC

The questionnaire covers technical questions around DC technologies, so if you feel there is someone in your institution more familiar with the technical details please feel free to pass the questionnaire to them. Also, if there are multiple teams working on these topics then feel free to return multiple responses, just be sure to indicate clearly at the end of the questionnaire the scope for which the response is provided to avoid double counting. The questions refer to a variety of aspects, including size of teams, laboratory features, target applications, technologies, and relevant standards.

The survey should take no more than 10 minutes to complete.

1. Please the enterprise-size of your Organization.

- below 10 employees
- above 10 employees and below 50 employees
- above 50 employees and below 250 employees
- above 250 employees and below 5000 employees
- above 5000 employees

2. For which department do you as survey participant work for

- Technical department
- Marketing
- Sales
- Production
- Other:

3. Please provide the main applications and markets for which your products or solutions are used.

- **Please fill the table:**

Market(s) / Appli- cation(s)	Geographical Area (s)	Product(s) / So- lution(s) (URL to Descrip- tion Sheet(s))	Voltage Level (s)	Related Standards or Specifications

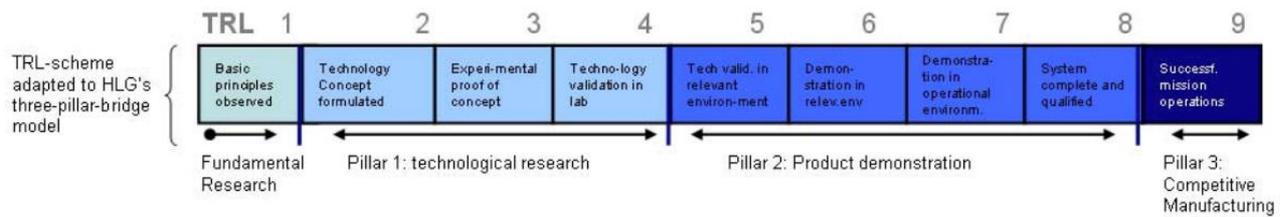
Example of Market and applications (not restrictive):

- o Energy distribution
- o Charging infrastructures (automotive, ship...)
- o Telecom Infrastructure, Data Centre
- o Railways infrastructure
- o Energy Production and Storage
- o Hybrid AC/DC systems
- o Microgrid
- o Energy Transmission

Voltage Levels:

- o Extra low voltage network (up to 120 V)
- o Low voltage network (120-1500 V)
- o Medium voltage network (above 1500 V)
- o High voltage network (above 100 kV)

4. Average Technology Readiness Level (TRL) of DC product(s)/solution(s) (1-9):



reference: [LexUriServ.do \(europa.eu\)](http://LexUriServ.do.europa.eu)

5. What is your configuration for voltage polarity :

- Monopole with ground return ?
- Monopole with metallic return ?
- Bipole with ground return ?
- Bipole with metallic return ?
- Other:

6. What is your configuration for grounding :

- IT-system (isolated) ?
- TN-S system (solid grounded) ?
- Other:

7. What type of switchgear do you plan to use for your application :

- Disconnecter and earthing switch ?
- Load break switch ?
- Circuit-breaker for short-circuit interruption ?
- Other:

8. Which collaborations (partnerships, collaborative R&D project, cooperation, etc) are you undertaking that you believe will have the greatest impact on the advancement of DC distribution? Details:

9. Please indicate the standards or draft standardisation material that actively impact your DC R&D. Indicate all that apply, and rank in order of significance (1 indicates the most significant).

- The EMerge Alliance Data/Telecom Centre Standard
- IET Code of Practice for Low and Extra Low Voltage Direct Current Power Distribution in Buildings
- National distribution code
- IEC Technology Report LVDC: electricity for the 21st century
- IEC TC8 A Preliminary Work item (PWI) (TR 8-2 ED1) on "Assessment of standard voltages and Power Quality requirements for LVDC distribution",
- IEEE Standard for DC Microgrid for Rural and Remote Access Applications
- IEC 60092-101:2015, Electrical Installations in Ships-Part 101: Definitions and general requirements.
- IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects
- Other:

Please indicate any additional examples of importance, indicating their relative significance:

10. Most Promising Works and Technical Readiness Levels (TRLs):

What do you consider to be the most promising works and how long it will take to have them commercialized? Typically, to progress of 1 degree of maturity on the TRL scale requires at least 1 year of work.

• TRL 1-3	• TRL4-6	• TRL 7-9
Work 1	Work2	Work3,..

11. If you would like to add any other comment that describes your DC solutions.

Thank you for your time in completing this questionnaire. It would help the work we are undertaking if you were able to provide some specific details as below – these will not form part of the public report, but will help in the analysis we will undertake. In providing the information below, you are granting permission for us to contact you in connection with the analysis of this questionnaire, and as a thank you we will forward on a copy of final report.

- Yes, I am happy for you to contact me in connection with the results of this study, and provide the following information in support.

Contact email address:

Name of organisation:

Name of department/centre/group/:

Web address for department/centre/group/:

Scope for which questionnaire return submitted:

- whole organisation
 - the aforementioned department/centre/group/
 - other: details
- No, I do not want to supply additional information and do not want to be contacted with the results of the study.

Fragebogen

DC Technologien im Bereich öffentlicher Verteilernetze in Österreich

Die Umfrage richtet sich an Verteilernetzbetreiber, um mögliche Erfahrungen und zukünftige Anwendungsfälle für Niederspannungs- (0 - 1,5 oder +/- 0,75 kV) und Mittelspannungsgleichstromsysteme (bis zu 100 oder +/-50 kV) zu erheben.

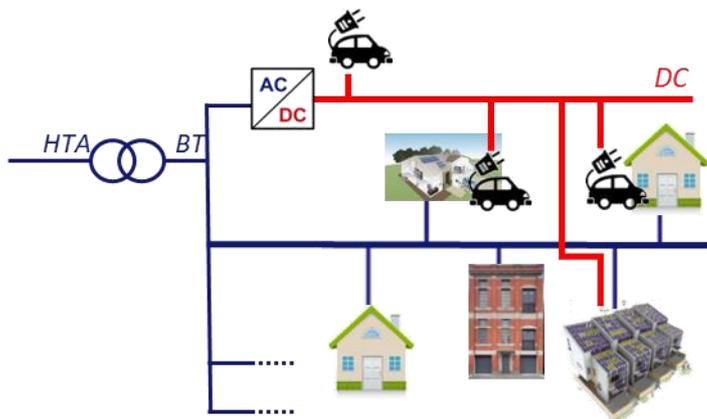
Ziel ist es folgende Punkte zu erheben:

- I. Haben Sie sich schon mit dem Thema DC beschäftigt? (1 gar nicht ...5 intensiv)
- II. Sind nachfolgend dargestellte Anwendungsfälle in der beschriebenen oder einer abgewandelten Form aus Ihrer Sicht relevant? (1 nicht relevant ... 5 sehr relevant)
- III. Sehen Sie Vorteile aus der DC Anwendung? D.h. sind die nachfolgend gelisteten Vorteile für Sie relevant und spielen andere Aspekte gegebenenfalls eine wichtigere Rolle? (1 kaum ... 5 starke Vorteile)
- IV. Gibt es schon eine Anwendung in laufenden Netz- oder Forschungsprojekten bzw. haben sie etwas in Planung? (Beschäftigt man sich mit dem Thema? Ja/nein, wenn ja Freitext)
- V. Anführen möglicher Hinderungsgründe?
 - a. Fehlende Komponenten
 - b. Fehlende Vorteile
 - c. Fehlende Normen
 - d. Fehlende Regulierungen
 - e. Fehlende Informationen
 - f. Sonstiges: _____

Die Beantwortung dauert nur wenige Minuten.

Nachfolgend sind mehrere DC-Anwendungsfälle im Bereich öffentlicher Verteilernetze aufgelistet. Diese sind aus aktuellen CIRED und CIGRE Reports extrahiert.

1. Niederspannungs-DC-Anbindung von Ladeinfrastruktur für Elektrische Fahrzeuge
Parallele DC Abzweige zur Versorgung von Ladeinfrastruktur mit höherer Ladeleistung.
 - potenzielle Effizienzgewinne durch zentralisierte AC/DC-Wandlung
 - geringere Kabelerwärmung als im AC-Fall, damit höhere Anzahl von Ladestationen pro Abzweig möglich)
 - Geringerer Spannungsabfall
 - Höhere Stromtragfähigkeit
2. LV AC/DC Hybridnetz zur Anbindung von PV, Elektromobilität und Speicher
Hybrider (AC und DC) Abzweig von der Ortsnetzstation zur Anbindung klassischer AC Anwendungen und DC für Elektromobilität, PV und Speicher.



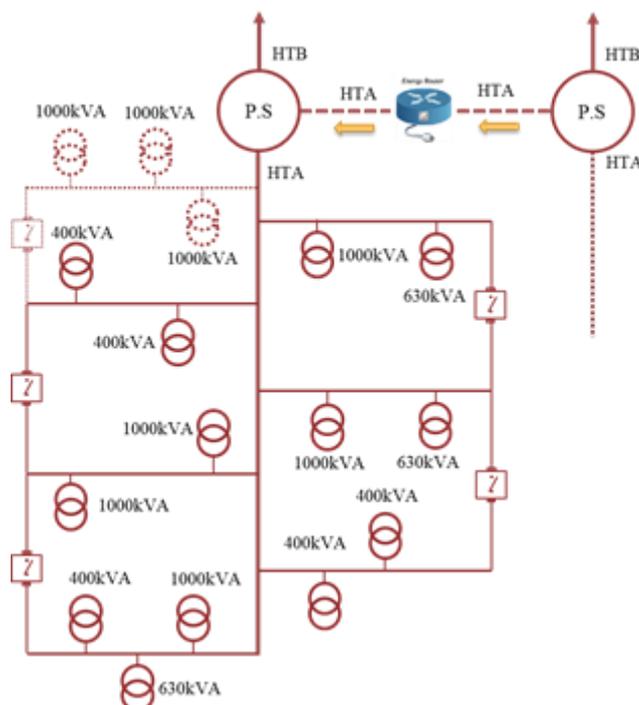
- Höhere Gesamteffizienz
- Größerer Anteil an Anlagen integrierbar
- Management von Blindleistung, AC-Spannung und Frequenz möglich

3. DC Anbindung entfernter Kunden (LV oder MV)

Versorgung entlegener Kunden. Z.b. Ersatz von 900 V Leitungen im Niederspannungsnetz.

- Kapazitätsgewinn durch DC-Betrieb
- Geringere Verluste bei gleichem Kabelquerschnitt
- Keine Blindleistungsflüsse
- Lastflussmanagement möglich, AC-Spannung und Frequenz möglich

4. DC Verbindung zwischen zwei MV AC Netzen



- Dauerhafte Redundanz zwischen den beiden Netzen, höhere Versorgungssicherheit

- Lastoptimierung auf beiden Seiten
- Verbindung von Netzen verschiedener Charakteristik (Phasenwinkel, Frequenz, Nennspannung) möglich (z.B. Ankopplung an Bahnnetze)

5. Erhöhte Leitungskapazität durch DC Betrieb

Anstelle einer Netzverstärkung durch parallel AC Leitungen erfolgt ein DC Betrieb bestehender AC Infrastruktur.

- Höhere Übertragungskapazität
- Lastflussmanagement möglich
- Blindleistungslieferung auf der AC-Seite, wenn Konverter mit AC Netz verbunden
- Erhöhte Aufnahmekapazität für Erneuerbare
- Keine Verdrillung notwendig, daher höhere Leiterdurchmesser möglich

6. DC Sammelnetze für die Integration von Wind und PV

- Reduzierte Umwandlungsverluste
- Einsparung Leistungselektronik

7. Weitere? _____

Survey Questionnaire on existing DC systems in academic/research institutes

Survey Questionnaire on Existing DC Systems in Academic/Research Institute (Basis CIRED WG 2019-1).

The DC Initiative of the Austrian Association of Electrical Engineering (OVE) has set itself the goal of increasing the visibility of Austrian stakeholders with regard to the global development of direct current (DC) technologies, to network players in this field and support the development of visible cooperative R&D projects. Further information on the OVE DC Initiative can be found here: <https://www.ove.at/news-details/dc-technologien-fuer-die-energiewende>

This survey aims to gain an overview on developments and needs in context of DC technologies for a global market and their development in Austria with a scope on all voltage levels:

- LV (0 - 1,5 or +/- 0,75 kV)
- MV DC systems (up to 100 or +/-50 kV)
- and HVDC

The questionnaire covers technical questions around DC technologies, so if you feel there is someone in your institution familiar with the technical details please feel free to pass the questionnaire to them. Also, if there are multiple teams working on these topics then feel free to return multiple responses, just be sure to indicate clearly at the end of the questionnaire the scope for which the response is provided to avoid double counting. The questions refer to a variety of aspects, including size of teams, laboratory features, target applications, technologies, and relevant standards.

The survey should take no more than 10 minutes to complete.

12. Please describe your organisation and your role.

- **1.A. Please describe the nature of your organisation:**
 - RTO
 - University
 - Industrial R&D unit (large)
 - Industrial R&D team (SME)
 - Other
- **1.B. Please describe your role within your organisation:**
 - Senior academic staff
 - Management
 - Senior Researcher
 - Junior Researcher
 - Technical/Support staff
 - Other
- **1.C. Please define the country in which your activities are primarily based:**

13. Please list the main research topics of your academic/research team. Indicate all that apply, and rank in order of relative significance (1 is most significant):

- DC microgrids
- LVDC distribution systems
- Protection schemes
- Net zero energy buildings
- Hybrid AC/DC systems
- Telecom systems
- Microgrid with solar systems
- Microgrid with wind systems
- Microgrid with other energy source
- Off-grid systems
- Marine systems
- Aircraft systems
- DC Off-shore
- Electric vehicle systems
- Hybrid solar/wind and diesel systems
- Hardware: DC/DC converters
- Hardware: AC/DC conversion
- Hardware: cables
- Grounding schemes
- Control and stability of microgrids
- LVDC appliances
- Markets and regulation
- Railway systems
- Charging infrastructure for e-mobility
- Standards
- MVDC systems
- Power Transmission
- Other

14. Please describe in a few words the primary goals of the research undertaken by your team (optional)?

15. Please provide the total number of laboratories, value invested, and nature of funding associated with your DC distribution work.

4.A. The number of laboratories involved in DC distribution work:

4.B. The total value invested in laboratory facilities for DC distribution work: Currency (€ equivalent):

4.C. The nature and range of experimental power levels undertaken in your DC laboratories (indicate all that apply, using 1 to indicate most prominent)

- Simulation
- Controller hardware in the loop
- Power hardware in the loop

- Sub-1kW experimentation
- 1-5kW experimentation
- 5-10kW experimentation
- Up to 100kW
- Above 100kW

Please provide any other specific details of the laboratory facilities, including web address where applicable:

16. Please state the size of the team currently working on topics related to DC distribution.

- Masters/undergraduate project students:
- PhD candidates:
- Postdoctoral researchers:
- Academic staff:
- Technical and support staff:

17. Which collaborations (partnerships, collaborative R&D project, cooperations, etc) are you undertaking that you believe will have the greatest impact on the advancement of DC distribution? Details:

18. Please indicate the maturity and promise in your current research by indicating the most promising work across the Technology Readiness Levels.

- Low TRL (1-3): what do you consider to be the most exciting concept currently being researched:
- Mid TRL (4-6): what do you consider to have the greatest impact from your current crop of mid-TRL R&D:
- High TRL (7-9): what do you consider has the greatest prospect of widespread deployment in the next three years from your high TRL work:

19. Please indicate the target applications for which you are undertaking research. Indicate all that apply and rank in order of dominance (1 indicates the most dominant).

- DC within buildings
- DC for lighting
- DC for EV charging
- DC for last mile distribution
- DC for medium voltage distribution
- DC for telecommunication systems
- DC for data centres
- DC for traction and rail systems
- DC for other vehicles
- DC for HV Power Transmission
- Other:

20. Please indicate the target voltage and power levels that dominate your research. Indicate all that apply and rank in order of dominance (1 indicates the most prominent).

- Extra low voltage (up to 120 V)
- Low voltage (120-1500 V)
- Medium voltage (above 1500 V)
- High voltage (above 100 kV)

Please provide more specific details, such as nominal voltage levels and target power levels of interest:

21. Please indicate which of the following energy storage technologies are involved in your DC R&D. Indicate all that apply.

- Li-Ion batteries
- Other batteries
- Fuel-cells
- Flywheels
- Super capacitors
- Compressed-air systems
- Other:

Please indicate any additional details of importance:

22. Please indicate the communication systems employed in the management of your DC systems. Indicate all that apply

- Bluetooth
- EtherCAT
- Cat 5
- Cat 6
- Ethernet
- Wifi
- ZigBee
- Fieldbus
- Optical fibre
- Other

Please indicate any additional details of importance:

23. Please indicate the standards or draft standardisation material that actively impact your DC R&D. Indicate all that apply, and rank in order of significance (1 indicates the most significant).

- The EMerge Alliance Data/Telecom Centre Standard
- IET Code of Practice for Low and Extra Low Voltage Direct Current Power Distribution in Buildings
- National distribution code
- IEC Technology Report LVDC: electricity for the 21st century

- IEC TC8 A Preliminary Work item (PWI) (TR 8-2 ED1) on “Assessment of standard voltages and Power Quality requirements for LVDC distribution”,
- IEEE Standard for DC Microgrid for Rural and Remote Access Applications
- IEC 60092-101:2015, Electrical Installations in Ships-Part 101: Definitions and general requirements.
- IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects
- Other

Please indicate any additional examples of importance:

24. Please indicate the volume and location of the peer-reviewed publications on the topic of DC systems?

- **13.A. Approximately how many journal papers has your team published in DC systems over the last 5 years:**
- **13.B. Where do you target for your DC system publications. Indicate all that apply and rank in order of significance (1 indicates the most significant)**
 - IEEE transactions on power electronics
 - IEEE transactions on power delivery
 - IEEE transactions on smart grid
 - Elsevier
 - CIGRE conference & workshops
 - CIGRE conference & workshops
 - IEEE International Conference on DC Microgrids (ICDCM)
 - E&i Journal
 - Other journals
 - Other conferences

Indicate any additional details:

25. What do you use as the main source for validation of your modelling and simulation work? Indicate all that apply and rank in order of significance (1 indicates the most significant)

- Peer reviewed publications
- Published data sets
- Experimentation
- National field trials
- International trials
- Industrial partners
- No validation sources
- Other validation sources

Indicate any additional details:

26. Which software tools are you using for most of your modelling work associated with DC systems? Indicate all that apply and rank in order of significance (1 indicates the most significant)

- Matlab/Simulink
- PLECS
- PSCAD
- Digsilent Power Factory
- HOMER
- RSCAD
- EMTP-RV
- Comsol
- Ansys Maxwell
- Other

Indicate any additional details:

27. Which hardware-in-the-loop (HIL) simulation tools are you using associated with DC systems? Indicate all that apply and rank in order of significance (1 indicates the most significant)

- Opal-RT
- Typhoon HIL
- RTDS
- RT Box National Instruments
- Speedgoat

Indicate any additional details:

Thank you for your time in completing this questionnaire. It would help the work we are undertaking if you were able to provide some specific details as below – these will not form part of the public report, but will help in the analysis we will undertake. In providing the information below, you are granting permission for us to contact you in connection with the analysis of this questionnaire, and as a thank you we will forward on a copy of final report.

- Yes, I am happy for you to contact me in connection with the results of this study, and provide the following information in support.

Contact email address:

Name of organisation:

Name of department/centre/group/laboratory:

Web address for department/centre/group/laboratory:

Scope for which questionnaire return submitted:

- whole organisation
- the aforementioned department/centre/group/laboratory
- other: details

•

- No, I do not want to supply additional information and do not want to be contacted with the results of the study.

AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY GMBH
Giefinggasse 4 | 1210 Vienna | Austria

Friederich Kupzog
friederich.kupzog@ait.ac.at | www.ait.ac.at