Amt für Grundstücke und Gebäude

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern

Office des immeubles et des constructions

Direction des travaux puplics, des transports et de l'énergie du canton de Berne

Reiterstrasse 11
3011 Bern
Telefon 031 633 34 11
Telefax 031 633 34 60
e-mail info.agg@bve.ch

Geschäfts-Nr. 16.0237

Projektpflichtenheft Bau

Bauliche und Technische Projektanforderungen

Phase: **21 Projektdefinition** / **Machbarkeit**

Bern, Kantonale Militäranlagen Papiermühlestrasse Arealversorgung Gebäudetechnik

Version 0.2, 24.02.2020 / **Phasenabschluss**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 3
1.1 Gültigkeit / Aktualisierung 3
1.2 Genehmigung 3
1.3 Versionenverwaltung 3
1.4 Verteiler 3
1.5 Grundlagen 3
2. Bauliche und technische Anforderungen 4
2.1 Gesetzliche Normen und Vorgaben 4
2.2 Allgemein gültige Grundlagen 4
2.3 Nachhaltig Bauen 4
2.4 Systemtrennung 4
2.5 Umwelt und Ökologie 5
2.6 Materialisierung 6
2.7 Tragwerk 7
2.8 Energie 8
2.9 Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär und Elektro, Gebäudeautomation) 8
2.10 Umgebung 12
2.11 Hindernisfreiheit 12
2.12 Emissionen / Immissionen 12
2.13 Unterhalt, Instandhaltung und Betrieb 13
3. Beilagen 15
3.1 Beilagen Verzeichnis 15
3.2 Nützliche Links 15
3.3 Abkürzungsverzeichnis 16
4. Unterschriftenblatt 17

1. Einleitung

1.1 Gültigkeit / Aktualisierung

Die baulichen und technischen Projektanforderungen gelten für die ganze Projektdauer. Sie werden mindestens phasenweise überprüft und präzisiert und bei relevanten Änderungen aktualisiert. Für die Pflege bzw. Aktualisierung ist die Gesamtprojektleitung (GPL) verantwortlich.

1.2 Genehmigung

Die baulichen und technischen Anforderungen werden durch den Auftraggeber (AG) freigegeben.

1.3 Versionenverwaltung

Version	Datum	Änderung	Ersteller	Bemerkung
0.1	15.07.2019	Entwurf, Inputs Fachcontrolling	Bauherr	Basisdokument
0.2	24.02.2020	Projektanforderungen	Bauherr	Phasenabschluss SIA 21

1.4 Verteiler

Empfänger	Version					
Alle Mitglieder der unten stehenden Gremien	0.1	1.0	1.1			
Auftraggeber (AG)	x	x	x			
Gesamtprojektleiter (GPL)	x	x	x			
Betriebsprojektleitung (BPL)		x	x			
Leitung Planung / Realisierung		x	x			
Projektstab (Projektcontrolling)		x	x			
Projektstab (Fachcontrolling)		x	x			

1.5 Grundlagen

Alle projektrelevanten Dokumente gemäss Beilage, bilden integrativen Bestandteil des vorliegenden Projektpflichtenhefts Bau und sind als Gesamtdokumentation verbindlich.
Beilage 01 Massnahmenkatalog ergänzt das vorliegende PPH im Sinne einer vertieften Massnahmendefinition respektive -abgrenzung.

2. Bauliche und technische Anforderungen

2.1 Gesetzliche Normen und Vorgaben

Es gelten Schweizerisches Recht, Normen und Vorschriften, insbesondere die technischen Normen schweizerischer Fachverbände, u.a. des SIA.

2.2 Allgemein gültige Grundlagen

Neben den gesetzlichen und baurechtlichen Bestimmungen sind die Richtlinien des Amtes für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern (AGG) verbindlich und vollständig im Projekt umzusetzen. Allfällige Abweichungen von den gültigen Richtlinien, Vorgaben und Weisungen des AGG sind detailliert zu begründen und der Gesamtprojektleitung zur Genehmigung und Freigabe durch den Auftraggeber vorzulegen.
Die aktuell gültigen Richtlinien (Stand April 2019), insbesondere für die Bereiche Tragwerk, Systemtrennung, Umwelt & Ökologie, sowie Energie & Haustechnik, sind auf dem Internet verfügbar:
http://www.bve.be.ch/bve/de/index/grundstuecke_gebaeude/grundstuecke_gebaeude/formulare_dokumente.html

2.3 Nachhaltig Bauen

2.3.1 Allgemeines

Das Nachhaltige Bauen und Bewirtschaften seiner Gebäude ist für den Kanton Bern ein bedeutender Schwerpunkt. Demzufolge baut und saniert der Kanton Bern seine Gebäude nach den Kriterien des Standards Nachhaltig Bauen Schweiz. Dieser Standard sichert eine hohe Qualität in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt.

2.3.2 Projektspezifische Anforderungen

Eine Zertifizierung der bestehenden Gebäude nach dem schweizerischen Standard für nachhaltiges Bauen (SNBS) ist vorerst nicht vorgesehen. Dennoch sind die heute verfügbaren SNBS-Kriterien im Planungsprozess zu berücksichtigen, und anzuwenden.

2.4 Systemtrennung

2.4.1 Allgemeines

Die Gebäude sind konsequent nach dem Prinzip der Systemtrennung zu planen und auszuführen.
Die entsprechenden Grundsätze (Arealverfügbarkeit mit horizontaler und vertikaler Erweiterbarkeit, Flexibilität bei Nutzung und Nutzungsentwicklung und der Bauteiltrennung in Primär-, Sekundär- und Tertiärsystem) sind zu berücksichtigen. Bei der Konzeption des Gebäudes (statische Rastereinteilung, Fassadenraster, Raumhöhen, Nutzlasten) ist darauf zu achten, dass zukünftige Umnutzungen und Nutzungsentwicklungen möglich sind. Dabei ist die Platzierung des oder der Baukörper/s ebenso zu berücksichtigen, wie die Wahl der Gebäude- und Arealerschliessung.

2.4.2 Projektspezifische Anforderungen

<u>Arealverfügbarkeit</u>

Unterirdische Trafostation: Die heute verfügbaren Arealreserven sind insbesondere im Bereich der neuen unterirdischen Trafostation möglichst zu erhalten. Zudem ist zu beachten, im Falle einer überfahrbaren Anordnung der Trafostation deren Zugang zu jeder Zeit, ohne Einschränkung im Verkehrsfluss gewährleistet ist.

<u>Flexibilität / Nutzungsentwicklung</u>

Die Gebäudestruktur und der Ausbau sind so zu wählen, dass eine hohe Flexibilität für verschiedene Raum- und Nutzungsbedürfnisse gewährleistet ist. Dabei ist auch zukünftigen Umnutzungen und Nutzungsentwicklungen Rechnung zu tragen.

Bauteiltrennung

Die Bauteiltrennung ist konsequent in Planung/Projektierung und Ausführung anzuwenden und umzusetzen.

2.5 Umwelt und Ökologie

2.5.1 Allgemeines

Der Bereich Umwelt und Ökologie beinhaltet den Aspekt der Baustoffe hinsichtlich Grauer Energie, Innenraumklima, Erneuerbarkeit usw. Weitere Themen sind die umweltgerechte Mobilität, die Umgebung, Bodenaltlasten, Bauschadstoffe und der Umweltschutz auf der Baustelle.
Gesundes und ökologisches Bauen bietet Vorteile für die Umwelt und den Gebäudenutzer. Ein behagliches Innenraumklima schützt ihre Gesundheit und fördert das Wohlbefinden.
Alle kantonale Neu- und Umbauten sowie Grossinstandsetzungen müssen den Minergie(-P)-Eco Standard einhalten und zertifiziert sein. Kann ein Neu- oder Umbau oder eine Grossinstandsetzung nicht in Minergie(-P)-Eco zertifiziert werden, so sind die eco-bkp Merkblätter "Ökologisch Bauen" von eco-bau, 1. Priorität anzuwenden.

2.5.2 Projektspezifische Anforderungen

Baustoffe

Die Baustoffe müssen die Anforderungen von Minergie-Eco erfüllen. Demzufolge sind gut verfügbare Primärrohstoffe und ein hoher Anteil an Sekundärrohstoffen zu verwenden. Bei der Herstellung ist auf eine geringe Umweltbelastung zu achten. Die Baustoffe sollten so wenig Schadstoffe wie möglich vorweisen und es sind einfach trennbare Verbundstoffe und Konstruktionen zur Wiederverwendung bzw. -verwertung zu verwenden.

Mobilität

Die Mobilitätsanforderungen gemäss Anhang 10 «Anforderungen Fahrzeugbetriebe_28.02.2018» sind im Projekt zu berücksichtigen. Demnach sind insgesamt 15 Anschlüsse für Plug-In Fahrzeuge bereitzustellen.

Umgebung

Siehe Anforderungen unter Ziff. 2.14 Umgebung.

Bodenaltlasten

Das Areal ist im kantonalen Kataster für Bodenaltlasten eingetragen. Bereits früh im Projekt sind die Altlasten aufzunehmen und die Sanierungsmassnahmen zu spezifizieren und umzusetzen (vergleiche Richtlinie Umwelt und Ökologie, Punkt 24).

Gebäudeschadstoffe

Vor dem Rückbau von Bauteilen, sind diese (bei Verdacht) auf mögliche Bauschadstoffe hin zu untersuchen und entsprechend zu entsorgen.

Untersuchung Gebäudeschadstoffe vom 9.12.2019 (ANS Architekten und Planer AG)

Im Rahmen der durchgeführten Bauschadstoffuntersuchung wurden die als verdächtig eingeschätzten, bestehenden Materialien innerhalb des Massnahmenparameters untersucht. Die daraus hervorgehenden Resultate dienen als Hilfestellung für sämtliche aktuellen und zukünftigen Projektbeteiligten. Das Vorliegen des erwähnten Untersuchungsberichtes entbindet die künftigen Planungs- und Realisierungsunternehmen nicht von der vollumfänglichen Verantwortung im Rahmen der selbständigen Beurteilungs- und Handlungssorgfalt. Folgende Erkenntnisse gehen aus den getätigten Untersuchungen hervor:

- Gebäudegruppe 13: Die projektrelevanten Bauteile dieser Gebäude wurden nach 1990 umfassend erneuert. Es sind daher keine schadstoffverdächtigen Bauteile zu erwarten.
- Gebäude 15: Im Rahmen der projektrelevanten Bauteile sind keine kostenrelevanten Schadstoffsanierungen zu erwarten. Gewisse Anlageteile (Warmwasserboiler, Flanschdichtungen,

etc.), welche vor 1990 eingebaut worden sind, können Asbest enthalten. Diese können mit geringem Aufwand demontiert und entsorgt werden.

- Gebäudegruppe 15C/D: Im Rahmen der projektrelevanten Bauteile, welche vor 1990 eingebaut wurden, besteht Verdacht auf Asbest. Vereinzelt wurde dieser Verdacht bestätigt. Die entsprechenden Bauteile können mit geringem Aufwand demontiert und entsorgt werden.

  Es bestehen PAK-haltige Korkdämmungen, diese sind fachgerecht demontieren und entsorgen zu lassen.

- Gebäudegruppe 17: Im Rahmen der projektrelevanten Bauteile, welche vor 1990 eingebaut wurden, besteht Verdacht auf Asbest. Vereinzelt wurde dieser Verdacht bestätigt. Die entsprechenden Bauteile sind durch ein anerkanntes Asbestsanierungsunternehmen fachgerecht demontieren und entsorgen zu lassen.

Gewässerschutz:

Der Unternehmer hat mit den Submissionsunterlagen ein Gewässerschutzkonzept für die Baustelle einzureichen.

Bei der Baureinigung sind ausschliesslich Produkte der IGÖB-Empfehlungsliste einzusetzen. Abweichungen sind zu begründen und vorab durch FC- Umwelt und Ökologie genehmigen zu lassen.

2.6 Materialisierung

2.6.1 Allgemeines

Konstruktion und Materialisierung sind Teil des architektonischen Ausdrucks, sollen nachvollziehbar sein und zu einem harmonisch ansprechenden Gesamtbild führen.
Beides soll so gewählt werden, dass eine dauerhafte, ansprechende und kostenoptimierte Lösung mit möglichst geringen Unterhalts-, Betriebs- und Instandsetzungskosten, unter Erfüllung der ökologischen Vorgaben erfolgt (siehe auch Ziff. 2.16 Unterhalt, Instandhaltung und Betrieb).
Es wird ein einfacher, robuster und funktionaler, aber kein luxuriöser Baustandard angestrebt. Technische Einrichtungen und Automatisierungen sind nur dort einzusetzen, wo Anforderungen nicht mit anderen, einfacheren Mitteln gelöst werden können. Diese können von organisatorischer, baulicher oder konzeptioneller Art sein. Die Behaglichkeit für die Nutzer ist in allen Belangen wie Temperatur, Raumluft, Licht, Akustik etc. durch konzeptionelle Massnahmen und eine dafür geeignete Konstruktion zu gewährleisten.
Die für das architektonische Konzept relevanten Materialien sollen so geplant, dargestellt und beschrieben werden, dass ein Nachweis über Robustheit, tiefe Betriebskosten (reinigungs- und wartungsfreundlich) und Langlebigkeit über die gesamte Lebensdauer nachvollziehbar ist.
Für die Reinigung, Unterhalt und Instandsetzung ist eine betriebswirtschaftlich angemessene Zugänglichkeit der Fassade, Gebäudetechnik und anderer Bauteile nachzuweisen. Für die Langlebigkeit der Fassade ist insbesondere bei Anwendung von Holzwerkstoffen ein konstruktiver Holzschutz einzuplanen.

2.6.2 Projektspezifische Anforderungen

Die vorgesehenen Materialien sind im Rahmen der Projektierung in Form eines Materialkonzeptes zu dokumentieren. Materialien mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen sind durch den FC- Umwelt und Ökologie zu prüfen und durch den BM vorab zu genehmigen lassen.
Die Materialisierung hat gemäss den ECO-BKP Merkblättern zu erfolgen. Es sind Materialien aus der 1. Priorität zu wählen, Ausnahmen sind zu begründen und vom GPL in Rücksprache mit dem FC-U+Ö zu genehmigen. Alle genehmigten Ausnahmen (1. Priorität) sind im Bericht U&Ö phasenweise auszuweisen.
Es sind nach Möglichkeit Konstruktionen und Systeme zu wählen, welche hohe Anforderungen bezüglich Auswechselbarkeit, Trennbarkeit und Recyklierbarkeit erfüllen.
Nach Abschluss der Bauarbeiten ist das Materialkonzept, nach BKP-Struktur, aufgrund der effektiv verbauten Materialien zu aktualisieren resp. zu ergänzen und der Schlussdokumentation (einschliesslich Produkteblätter und Materialspezifikationen) beizulegen.

2.7 Tragwerk

2.7.1 Allgemeines

Das Tragwerk soll gemäss Norm SIA 260:2013, Ziffer 2.3.1 bei angemessener Einpassung, Gestaltung und Zuverlässigkeit wirtschaftlich, robust und dauerhaft sein. Zur Schonung der natürlichen und finanziellen Ressourcen ist das Tragwerk möglichst effizient auszubilden; insbesondere ist ein möglichst direkter Lastabtrag anzustreben. Der Nutzungsflexibilität des Bauwerks wird eine hohe Bedeutung beigemessen; dies ist bei der Wahl des Tragsystems, insbesondere was die Position der vertikal verlaufenden Tragwerkselemente anbelangt, zu berücksichtigen.
Für das Tragwerk (Primärsystem gemäss Systemtrennung) ist grundsätzlich von einer geplanten Nutzungsdauer im Sinne der Norm SIA 260:2013 von 100 Jahren auszugehen.

2.7.2 Projektspezifische Anforderungen

Unterirdische Trafostation / Elektro HV / NEA

Die unterirdisch anzuordnenden Räume sind so zu Dimensionieren, dass deren Befahrbarkeit auch für Spezialfahrzeuge der Armee und Polizei (Wasserwerfer, Panzer, etc.) gewährleistet ist. *Detaillierung der konkreten Traglastanforderungen ist zu ergänzen.*

Nutzlasten

Es gelten die Nutzlasten entsprechend der Nutzung gemäss der Norm SIA 261:2014 und der Richtlinie Systemtrennung. ~~Abweichungen können dem Raumprogramm entnommen werden.~~

Schutzziele

Die Schutzziele für die allgemeinen Einwirkungen sind den Normen SIA 260:2013 bzw. SIA 261:2014 zu entnehmen.
Angaben zur Bauwerksklasse ist zu ergänzen.

Gebrauchstauglichkeit

Die Gebrauchsgrenzen für Tragwerksverformungen sind gemäss den Richtwerten der Norm SIA 260 festzulegen. Hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit sind die Gebrauchsgrenzen projektspezifisch in Abhängigkeit der Auswirkungen auf die relevanten Drittgewerke zu definieren. Vorab stehen die Richtwerte für Einbauten mit sprödem Verhalten im Vordergrund.

Baugrube und Fundation

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse können dem geotechnischen Gutachten entnommen werden. Den vorliegenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen ist bei der Konzeption des Gesamttragwerks und insbesondere der Fundation und Baugrube, angemessen Rechnung zu tragen. Hinweise zu möglichen Fundations- und Baugrubenkonzepten enthält das geotechnische Gutachten.

Archivrecherche Baugrund vom 24.02.2020 (Geotechnisches Institut AG)

Im Rahmen der durchgeführten Archivrecherche wurde der für den Neubau der unterirdischen Trafostation relevante Perimeter, im Hinblick auf folgende bautechnische Folgerungen untersucht:

- **Fundation und Setzungen:** Bei einer Tiefenlage von gut 5m unter dem Terrain befindet sich die Gründungssohle auf rund 553.3 m ü. M. in den gut tragfähigen und mässig bis wenig setzungsempfindlichen Felderschottern, die sich grundsätzlich gut für eine Flächenfundation eignen. Nur knapp 1 m unter der Aushubsohle liegen jedoch die deutlich setzungsempfindlicheren Rückstausedimente. Sollte der Abstand zu den Rückstausedimenten geringer oder diese lokal ausgesprochen weich ausgebildet sein, so ist mit grösseren Setzungsbeträgen zu rechnen. In diesem Fall werden gegebenenfalls zusätzliche Massnahmen wie eine bessere Verteilung der Lasten notwendig.
- **Verbau und Wasserhaltung:** Die Baugrubensohle liegt mit einer Aushubtiefe von 5.2 m bei normalen Wasserständen nur wenig über dem Grundwasserspiegel. Aus diesem Grund wird empfohlen, auf zusätzliche bauliche Vertiefungen möglichst zu verzichten. Mit der aktuellen Tiefenlage des Gebäudes ist **kein dichter Verbau** notwendig, jedoch sind während der Bau-

zeit **Wasserhaltungsmassnahmen vorzuhalten** (z.B. Erstellung von Pumpensümpfen, Ableitungen inkl. Absetzbecken und Neutralisationsanlage).

- **Aushub:** Sowohl die befestigten Flächen mit Kofferungen als auch die Felderschotter sind gut befahrbar. Beide Schichten sind im Weiteren gut baggerbar. Reste von früheren Bebauungen sind nicht zu erwarten, da das Gebiet vor dem Bau der Kaserne unbebaut war.

Das Vorliegen des erwähnten Untersuchungsberichtes entbindet die künftigen Planungs- und Realisierungsunternehmen nicht von der vollumfänglichen Verantwortung im Rahmen der selbständigen Beurteilungs- und Handlungssorgfalt.

2.8 Energie

2.8.1 Allgemeines

Das Thema Energie stellt bei kantonalen Bauvorhaben einen Schwerpunkt der Ökologischen Nachhaltigkeit dar. Prioritär werden die hohe Energieeffizienz und ein hoher Anteil erneuerbare Energie bei Wärme und Elektrizität zur Eigenversorgung angestrebt.
Gesetzlich müssen die kantonalen Neubauten mindestens den Minergie-P Standard, Umbauten den Minergie-Standard erreichen. Weitere Standards wie "Plusenergiegebäude" sind möglich, wobei die Grundanforderung von Minergie-P immer bestehen bleibt. Gebäudehüllen von neuen kantonalen Gebäuden sowie von bestehenden Gebäuden bei ihrer Erneuerung sind mit Anlagen zur Nutzung der Sonnenenergie auszustatten.

2.8.2 Projektspezifische Anforderungen

<u>Medienerschliessung</u>

In der nächsten Projektphase sind hinsichtlich eines allfälligen Anschlusses an den neuen Wärmeverbund Guisanplatz entsprechende Abklärungen zu treffen. Zur Sicherstellung etwaiger Fernwärmeleitungen sind Platzreserven von mind. 4 x 30cm Durchmesser + Dämmung zwischen Guisanplatz und Heizzentrale Papiermühlestrasse 15 vorzusehen. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass Konflikte mit der neuen, unterirdischen Trafostation vermieden werden.

<u>Energiekonzept</u>

- Es liegt im Anhang eine Vorstudie zur Sanierung der Wärmeerzeugung vor. Es wird grundsätzlich die Variante Gaskessel und BHKW ausgeführt.
- Das EWB plant in der Nähe des Kasernenareals einen Nahwärmeverbund, welcher voraussichtlich im Jahr 2022/2023 in Betrieb gehen soll und primär die Abwärme der CSL Bering nutzt. Das Planungsteam muss die notwendigen Abklärungen / Planungen für diese Lösung bis zur Phase Bauprojekt parallel zur Basislösung Gaskessel mit BHKW planen (Zurzeit muss davon ausgegangen werden, dass beide Lösungen bis und mit Bauprojekt geplant werden müssen). Die Verhandlungen mit dem EWB sind zu führen unter Beizug des Fachcontrollers.
- Im Januar 2020 wird ein Projektreview zum Wärmeverbund EWB stattfinden. Im Anschluss daran werden die daraus hervorgehenden Informationen an das Projektteam Versorgung Kaserne kommuniziert.
- Ein Anschluss der Reiterstrasse an das Kasernenareal mittels einer Fernleitung wurde im Umfang einer Grobprüfung verworfen
- Es ist ein Versorgungskonzept zu erarbeiten, welches nachweist, dass die Arealanforderungen ab den bestehenden bzw. neuen Anlagen und Infrastrukturen sichergestellt werden können
- Bestehende und nicht mehr verwendete Anlageteile sind zu demontieren und fachgerecht zu entsorgen.

2.9 Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär und Elektro, Gebäudeautomation)

2.9.1 Allgemeines

Die haustechnischen Anlagen und Installationen haben bedeutenden Einfluss auf die Investitions-, Unterhalts- und Betriebskosten und sind mit grosser Sorgfalt zu planen und zu realisieren. Flexibilität der Versorgung und optimale Energienutzung sind entscheidend. Die Anforderungen der Systemtrennung sind einzuhalten. Neben der einwandfreien Funktionstauglichkeit ist insbesondere der

Technisierungsgrad stetig kritisch zu hinterfragen und die Energieeffizienz zu maximieren. Technische Einrichtungen sind nur dort einzusetzen, wo Anforderungen nicht mit anderen, einfacheren Mitteln gelöst werden können. Diese können von organisatorischer, baulicher oder konzeptioneller Art sein. Der Architekt und die Fachplaner müssen aufzeigen, mit welchen konkreten Massnahmen der Technisierungsgrad für die gestellte Aufgabe reduziert wird.

2.9.2 Projektspezifische Anforderungen

Installationskonzept:

Für die vertikale und horizontale Erschliessung sind einfache Installationskonzepte zu planen und zu realisieren. Sie müssen den Anforderungen der jetzigen Nutzung, sowie der vorgesehenen zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten und -entwicklungen genügen. Zusätzlich ist ein Reserveplatz von mindestens 10% (Im Bereich der Elektromobilität mind. 100%) vorzusehen. Die Erweiterung der bestehenden Installationen sowie die Installation neuer Medien müssen einfach möglich sein. Der dafür notwendige Platz, sowie gute Zugänglichkeit sind sicherzustellen.

Heizung:

- Es ist ein vollständiger Arealübersichtsplan (Grundriss und Prinzipschema, Umgebung) inkl. hydraulischer Einbindung zu erstellen.
- Sofern das Kasernenareal nicht Bestandteil des Fernwärmeverbunds «ewb Guisanplatz» wird, ist die Variante Gaskessel und BHKW umzusetzen. Das energieeffiziente Blockheizkraftwerk muss auf lange Laufzeiten von mindestens 4‘500 Volllaststunden ausgelegt werden.
- Die Heizungsinstallationen und Pumpen sind soweit zu ersetzten, dass ein nachhaltiger Betrieb für die nächsten 15 bis 20 Jahre sichergestellt werden kann. Dieselbe Aussage gilt für die Gebäudeheizungsübergabestationen aller Gebäude.
- Die einzelnen Gebäude sollen ab der Fernleitung mittels eines Heizungsumformers von der Zentrale und der Fernleitung abgekoppelt werden.
- Das Gebäude 15c+d hat eine Gasheizung für die Warmwasseraufbereitung aus dem Jahr 1996. Der Wassererwärmer ist noch erheblich älter und muss ebenfalls saniert werden. Die Liegenschaft15c+d soll zukünftig autonom ab der Heizzentrale des Gebäudes 15c+d mittels der bestehenden erdverlegten Fernleitung versorgt werden. Die bestehende Nutzung wird unverändert belassen.
- Im Gebäude 13 muss die Gastherme zur Warmwasseraufbereitung ersetzt werden. Eine alternative Variante mittels WP ist zu prüfen.
- Auf dem Areal 17 sind diverse veraltete Thermostatventile (1980 und älter) vorzufinden. Diese sind im Rahmen des Projektes und im Zuge der Systementleerung durch neue Thermostatventile zu ersetzen.
- Sämtliche heizungstechnischen Anlagen müssen im Zusammenhang mit der MSRL Sanierung auf ein Leitsystem aufgeschaltet werden. Es sind energetisch optimierte Grundeinstellungen im Umfang des Regulierbeschriebs vorzugeben.
- Die konkreten Projektanforderungen in diesem Bereich sind in Form des Massnahmenkatalog beschrieben respektive abgegrenzt.

Kühlung:

- Die bestehende Kühlung Serverräume im Gebäude 17v muss saniert und anhand der Anforderungen der Kapo Bern "Erneuerung + Modernisierung der Housing-Infrastruktur für das RZ Zeughaus" vom 1.11.2018 aufgerüstet werden. Die grundsätzliche Machbarkeit wurde im Umfang der Projektanforderungserstellung geprüft und positiv beurteilt.
- Es geht dabei einerseits um die alters- und zustandsbedingte Erneuerung der bestehenden Anlagen sowie andererseits um die Schaffung einer Redundanz im Bereich der Kälteerzeugung, Kälteverteilung (Teil Kapo) sowie bei den Kälteabgabesystemen (Teil Kapo). Der Umbau ist im laufenden und in einem nutzungsbedingt kritischen Betriebsumfeld zu vollziehen.
- Im Umfang der Erarbeitung des Vorprojektes ist eine Variantenstudie mit mindestens 3 Varianten auszuarbeiten (Abwärme Nutzung auf hohem Niveau, Abwärme Nutzung auf tiefem Niveau, Freecooling Nutzung).
- Es muss eine Variantenstudie erstellt werden, welche eine reine Abwärmenutzung im Gebäude 17V bzw. alternativ eine Abwärmenutzung an das bestehende Nahwärmesystem prüft. Es ist eine Empfehlung auszusprechen.

- Im Umfang der Machbarkeitsprüfung wurde davon ausgegangen, dass die Rückkühler in den bestehenden Unterständen zu ersetzen sind (Problematik Wärmeabfuhr unter Überdachung 17M - Wärmerückschluss). Die notwendigen Bewilligungsinstanzen sind frühzeitig beizuziehen. In Vorgesprächen zeichnete sich ab, dass aufgrund von denkmalpflegerischen Interessen anstelle der heutigen Rückkühlerlösung eine Rückkühlung mittels Monoblockgeräten realisiert werden muss. In diesem Zusammenhang müssen entsprechende Varianten ausgearbeitet und mit dem Auftraggeber sowie mit der Denkmalpflege abgeglichen werden.
- Die Sanierung muss unter Betrieb erfolgen. Aus diesem Grund ist es naheliegend, dass die neue Kälteerzeugungsanlage inkl. neuer Verteilung sowie ULK Systemen in den Räumen eingebaut wird. In einem zweiten Schritt kann die bestehende Kälteerzeugung saniert werden. Durch diese Vorgehensweise kann voraussichtlich Tier III erreicht werden.
- Im Rahmen des Vorprojekts ist durch den GP zu prüfen, wie sich die Anforderungskategorien Tier II und Tier III konkret im Bereich der Investitionskosten, Leistungen und Installationsabläufen unterscheiden. Es ist eine Entscheidungsgrundlage unter Einbezug der nutzungs- und betriebsbedingt relevanten Faktoren zu erstellen.
- Die konkreten Projektanforderungen in diesem Bereich sind in Form des Massnahmenkatalog beschrieben respektive abgegrenzt.

Lüftung/Klima:

- Sämtliche Lüftungsanlagen müssen prinzipiell auf einem Grundriss und in Prinzipschemata für alle Gebäude erfasst und dokumentiert werden.
- Sämtliche lüftungsstechnischen Anlagen müssen im Zusammenhang mit der MSRL Sanierung auf ein Leitssystem aufgeschaltet werden. Es sind energetisch optimierte Grundeinstellungen im Umfang des Regulierbeschriebes vorzugeben. Sinnvolle Optimierungen wie VAV in Räumen mit grösseren Luftmengen sind einzuplanen, falls dieses verhältnismässig realisiert werden können.
- Die konkreten Projektanforderungen in diesem Bereich sind in Form des Massnahmenkatalog beschrieben respektive abgegrenzt.

Sanitär:

- Die bestehenden Kaltwasser-, Warmwasser- und Zirkulationsverteiler sowie Enthärtungsanlagen werden analysiert.
- Sämtliche Sanitäranlagen müssen prinzipiell auf einem Grundriss und in Prinzipschemata für alle Gebäude erfasst und dokumentiert werden.
- Sämtliche Warmwasser-Erzeugungsanlagen müssen im Zusammenhang mit der MSRL Sanierung auf ein Leitssystem aufgeschalten werden. Es sind energetisch optimierte Grundeinstellungen im Umfang des Regulierbeschriebes vorzugeben.
- Ein Grossteil der bestehenden Wassererwärmer werden ersetzt.
- Die konkreten Projektanforderungen in diesem Bereich sind in Form des Massnahmenkatalog beschrieben respektive abgegrenzt.
- Generell haben sämtliche zu ersetzende Sanitärarmaturen die Energieetikette A aufzuweisen.

Spezialmedien:

- Sämtliche Druckluft-Erzeugungsanlagen müssen prinzipiell auf einem Grundriss und in Prinzipschemata für alle Gebäude erfasst und dokumentiert werden.
- Sämtliche Drucklufterzeugungsanlagen müssen im Zusammenhang mit der MSRL Sanierung auf ein Leitsystem aufgeschaltet werden. Es sind energetisch optimierte Grundeinstellungen im Umfang des Regulierbeschriebs vorzugeben.
- Die konkreten Projektanforderungen in diesem Bereich sind in Form des Massnahmenkatalog beschrieben respektive abgegrenzt.

Werkleitungen Areal:

Archivrecherche Werkleitungen vom 27.01.2020 (WAM Planer und Ingenieure AG):

Die Erkenntnisse aus den getätigten Vorstudien durch das Büro WAM sind in Form eines Situationsplans, festgehalten. Daraus geht hervor, dass im Bereich der unterirdisch zu erstellenden Trafostation verschiedene Werkleitungen umzulegen sind. Die neuen Werkleitungen für die neu zu erstellenden Elektroladestationen werden erdverlegt verbaut und sind ebenfalls dem Plan zu entnehmen.

Das Vorliegen des erwähnten Untersuchungsberichtes entbindet die künftigen Planungs- und Realisierungsunternehmen nicht von der vollumfänglichen Verantwortung im Rahmen der selbständigen Beurteilungs- und Handlungssorgfalt.

Elektroanlagen

- Im Gebäude 15 ist die Projektmassnahme "Ersatz Einzelraumregulierung" und Heizungssanierung vorgesehen. In den restlichen Gebäuden 15a, b, c und d sind, abgesehen von den HLKS und MSRL Anlagensanierungen, keine weitere Projektmassnahmen vorgesehen
- In den Gebäuden 17 können die Freiflächen bzw. die bestehenden Lagerflächen in Zukunft als Büroflächen oder z.T. als Werkstatt umgenutzt werden. Bei der Auslegung bzw. Dimensionierung der neuen Trafostation, Arealhauptverteilung, ist dies zu berücksichtigen und darzustellen. Ein entsprechendes Ablösekonzept mit der Entflechtung der Elektroversorgung des Areals (generell für die Gebäude 17) ist aufzuzeigen.
- Eine neue Areal Hauptverteilung 4x630kVA ist vorzusehen, bei Neubau Trafostation.
- Im Gebäude 17v sind neue USV-Anlagen 240kVA für die Serverräume vorzusehen. Diese sind im Bereich der Kapo redundant auszuführen.
- Eine Netzersatzanlage 800kVA ist vorzusehen, bei Neubau Trafostation. Die notwendige Stromautonomie (gemäss Bedarfsformulierung von KAPO vom 14.02.2020) ist zu berücksichtigen.
- Es ist ein entsprechendes Notstromkonzept (gemäss Bedarfsformulierung von KAPO vom 14.02.2018) auszuarbeiten. Die Kosten für die Notstromversorgung inkl. bauliche Massnahmen sind separat auszuweisen.
- Die durch das Projekt ausgelösten Arbeiten an den bestehenden und verbleibenden Bereichen und Anlageteilen sind zu Berücksichtigen.
- Die Messstellen sind in der Areal-Hauptverteilung zu zentralisieren. Im Weiteren sind die Auflagen des energieliefernden Werkes zu berücksichtigen.
- Nachweisdokumente an den Schnittstellen und Übergabepunkt der einzelnen Gewerke sind phasengerecht zu dokumentieren.
- Der Umbau erfolgt unter laufendem Betrieb. Die Energieversorgung ausserhalb des Umbauperimeters muss jederzeit gewährleistet sein.
- Hauptleitungen sind mit einer Ausbaukapazität von 20% auszulegen.
- Gruppenzuleitungen sind mit einer Ausbaukapazität von 20% auszulegen.
- Bei neuen Verteilungen sind, zusätzlich zu den notwendigen Abgängen, folgende Ausbaukapazitäten vorzusehen:
  - 10% Leitungsschutzschalter ausgebaut
  - 20% Reserveplatz
    Total = 30%
- Der innere und äussere Potentialausgleich ist zu koordinieren und in einem gemeinsamen Plan darzustellen. Näherungen zu Elektroinstallationen sind zu berücksichtigen.
- Die Einrichtungen sind mit geeigneten Massnahmen wirksam gegen Überspannungen zu schützen. Der Schutz ist nachzuweisen.
- Für die Versorgung der Ladestationen (Plug-In Fahrzeuge siehe Bedarfsformulierung von KAPO vom 28.02.2018) in den Gebäuden G, H und K ist ein eigenes autonomes Versorgungsnetz vorzusehen. Ein entsprechendes Konzept ist auszuarbeiten und es ist zu prüfen ob dies mit der Entflechtung der gesamten Versorgung kombiniert werden kann. Die Kosten für die Versorgung der Ladestationen inkl. bauliche Massnahmen sind separat auszuweisen.
- Im Konzept sind entsprechende Reserven zur späteren Erweiterung der Ladestationen vorzusehen (sind durch Bauherrschaft zu bewilligen).

Gebäudeautomation

- Es ist ein neues Übergeordnetes Leit-System über alle Gebäude vorzusehen.
- Es ist eine Aufschaltung auf das Leitsystem für die MSRL-Anlagen vorzusehen. Alle betriebstechnischen Anlagen können nach Bedarf angeschlossen werden.
- Sämtliche bestehenden Anlagen müssen gemäss heutigem Anbieter Siemens saniert werden. Alternative Szenarien sind zu analysieren und eine Empfehlung muss durch den GP abgeben werden
- Als Variante ist eine frei programmierbares System zu prüfen ûnd dabei die Vor- Nachteile dem Bauherrn vor sia Phase 41 aufzuzeigen.
- Bei der Beschaffung des neuen MSRL-Systems ist insbesondere darauf zu achten, dass die in der Betriebsphase kostenrelevanten Bestandteile wie Software, Wartungs- und Unterhaltsarbeiten sowie Ersatzteilbeschaffung ebenfalls zu diesem Zeitpunkt angeboten werden und in die Betrachtung einfliessen.
- Die Anzahl Datenpunkte sind zu optimieren bzw. zu minimieren.

- Die Alarmorganisation ist vorhanden und muss in das MSRL-Konzept einbezogen werden. Das GA (MSRL) Konzept ist so aufzubauen, dass zu einem späteren Zeitpunkt mit geringem Aufwand die Gebäude aufgeteilt werden können.
- Im Gebäude 13 muss das GA System (MSRL-Anlage) modernisiert werden.
- Im Gebäude 15 muss das GA System (MSRL-Anlage) modernisiert werden.
- Im Gebäude 15 sind die Einzelraumregulierung und die Heizungszentrale zu erneuern.
- Im Gebäude 17 muss das GA System (MSRL-Anlage) modernisiert werden.
- Alle durch das Projekt ausgelösten Anpassungsarbeiten an die bestehende und verbleibende Infrastruktur sind vorzusehen.

Kommunikationsanlagen

- Alle durch das Projekt ausgelösten Anpassungsarbeiten an die bestehende und verbleibende Infrastruktur sind vorzusehen.
- Grundsätzlich sind im Projekt keine Massnahmen der Kommunikationsanlagen vorgesehen.
- Der Nutzer hat eine eigene Benutzerregelung bezüglich der Realisierung, Beschriftung und Dokumentation der Kommunikationsanlagen. Das Planungsteam legt vor der Ausarbeitung des Projektes mit der zuständigen Abteilung des Nutzers das Kommunikationskonzept fest.

Sicherheitsanlagen

- Alle durch das Projekt ausgelösten Anpassungsarbeiten an der bestehenden und verbleibenden Infrastruktur sind vorzusehen.
- Grundsätzlich sind im Projekt keine Massnahmen der Sicherheitsanlagen vorgesehen.

2.10 Umgebung

2.10.1 Allgemeines

Die Gestaltung der Umgebung ist Teil des städtebaulichen und architektonischen Ausdrucks und soll entsprechend ein authentisches Gesamtbild ergeben. Der Flächenverbrauch für Bauten ist zu minimieren. Ungenutzte Aussenflächen sind möglichst als Grün- und Versickerungsflächen zu gestalten. Die Materialisierung und Auswahl von Pflanzen muss die Vorgaben der AGG-Richtlinien und von Minergie-ECO erfüllen.
Die Aussenraumbeleuchtung ist zusammen mit dem Lichtkonzept der Gesamtanlage ein gestalterisches Element. Die Vorgabe zur Reduktion der Lichtverschmutzung ist einzuhalten.

2.10.2 Projektspezifische Anforderungen

Die Umgebung soll bis und mit den Übergängen zu den angrenzenden Umgebungsflächen (Gehsteige, Strassen, sonstige Flächen) geplant werden. Im Projekt sind naturnahe Bereiche festzulegen und die Mindestanforderung gemäss Richtlinie Umwelt und Ökologie einzuhalten.
Es ist genügend Platz zwischen Gebäude und Parzellengrenze/ Nachbargebäude für Zugänglichkeit, Reinigung und Unterhalt der Fassaden einzuplanen.
Weitere Anforderungen an Aussenraumflächen sind im Raumprogramm festgelegt.

2.11 Hindernisfreiheit

2.11.1 Allgemeines

Die Gebäude und die Umgebung sind hindernisfrei zu gestalten. Die Vorgaben der Norm SIA 500 sind umzusetzen.

2.12 Emissionen / Immissionen

2.12.1 Allgemeines

Emissionen

Bei der Nutzung eines Gebäudes können folgende Emissionen störend sein:
- Lärm
- Erschütterungen
- Staub

- Dämpfe
- Gerüchen
- elektromagnetischer Strahlung

Die negativen Auswirkungen allfällig auftretender Emissionen sind durch geeignete Massnahmen in einem vertretbaren Rahmen zu halten.

Immissionen

Beim Immissionsschutz ist grundsätzlich die Einhaltung der Planungswerte für Neubauten einzuhalten. Wo die Normen minimale und erhöhte Anforderungen definieren, wird die Einhaltung der Minimalanforderungen gefordert. Spezifische Anforderungen in Bezug auf Emissionsschutz bzw. Immissionsschutz werden in den Raumblättern dokumentiert.

2.12.2 Projektspezifische Anforderungen

Emissionen:

Luftreinhaltung:

- Zur Verminderung der Luftbelastung durch baustellenbedingte Schadstoff-Emissionen sind die Massnahmen der Baurichtlinie Luft (BUWAL 2002) zu berücksichtigen. Es muss mindestens die Massnahmenstufe B eingehalten werden.
- Falls Baumaschinen über 18 kW eingesetzt werden, sind diese mit Partikelfilter auszurüsten.
- Für Transporte von Sand, Kies, Beton, Aushub, Abbruchmaterialien und weiteren Materialien der Baumeisterarbeiten durch LKW's muss die Abgasnorm EURO 5 eingehalten werden.
- Die vorgesehenen Massnahmen sind im Leistungsverzeichnis der Ausschreibung als Vorgabe für die Bauunternehmung konkret festzulegen.

Lärmschutz:

- Zur Verminderung der Lärmbelastung während der Bauphase ist mindestens die Massnahmenstufe B gemäss Baulärm-Richtlinie (BUWAL 2006) umzusetzen.
- Die vorgesehenen Massnahmen sind im Leistungsverzeichnis der Ausschreibung als Vorgabe für die Bauunternehmung konkret festzulegen.

Erschütterungen:

- Betreffend Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke sind die Anforderungen der Schweizer Norm SN 640312a „Erschütterungen – Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke (April 1992)“ einzuhalten.
- Betreffend Erschütterungseinwirkungen auf Menschen und Geräte sind die Anforderungen der Norm DIN 4150-2 „Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen (Juni 1999)“ einzuhalten.

Immissionen:

- Geeignete Vorsorgemassnahmen sind umzusetzen, so dass Immissionen durch ionisierende und nichtionisierende Strahlungen gering gehalten werden können.

2.13 Unterhalt, Instandhaltung und Betrieb

2.13.1 Allgemeines

Die Vorgaben der AGG-Richtlinie Betrieb sind einzuhalten.
Grundsätzlich müssen Gebäude-, Anlagenteile und Anlagenkomponenten für Inspektions- und Wartungszwecke sowie für den Austausch jederzeit einfach zugänglich sein ➔ keine aufwendigen und betrieblich einschränkende, bauliche Massnahmen für Unterhaltsarbeiten!
Die Materialisierung der Oberflächen von Räumen, Fassaden und Aussenflächen sowie des Ausbaus sind so zu wählen, dass eine effiziente und kostengünstige Reinigung möglich ist.
Auf Nischen und Rücksprünge in den Innenräumen ist zu verzichten.
Generell sind in allen Räumen Fussbodenflächen ohne Höhensprünge (Absätze) durchgängig zu gestalten.

Der Betrieb der Serverräume (Geb. 17) darf durch die Erneuerungsarbeiten nicht unterbrochen werden. Es handelt sich hier um kritische Primär- und Redundanz-Komponenten de Kapo-ICT-Infrastruktur.

2.13.2 Projektspezifische Anforderungen

Durch konzeptionelle und technische Massnahmen sollen in der Haustechnik möglichst energiesparende, einfache und unterhaltsarme Anlagen geschaffen werden.

Die Gebäude und Anlagen sind so zu konzipieren, dass eine spätere Zugänglichkeit zur Sicherstellung von Betrieb, Unterhalt und Bauteil- respektive Anlagenersatz mit geringem Aufwand möglich sein wird.

Generell sind Anlagen nach betriebswirtschaftlichen Kriterien und Berücksichtigung der zu erwartenden Unterhalts- und Rückbaukosten vorzusehen. Ist die wirtschaftlichste Lösung nicht klar erkenn- oder begründbar sind mögliche Varianten zu vergleichen. Die Entscheidungsgrundlagen sind in den Projektbahnhöfen zu dokumentieren.

Durch das Projekt ausgelöste Anpassungsarbeiten an die bestehende und verbleibende Infrastruktur sind vorzusehen.

Die Aufbereitung der Anlagendokumentation der bestehenden und neuen Technischen Anlagen auf dem Areal ist expliziter Bestandteil des Projektinhaltes und hat gesamtheitlich, konsistent sowie nach den Vorgaben der kantonalen Richtlinien zu erfolgen (Bauwerksdokumentation nach KBOB).

3. Beilagen

3.1 Beilagen Verzeichnis

01 Massnahmenkatalog_17.02.2020
02 Grobtermin- und Finanzplan_24.10.2019
03 Grobkostenschätzung_28.01.2020
04 Bericht_Baugrund_Altlasten_24.02.2020
05 Schadstoffbericht_15.01.2020
06 Disposition_Trafo_27.01.2020
07 Werkleitungen_Trafo_E-Mobilität_27.01.2020
08 Bericht_Lüftungsanlagen_18.12.2019
09 Anforderungen «RZ Zeughaus»_14.02.2020
10 Anforderungen «Fahrzeugbetriebe»_28.02.2018

3.2 Nützliche Links

AGG	Richtlinien Tragwerksplanung; Systemtrennung; Umwelt & Ökologie; Energie und Haustechnik: http://www.bve.be.ch/bve/de/index/grundstuecke_gebaeude/grundstuecke_gebaeude/formulare_dokumente/.html
Kanton Bern	Baugesetz und Bauverordnung des Kantons Bern: https://www.sta.be.ch/belex/
KBOB	Empfehlungen: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home.html
Geoportale	Diverse Karteninformationen, Geoinformation Bern - Mittelland: http://geoinformation-bern-mittelland.chh
	Geoportal des Kantons Bern: http://www.map.apps.be.ch/pub/
Minergie	Das Reglement zur Nutzung der Marke MINERGIE-P-ECO. http://www.minergie.ch
Nachhaltigkeit	SIA Empfehlung 112/1 Nachhaltiges Bauen - Hochbau und die Merkblätter des Vereins eco-bau: http://www.ecobau.ch
SNBS	Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz: https://www.nnbs.ch/standard-snbs/werkzeuge/
Sicherheit	Brandschutz, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen - Brandschutzarbeitshilfe: www.vkf.ch/VKF/Services/Brandschutzvorschriften.aspx
	Sicherheit im öffentlichen Raum: www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/arbeitshilfen.html
	Empfehlung zur Vermeidung von Lichtemissionen: http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00847/index.html?lang=de
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: http://www.sia.ch

3.3 Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AGG	Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern
AV	Amtsvorsteher AGG
BPL	Betriebsprojektleitung
BKP	Baukostenplan (Standard für die Bauadministration)
BIM	Building Information Modelling
BPM	Abteilung Bauprojektmanagement AGG
BSM	Amt für Bevölkerungsschutz, Sport und Militär
BVE	Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
ETH	Eidgenössisch Technische Hochschule
FM	Facilitymanagement
GF	Geschossfläche
GP	Generalplaner
GPA	Gesamtprojektausschuss
GPL	Gesamtprojektleitung
GR	Grosser Rat
GRB	Grossratsbeschluss
HNF	Hauptnutzfläche (nach SIA 416, resp. DIN 277)
KF	Konstruktionsfläche (nach SIA 416, resp. DIN 277)
KV	Kostenvoranschlag (gem. SIA +/- 10%)
KS	Kostenschätzung (gem. SIA +/- 15%)
LCC	Life-Cycle-Cost (Lebenszykluskosten)
LP	Leitung Planung
LR	Leitung Realisierung
MSRL	Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik
NNF	Nebennutzfläche (nach SIA 416, resp. DIN 277)
PHB	Projekthandbuch
POM	Polizei- und Militärdirektion
PPH	Projektpflichtenheft
PFE	Abteilung Portfolioentwicklung AGG
PLT	Projektleitungsteam
RR	Regierungsrat
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (www.sia.ch)
TPL	Teilprojektleitung
TU	Totalunternehmung
VF	Verkehrsfläche (nach SIA 416, resp. DIN 277)

4. Unterschriftenblatt

Die aufgeführten Projektbeteiligten bestätigen mit nachfolgender Unterzeichnung, die Inhalte des vorliegenden Projektpflichtenhefts, inkl. der darin erwähnten Beilagen zur Kenntnis genommen zu haben. Sie bescheinigen damit deren Richtigkeit und Vollständigkeit in Bezug auf betriebliche Strategien, Erfüllung von Nutzerbedürfnissen, Kompatibilität mit übergeordneten kantonalen Anforderungen und Richtlinien (Fachcontrolling) und geben den Abschluss der laufenden Phase somit frei.

Fachcontrolling

Tragwerksplanung

Zürich,

Dr. Hans Seelhofer
Dr. Lüchinger + Meyer Bauingenieure AG

Umwelt & Ökologie / Systemtrennung

Bern,

Edy Monaco
CSD Ingenieure AG

HLKKS

Bern,

Remo Grüniger
Ibe institut bau+energie ag

Elektro & MSRL

Küssnacht am Rigi,

Christian Bähler
Bähler AG

Nutzervertretung

Kantonspolizei Bern

Bern,

Christian Zimmermann
Fachbereichsleiter Gebäudetechnik

Amt für Bevölkerungsschutz, Sport & Militär (BSM)

Bern,

Reto Schertenleib
Abteilungsleiter Infrastruktur

Bern,

Markus Bohnenblust
Fachbereichsleiter Technischer Dienst

Bauherrschaft

Amt für Grundstücke und Gebäude

Bern,

Daniel Maradan
Gesamtprojektleiter Bauherr

Bern,

Patrick Vogel
ibe ag – Bauherrenvertretung

Beilage 01: Massnahmenkatalog

16.0237_KMA Arealversorgung_Massnahmenkatalog

Kantonale Militäranlagen Bern, Papiermühlestrasse 13-17

Objektbegehung und Beurteilung: 04.12.2019

Bearbeitungsstand: **17.02.2020**

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
GROBKOSTENSCHÄTZUNG TOTAL (inkl. Planungshonorar; inkl. Mwst., exkl. Reserven und Unvorhergesehenes)							**14'457'648**
						M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	6'422'582
						M2: Trafostation	2'854'696
						M5: Erneuerung MSRL	1'978'664
						M6: Kühlung Serverräume	2'131'168
						M7: Anpassung Lüftungsanlagen	117'608
						M8: Anlagedokumentation	129'240
						M9: Ladestationen Elektromobilität	677'218
						Massnahmenübergreifend	146'472
						Kostenkontrolle	**14'457'648**
Übergeordnete Position							**275'712**
0	**Übergeordnete Position**						**275'712**
0.1	Areal	Arealdokumantation	Es besteht eine unvollständige Arealdokumentation	Die Arealdokumentation im Bereich der Gebäudetechnik ist momentan nicht aktuell und konsistent.	Nach Realisierung der Massnahmen ist eine aktuelle, vollständige Arealdokumentation im Bereich der gebäudetechnischen Anlagen zu erstellen. Dazu gehören insbesondere auch Arealweite Pläne / Schemata pro Gewerk, Koordinationspläne pro Gebäude und Areal, Werkleitungspläne Areal, Anlagelisten über Areal, etc. Die Dokumentation ist nach Vorgaben des Auftraggebers (Bauwerksdokumentation KBOB) zu erstellen, beschriften und abzulegen). Annahme: 1'000h à 120.-	M8: Anlagedokumentation	129'240
0.2	Areal	Wärmeverbund CSL Bering	Diverse	Verschieden	Parallelplanung Wärmeverbund	Massnahmenübergreifend	43'080
0.3	Areal	Provisorien & Reserve	Bauprovisorien	Es wird davon ausgegangen dass Provisorien benötigt werden.	Für die Dauer der Umbauarbeiten sind die erforderlichen Provisorien bereits zu stellen.	Massnahmenübergreifend	103'392

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
Bauliche Massnahmen							**2'296'595**
1	**Gebäude & Umgebung**						**2'296'595**
1.1	Neubau Trafostaton	Trafostation unterirdisch	Bauteil heute in dieser Form nicht vorhanden.		Neuerstellung unterirdische Trafostation zur Unterbringung Elektro-Trafo, Notstromaggregat mit Tank und Elektro-HV), inkl. Sämtlicher baulicher Leistungen (exkl. Gebäudetechnik), sowie Umlegung der in diesem Bereich vorhandenen Werkleitungen. Rückbau 17S & Wiederherstellung 17P: CHF 79'000.- (exkl. Mwst./Honorar/NK) Baukosten Trafo Architekt: CHF 325'000.- (exkl. Mwst./Honorar/NK) Baukosten Bauingenieur: CHF 497'000.- (exkl. Mwst./Honorar/NK) Baukosten Werkleitungen: CHF 202'000.- (exkl. Mwst./Honorar/NK)	M2: Trafostation	1'425'517
1.2	17: Zeughausareal	Erschliessungsleitungen	Erschliessung Ladestationen Elektromobilität	neu zu erstellen	Neuerstellung erdverlegte Erschliessungleitungen ab neuer Trafostation, Rohranlagen gemäss beiliegender Planunterlagen WAM Ingenieure. Für die Ladestationen sind Fundationen zu erstellen. Baukosten Fundation Ladestationen: CHF 15'000.- (exkl. Mwst./Honorar/NK) Baukosten Werkleitungen: CHF 209'000.- (exkl. Mwst./Honorar/NK)	M9: Ladestationen Elektromobilität	289'498
1.3	15: MK der Berner Truppe	Zugang Heizzentrale für BHKW	Bestehende Fassade	Bestehender Zugang zur Heizzentrale für Einbringung BHKW nur bedingt vorhanden.	Eingang in Fassade erstellen (H > 3.05 m) Zugangsrampe in Stahlbeton / mit Gitterrost Kranbahn Boden 2.UG: Anpassungen	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	84'006
1.4	15: MK der Berner Truppe	Bauliche Arbeiten	Bauliche Arbeiten M1: Wärmeerzeugung		Im Zuge der Arbeiten in Massnahmenpaket 1 (Heizung / Sanitär) ist mit baulichen Anpassarbeiten zu rechnen (Kernborungen, Sockel / Kamin, Abdeckarbeiten / Reinigung, Brandabschottungen, Akustikmassnahmen BHKW, Malerarbeiten.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	413'568
1.5	17m: Unterstand	Räumliche Trennung	Bestehende Rückkühler seriell angeschlossen, keine Redundanz vorhanden.	Konzeptionelle Anpassung erforderlich - Zu- und Fortluft mischen sich bei der aktuellen Anordnung der Rückkühler.	Erstellung einer räumlichen Trennung zwischen Zuluft und Fortluft im Bereich der neuen Rückkühler für die Kälteanlagen im UG des Gebäude 17V	M6: Kühlung Serverräume	25'848
1.6	17v: Verwaltung BSM	Neue, redundante Kältezentrale		Bestehender Raum im Rohbau vorhanden.	Raum im Untergeschoss ist analog zur bestehenden Kältezentrale auszubauen.	M6: Kühlung Serverräume	25'848
1.7	17v: Verwaltung BSM	EI30-RF1 Schränke	Untergeschoss Korridor, EI30-RF1 Schränke für Elektroverteilungen	Aktueller Zustand entspricht nicht den Normen		M6: Kühlung Serverräume	32'310
Technik							**11'885'341**
2	**Heizung**						**4'830'991**
2.1	Areal	Wärmeverteilung Nahwärmeverbund	Arealverteilleitungen erdverlegt	Zustand nicht explizit bekannt, bis dato sind keine Probleme aufgetreten.	keine Massnahme vorgesehen, ein Ersatz kann falls Probleme auftreten zu einem späteren Zeitpunkt auch unter Betrieb erfolgen (Provisorium erforderlich). Der IST-Zustand wird durch die neu vorgesehenen Systemtrennungen bei den Gebäuden erheblich verbessert. Zusätzlich wird eine einfache Noteinspeisung auf der Sekundärseite mittels mobiler Heizzentrale/Hot Boy vorbereitet.		0
2.2	Areal	Wärmeverteilnetze Gebäude	Diverse	Verschieden	Grundsätzlich werden <u>keine</u> Massnahmen an Wärmeverteilnetzen respektive Wärmeabgabekomponenten umgesetzt, obwohl die Anlagefunktionalität nicht zu 100% gegeben ist. Folgende Ausnahme ist jedoch Projektbestandteil: Anpassung eines direkt ab Fernwärmenetz abgenommenen Heizkörpers Standort ist noch zu eruieren.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	25'848

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
2.3	Areal	Wärmeverteilnetze Gebäude	Diverse	Verschieden	Grundsätzlich werden keine Massnahmen an Wärmeverteilnetzen respektive Wärmeabgabekomponenten umgesetzt, obwohl die Anlagefunktionalität nicht zu 100% gegeben ist. Folgende Ausnahme ist jedoch Projektbestandteil: Für Nachdämmungen bestehender Installationen ist ein Pauschalbetrag eingestellt.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	258'480
2.4	Areal	Lüftungsheizgruppen	Diverse	Verschieden	Sämtliche bestehenden Lüftungsheizgruppen welche weiterverwendet werden und die MSRL Installationen ersetzt werden, werden ersetzt. Gebäude 13: 14 Stück Gebäude 15: 8 Stück Gebäude 17: 7 Stück & 2 Stück Orion	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	280'451
2.5	Areal	Wärmezähler	Diverse	Verschieden	Für jedes Gebäude ist ein Wärmezähler einzubauen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	271'404
2.6	13b: Restaurant Treffpunk	Wärmeerzeugung 13B, WW-Aufbereitung Treffpunkt	Gastherme zur WW-Aufbereitung für Restaurant Hersteller CIPAG, Service durch Elco	BJ 2006, Lebensdauer bis Projektende erreicht Leitungsinstallationen und Armaturen in gutem Zustand	Aufgrund MSRL-Ersatz erfolgt sinnvollerweise ein Ersatz der Gastherme Leitungsinstallationen und Armaturen und zwingende Anpassungen aufgrund Heizungsersatz vorsehen	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	32'310
2.7	13e: Militärmusik	Heizverteilung	Gebäudeübergabestation mit Heizverteiler sowie Unterstationen (3 Stück)	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Übergabestation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt - 3 Unterstationen (vgl. MSRL).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	219'708
2.8	15: Kasernenareal	Lagerung / Zulieferung Energieträger Nahwärmeverbund	Öltank UG Fassungsvolumen 100'000l	BJ 1967, wird nach wie vor betrieben, allfäliger Rückbau über Projekt Fernwärmeverbund ewb	keine Massnahmen vorgesehen		0
2.9	15: Kasernenareal	Lagerung / Zulieferung Energieträger Nahwärmeverbund	Öltank UG Fassungsvolumen 100'000l	BJ 1967 nicht in Betrieb	Kein Rückbau, kein Ausbau vorgesehen, keine Umnutzungsbedarf (gemäss Betreiber)		0
2.10	15: Kasernenareal	Lagerung / Zulieferung Energieträger Nahwärmeverbund	Öltank UG Fassungsvolumen 100'000l	BJ 1967 nicht in Betrieb	Kein Rückbau, kein Ausbau vorgesehen, keine Umnutzungsbedarf (gemäss Betreiber)		0
2.11	15: MK der Berner Truppe	Wärmeerzeugung Nahwärmeverbund	2 Stoff Brenner - Gas/Öl (2003) inkl. Kessel (Ygnis 1993) 1 Stoff Brenner - Gas (2003) inkl. Kessel (Ygnis 1993) Rekuperator (Ygnis 1993)	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Variante Gas + BHKW - Energiekonzept Evaluation Wärmeerzeugung (ibe 2015) Neu sollen zwei modulierende, kondensierende Gaskessel mit einer maximalen Heizlwistung von je 1'200 kW Leistung ca. 65% des jählichen Wärmebedarfs erzeugen. Zusätzlich ist ein neues Blockheizkraftwerk (BHKW) mit folgenden Leistungsdaten zu installieren: Stromproduktion 320 kW / Wärmeproduktion 413kW	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	2'132'460
2.12	15: MK der Berner Truppe	Wärmespeicher Nahwärmeverbund	Wärmespeicher 11'000l (Heizzentrale) ohne Regelventil, mit Fühler für Kesselsteuerung	Zustand i.O., Wasserqualität gut, Weiterverwendung vorgesehen	keine Massnahme vorgesehen		0
2.13	15: MK der Berner Truppe	Wärmeverteilung Nahwärmeverbund	Heizverteilung (Heizzentrale) Biral Zwilingspumpen	BJ 1993, Lebendauer erreicht	Ersatz Wärmeverteilung (Pumpen, nicht mehr funktionsfähige Armaturen). Verrohrung kann mehrheitlich weiterverewendet werden.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	271'404
2.14	15: MK der Berner Truppe	Wärmeverteilung WW-Aufbe	Heizgruppe WW Aufbereitung inkl. Platt	BJ 1993, Lebendauer erreicht, Plattentauscher bereits mehrfach repariert.	Ersatz Heizgruppe WW Aufbereitung inkl. Plattentauscher	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	129'240
2.15	15c/d: Guisankaserne	Wärmeerzeugung WW Guisankaserne	WW-Erzeugung Gas (Ygnis)	BJ 1986, Lebendauer erreicht	Neue WW Aufbereitung mittels Nahwärmeverbund ab Zentrale P15	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	258'480

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
2.16	15c/d: Guisankaserne	Heizungsunterstation Gebäude 15C/D	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	219'708
2.17	17a: Baranoffsaal	Heizungsunterstation Gebäude 17A	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	64'620
2.18	17d: Waffenwerkstatt	Heizungsunterstation Gebäude 17D	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL). Abgrenzung: Teilweise befinden sich die Unterstationen innerhalb der Nutzflächen. Es muss gemäss Betrieb explizit keine räumliche Trennung bzw. Vergitterung erfolgen (unsachgemässe Manipulation durch Dritte kann nicht ausgeschlossen werden).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	64'620
2.19	17g: Garage Kapo	Heizungsunterstation Gebäude 17G	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	64'620
2.20	17j: Hauswartwohnungen	Wärmeerzeugung 17J, Hauswartswohnungen	2 Gasheizungen für Hauswartswohnungen, Hersteller Vallant, Service Vallant	BJ 2011, Zustand i.O., Lebendauer nicht erreicht	keine Massnahme vorgesehen, ausserhalb Projektperimeter		0
2.21	17k: Lager	Wärmeerzeugung 17K, "Spotter" Kapo	Gastherme für Räumlichkeiten Kapo ("Spotter") - Heizung und WW-Erwärmung	BJ 2011, Zustand i.O., Lebendsauer nicht erreicht	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
2.22	17l: Retablierungsstelle	Wärmeerzeugung 17L, Halle 4 & Lager	Öl-Luft-Gebläseheizung Jg 2009 / 170 kW	Zustand gut, beheizt Halle 4 (OD-Einsätze) und darüberliegende Lagerräume (alternierend).	keine Massnahme vorgesehen, ausserhalb Projektperimeter		0
2.23	17l: Retablierungsstelle	Heizungsunterstation Gebäude 17L (Süd)	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	64'620
2.24	17m: Unterstand	Wärmeerzeugung Containerdorf	WP Luft, inkl. Speicher Hersteller Hoval	BJ ca. 2007	keine Massnahme vorgesehen obwohl Lebendauer zum Zeitpunkt des Projektabschlusses erreicht sein wird, keine Projektabhängigkeiten		0
2.25	17p: Kapo RSZ	Heizungsunterstation Gebäude 17P	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL). Die Bodenheizverteilung im südlichen Gebäudeteil ist zu ersetzen. Abgrenzung: Teilweise befinden sich die Unterstationen innerhalb der Nutzflächen. Es muss gemäss Betrieb explizit keine räumliche Trennung bzw. Vergitterung erfolgen (unsachgemässe Manipulation durch Dritte kann nicht ausgeschlossen werden).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	77'544

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
2.26	17v: Verwaltung BSM	Heizungsunterstation Gebäude 17V	Heizverteiler	Lebensdauer erreicht, Ersatz erforderlich	Neu wird bei der Unterstation eine Systemtrennung realisiert (Plattentauscher). Durch diese Massnahme wird sichergestellt, dass bei einem allfälligen Leck innerhalb des Gebäudes keine Auswirkungen auf die Heizzentrale P15 bzw. auf das Nahwärmenetz entstehen. Zusätzlich werden sämtliche Heizgruppen komplett erneuert und das MSRL-System ersetzt (vgl. MSRL).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	77'544
2.27	17v: Verwaltung BSM	WRG Kältezentrale 17V	Abwärmwnutzung innerhalb Gebäude 17v ab Kälteanlage in 1. Prio		Komplettersatz der bestehenden Anlage	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	103'392
2.28	17v: Verwaltung BSM	WRG Kältezentrale 17V - Einspeisung in Nahwärmenetz (Einspeisung in Rücklaufanhebung)	Nutzung Überschüssige Abwärme zur Einspeisung in Nahwärmenetz in 2. Prio		Komplettersatz der bestehenden Anlage	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	193'860
2.29	17v: Verwaltung BSM	Wärmeverteilnetze Gebäude.	Diverse	Verschieden	Grundsätzlich werden keine Massnahmen an Wärmeverteilnetzen respektive Wärmeabgabekomponenten umgesetzt, obwohl die Anlagenfunktionalität nicht zu 100% gegeben ist. Folgende Ausnahme ist Projektbestandteil: Thermostatventile 17V (Rücklaufverschraubungen) sind gesamthaft zu ersetzen. (ca. 80 Stück).	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	20'678
3	**Lüftung**						**117'608**
3.1	Areal	Lüftungsanlagen Übergeordn	Es befindet sich eine Vielzahl an Lüftungsanlagen verschiedener Art und Grösse in diversen Gebäuden auf den Arealen 13, 15 und 17.	Im Jahr 2017 wurden die Anlagen im Rahmen einer Lufthygieneuntersuchung durch die Firma Aktinova untersucht und beurteilt. Zur Aktualisierung der Beurteilung, sowie zur Konkretisierung des Massnahmenbedarfs, insbesondere in Abstimmung auf die Massnahmen bei angrenzenden Gewerken (MSRL) wurde Ende 2019 eine Gesamtbeurteilung durch die Firma Engie vorgenommen. Sämtliche Lüftungsmonoblöcke sind in einem guten Zustand, obwohl deren Lebensdauer mittelfristig abläuft bzw. teilweise bereits seit längerem abgelaufen ist. Die Funktionalität kann grundsätzlich für die nächsten 15a gewährleistet werden unter dem üblichen Risiko von Defekten wie (WRG, Ventilatoren, Klappen, etc.). Die allfällige defekten Komponenten können im ordentlichen Unterhaltsprozess ersetzt werden.	Es sind an den Lüftungsanlagen keine Massnahmen vorgesehen, die auf deren Zustand zurückzuführen sind. Es besteht jedoch gewisser Handlungsbedarf im Sinne einer Nutzung des vorhandenen Optimierungspotential respektive der durch den MSRL Ersatz entstehenden Synsergien. Insgesamt sind sämtliche MSRL Installationen (Schaltschränke, Feldgeräte, Verkabelungen, Software, Leitebene) zu ersetzen - vgl. Abschnitt MSRL. Die nachfolgend aufgeführten Massnahmen basieren auf den Erkentnissen des Berichtes von Engie 2019 sowie diesbezüglich abgehaltener Klärungssitzungen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anlagen weiterhin im üblichen Wartungszyklus überprüft und unterhalten werden müssen.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	0
3.2	13a: HKB Verwaltung	Lüftung Gesamtproberaum	Anlagenummer 244.24 Hersteller: Weger Zuluft/Fortluft: 5'500 m3/h	Gesamtzustand der Anlage ist gut, es besteht diesbezüglich kein Handlungsbedarf.	Die Lufthygienekontrolle ist fällig - diese ist durch den Betrieb zu organisiseren und umsetzen zu lassen.		0
3.3	13e: Militärmusik	Lüftung Grosser Saal	Anlagenummer 244.14 Hersteller: Weger Zuluft/Fortluft: 7'300 m3/h	Gesamtzustand der Anlage ist gut, es besteht diesbezüglich kein Handlungsbedarf.	Die Lufthygienekontrolle ist fällig - diese ist durch den Betrieb zu organisiseren und umsetzen zu lassen.		0
3.4	17a: Baranoffsaal	Lüftung Garderobe EG	Anlagenummer A.8.1 Hersteller: Hemair Zuluft: 1'600 m3/h Fortluft: 1'700 m3/h	In den Garderoben mit Du besteht gemäss Betrieb ein Feuchteproblem.	Neue Bedarfsabhängige regulierung realisieren mit VOC- und Feuchtefühler (neue VAV's einbauen). Zusätzlich ist ein Frequenzumformer einzubauen.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	19'386

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
3.6	17a: Baranoffsaal	Lüftung Garderobe OG	Anlagenummer A.8.5 Hersteller: Hemair Zuluft: 1'840 m3/h Fortluft: 1'9400 m3/h	Anlage ohne Präsenzmelder.	Neue bedarfsabhängige Regulierung realisieren mit VOC/CO2-fühler (neue VAV's einbauen). Zusätzlich ist ein Frequenzumformer einzubauen.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	15'509
3.7	17b: Lager Logistik	Lüftung Schiessstand	Hersteller: Hemair Zuluft: 1'500 m3/h Fortluft: 1'000 m3/h	Die Anlage verfügt über keine WRG.	Aufgrund sehr geringer Laufzeiten sind keine Massnahmen vorzusehen.		0
3.8	17b: Lager Logistik	Lüftung Nebenräume 17B	Anlagenummer: k.A. Hersteller: Hemair Zuluft/Fortluft: 10'000 m3/h	Bedarfsabhängige Regulierung nicht möglich.	Bedarfsabhängige Steuerung mittels Intervalsteuerung via Zeitprogramm (2x0.5h pro Tag) & Feuchteabhängige Einschaltung neu erstellen. Abgrenzung: Betreiber testet vorangehende Betriebsweise in dem das Zeitprogramm so eingestellt wird und die Notwendigkeit einer Feuchteregulierung mittels Feuchteschreiber überprüft wird (mind. 1 Monat im Sommer/Herbst).	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	6'462
3.5	17p: Kapo RSZ	Lüftung Garderobe 17P	Hersteller: Hemair	In den Garderoben mit intensiver Nutzung besteht gemäss Betrieb ein Feuchteproblem.	Neue bedarfsabhängige Regulierung realisieren mit VOC- und Feuchtefühler (neue VAV's einbauen). Zusätzlich ist ein Frequenzumformer einzubauen.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	15'509
3.9	17q: Kapo RSZ	Lüftung Nebenräume 17Q	Anlagenummer: k.A. Hersteller: Hemair Zuluft/Fortluft: k.A.	Bedarfsabhängige Regulierung nicht möglich.	Bedarfsabhängige Steuerung mittels Intervalsteuerung via Zeitprogramm (2x0.5h pro Tag) & Feuchteabhängige Einschaltung neu erstellen. Abgrenzung: Betreiber testet vorangehende Betriebsweise in dem das Zeitprogramm so eingestellt wird und die Notwendigkeit einer Feuchteregulierung mittels Feuchteschreiber überprüft wird (mind. 1 Monat im Sommer/Herbst).	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	12'924
3.10	17d: Waffenwerkstatt	Lüftung Brünieren 17D	Hersteller: Hemair Zuluft: 5'200 m3/h Fortluft: 5'800 m3/h	Bedarfsabhängige Regulierung nicht möglich.	Bedarfsabhängige Regulierung mittels Zeitprogramm, VOC-Fühler und Sturmlüftungshandschalter realisieren. Zusätzlich sind ein neuer Frequenzumformer und VAV's zu realisieren.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	19'386
3.11	17p: Kapo RSZ	Lüftung ehemalige Wäschere	Hersteller: Hemair	Bedarfsabhängige Regulierung nicht möglich.	Neue bedarfsabhängige Regulierung realisieren mit VOC und Feuchtefühler (Neue VAV's einbauen, zusätzliches neues Entfeuchtungsgerät inkl. Separatem Kanalnetz realisiseren). Es ist ein neuer Frequenzumformer zu installieren. Abgrenzung: Der Betrieb prüft die grundsätzliche Notwendigkeit der Anlage/Raumfunktionalität.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	15'509
3.12	17v: Verwaltung BSM	Abluft Toiletten 17V	Hersteller: Helios	Abluftventilatoren entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik.	Einbau neuer Fortluftautomaten sowie neuer druckregulierter EC Ventialtoren in den Toiletten des Verwaltungsgebäudes 17V.	M7: Anpassung Lüftungsanlagen	12'924
4	**Kälte / Klima**						**1'408'716**
4.1	13b: Restaurant Treffpunk	Kälteanlage, Tiefkühlanlage	Anlage Restaurant Treffpunkt R-404A 6 kg, Mit WRG, Hersteller L'unite, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.2	13b: Restaurant Treffpunk	Kälteanlage, Zentralkühlanla	Anlage Restaurant Treffpunkt R-404A 40 kg, Mit WRG, Hersteller DWM, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.3	13b: Restaurant Treffpunk	Kälteanlage, Tiefkühlzelle	Anlage Restaurant Treffpunkt R-404A 2 kg, Hersteller VTK.203, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
4.4	13e: Militärmusik	Klimaanlagen	Adiabatische Kühlung (Multimediaraum) - mit empfindlicher Nutzung (feuchteempflindliche Musikinstrumente) fast nicht kompatibel, Hersteller Bluebox, Service Engie	Zustand i.O. - vgl. Lüftungsanlagen	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.5	15: MK der Berner Truppe	Kälteanlage, Klimaanlage Se	R-407C, Hersteller Airwell, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.6	15: MK der Berner Truppe	Kälteanlage, Tiefkühlanlage	Anlage Restaurant Timeout R-404A 10 kg, Mit WRG, Hersteller DWM, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.7	15: MK der Berner Truppe	Kälteanlage, Schokfroster	Anlage Restaurant Timeout R-404A 36 kg, Mit WRG, Hersteller DWM, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.8	15: MK der Berner Truppe	Kälteanlage, Zentralkühlanlag	Anlage Restaurant Timeout R-404A 30 kg, mit WRG, Hersteller DWM, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.9	15: MK der Berner Truppe	Kälteanlage, Weinklimaschra	Anlage Restaurant Timeout R 600A 0,7 kg, Hersteller Fors, Service KTZ	Zustand bei KTZ zu eruieren.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
4.10	17m: Unterstand	Rückkühler	Rückkühler zu Kältezentrale 17V, Hersteller Airwell, Service KTZ	Lebendauer erreicht, Funktionalität aufgrund fehlender Trennung zwischen Zu- und Abluft eingeschränkt	2 neue Rückkühler inkl. Rückkühlnetz neu aufbauen.	M6: Kühlung Serverräume	258'480
4.11	17v: Verwaltung BSM	Kältezentrale	3 Kältemaschinen mit je 2 Verdichter-Kompressoren, R-407C 18 kg, Hersteller Copeland, Service KTZ,	Lebensdauer erreicht	Neu besteht seitens Kapo die Anforderung an eine redundante Kälteerzeugung. Aus diesem Grund wird unter Betrieb eine neue Kältezentrale aufgebaut inkl. Kälteverteilung und neuen Umluftkühlern. Nach Inbetriebnahme der neuen Anlage wird die bestehende Kältezentrale komplett ersetzt. Bestehende Leitungen werden weiterverwendet. Die Lage der neuen, redundanten Kältezentrale ist noch zu bestimmen. Bestätitung Raumverfügbarkeit durch Nutzer pendent.	M6: Kühlung Serverräume	801'288
4.12	17v: Verwaltung BSM	Kältenetz und -abgabe	Bereich der Kapo (A011, A012, A014) Total 4 Klimaschränke, R-407C, Hersteller Airwell, Service KTZ	Lebensdauer erreicht	Bestehendes Kältenetz belassen, zusätzliches Kältenetz für Redundanzanlagen neu erstellen Neue Klimaschränke redundant ausgeführt (3 x 2 Stück je Raum) Nutzungsaufteilung neu: Raum A006 = USV & 2 Klimaschränke Raum A007 = 8 EDV Racks & 2 Klimaschränke Raum A008 = 4 EDV Racks & 2 Klimaschränke	M6: Kühlung Serverräume	232'632
4.13	17v: Verwaltung BSM	Kältenetz und -abgabe	Bereich BEWAN, VBS, EDV Infra (A016 bis A020) 3 Klimaschränke, R-407C, Hersteller Airwell, Service KTZ	Lebensdauer erreicht	Bestehendes Kältenetz belassen, pro Raum je ein neuer Klimaschrank, bestehende Klimaschränke werden belassen (Redundanz). Allfällige Redundanzanforderungen für den Bereich BEWAN sind nicht bekannt.	M6: Kühlung Serverräume	116'316

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
5	**Sanitär**						**674'633**
5.1	Areal	Gebäudeerschliessungen Frischwasser	Areal	Die Schnittstelle des Eigentum der Frischwasserleitungen liegt gemäss Unterlagen ewb im Bereich der Sanitärzentralen innerhalb der Gebäude.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.2	Areal	Frischwasserverteilleitungsne	Innerhalb Gebäude		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.3	Areal	Sanitärapparate	Innerhalb Gebäude		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.4	Areal	Schmutzwasserleitungsnetz	Innerhalb Gebäude		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.5	Areal	Arealkanalisation		Gemäss Angaben Architekt RvA werden 2020 Arbeiten an der Arealkanalisation im Bereich der PP Zeughausareal (Seite Papiermühlestrasse) durchgeführt.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.6	13: Areal Reithalle/Stallun	Div. Elektro-Boiler	12 Boiler (Friap): je 15-210 liter	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 15-20 jährig	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	46'526
5.7	13: Areal Reithalle/Stallun	Div. Elektro-Boiler	10 Boiler: je 100 - 1000 liter	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 15-20 jährig	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	77'544
5.8	13b: Restaurant Treffpunk	Wasserenthärtungsanlage	Betriebsbereich Restaurant Treffpunkt 1000 lt. Tank		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.9	13b: Restaurant Treffpunk	Boiler	über Heizung, 1500 liter Hersteller Mosimann	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 15-20 jährig	Ersatz Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	19'386
5.10	13b: Restaurant Treffpunk	Boiler	über Heizung, 2500 liter Hersteller Mosimann	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 15-20 jährig	Ersatz Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	25'848
5.11	13c: Mehrzweckhalle	Sumpfpumpe	6 kW		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.12	13c: Mehrzweckhalle	Plattentauscher WW Aufbere	Duschen Turnhalle	Zustand gut	keine Massnahme vorgesehen		0
5.13	13e: Militärmusik	Wasserenthärtungsanlage	Betriebsbereich Lüftungsanlage Multimediaraum inkl. Befeuchtung Winter		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.14	13e: Militärmusik	OSMOSE Lüftung	Betriebsbereich Lüftungsanlage Multimediaraum inkl. Befeuchtung Winter		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.15	13h/j: HKB	Pumpe Brunnen	Aussenbereich, 1 kW		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.16	15: MK der Berner Truppe	Kaltwasserverteilbatterie	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Zustand gut, neuwertig	aufgrund des guten Zustands sind keine Massnahme vorgesehen		0
5.17	15: MK der Berner Truppe	Warmwasser-/Zirkulationsver	Innerhalb Gebäude	Zustand gut, Lebensdauer nahezu abgelaufen	aufgrund des guten Zustands sind keine Massnahme vorgesehen		0
5.18	15: MK der Berner Truppe	Kalt-/Warmwasserzirkulations	Verteilleitungen innerhalb Gebäude	Der grösste Teil der Leitungen wurde vor kurzer Zeit ersetzt. Teilweise sind jedoch noch verzinkte Rohre verbaut. Aufgrund der Neuinstallation in Chromstahl treten Schädigungen beim bestehenden (alten) Verteilnetz auf. Ein Komplettersatz der verzinkten Rohrleitungen wird empfohlen (alternativ wären Schutzmassnahmen wie Filter/galvanische Trennung denkbar).	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.20	15: MK der Berner Truppe	WW Speicher	Speicher Timeout WRG Kühlung, ca. 3-	Zustand gut Gemäss Anlagenbetreiber BSM wurde der Zustand des WW Speichers unlängst untersucht und für gut befunden.	keine Massnahme vorgesehen		0

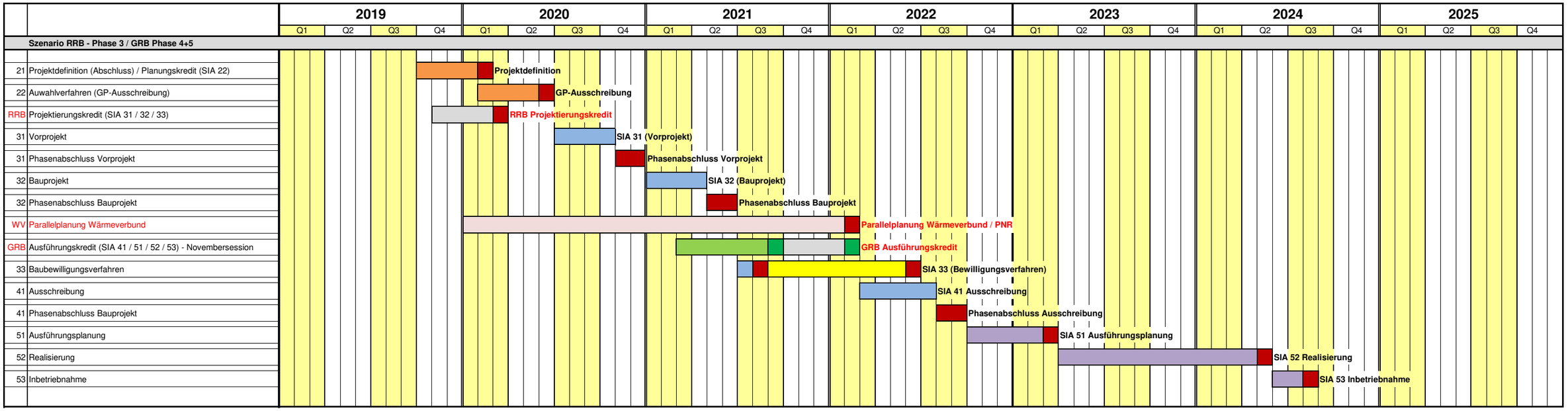
Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
5.21	15: MK der Berner Truppe	Wasserenthärtungsanlage Krankenabteilung			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.22	15: MK der Berner Truppe	Wasserenthärtungsanlage Ti	2 x 1000 liter Tank	Betrieblich schwierig (verdreckte Filter), konzeptionell überdenken,	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.23	15: MK der Berner Truppe	Boiler	über Heizung, 3000 liter Hersteller Zent	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 25 jährig	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	32'310
5.24	15: MK der Berner Truppe	Boiler	über Heizung, 3000 liter Hersteller Zent	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 25 jährig	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	32'310
5.25	15: MK der Berner Truppe	Boiler	über Heizung, 6000 liter Hersteller Zent	Zum Bewertungszeitpunkt ca. 15-20 jährig	kein Boilerersatz, jedoch Teilersatz Installationen, Pumpen, etc.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	129'240
5.19	15c/d: Guisankaserne	Kaltwasserverteilbatterie Guisankaserne	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig, inkl. Zuleitung im Gebäude zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	38'772
5.25	15c/d: Guisankaserne	WW Aufbereitung	über Heizung Hersteller Zent	Lebendauer erreicht	Ersatz WW Aufbereitung ab Heizung	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	129'240
5.26	17a: Baranoffsaal	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17A	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339
5.27	17a: Baranoffsaal	Boiler Gebäude 17A	Fassungsvolumen 1000 liter Hersteller Cipag	Baujahr 1988	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	19'386
5.28	17d: Waffenwerkstatt	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17D	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339
5.29	17d: Waffenwerkstatt	Boiler OG Gebäude 17D	Fassungsvolumen 2 x 100 liter Hersteller Cipag	Baujahr 1988	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	7'754
5.30	17d: Waffenwerkstatt	Boiler EG Gebäude 17D	Fassungsvolumen 1 x 200 liter Hersteller Cipag	Baujahr 1988	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	7'754
5.31	17g: Garage Kapo	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17G	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339
5.32	17g: Garage Kapo	Boiler Gebäude 17G	Fassungsvolumen 1 x 120 liter Hersteller Cipag	Baujahr 1988	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	7'754
5.33	17g: Garage Kapo	Feuerlöschanlage	Sprühnebellöschanlage im Bereich Ordnungsdienst Kapo (Material) - OG	BJ 2014, Zustand gemäss Betrieb gut	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.34	17k: Lager	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17K	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339
5.35	17k: Lager	Boiler Gebäude 17K	Fassungsvolumen 1 x 150 liter Hersteller Vaillant	Baujahr 2011	keine Massnahme vorgesehen, Zustand i.O.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	0
5.36	17l: Retablierungsstelle	Boiler Gebäude 17L	Fassungsvolumen 1 x 150 liter Hersteller Friap	Baujahr 1994	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	7'754
5.37	17o: Sattlerei / Ausrüstung	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17O	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
5.38	17o: Sattlerei / Ausrüstung	Boiler Gebäude 17O	Fassungsvolumen 1 x 200 liter Hersteller Cipag	Baujahr 2001	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	3'877
5.39	17p: Kapo RSZ	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17P	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339
5.40	17p: Kapo RSZ	Boiler Gebäude 17P	Fassungsvermögen 2 x 400 liter Hersteller Domotec	Baujahr 2001	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	12'924
5.41	17v: Verwaltung BSM	Kaltwasserverteilbatterie Gebäude 17V	Gebäudeverteilbatterie (KW)	Lebendauer erreicht	Die Gebäudeverteilbatterie Kaltwasser ist vollständig zu ersetzen.	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	10'339
5.42	17v: Verwaltung BSM	Boiler Gebäude 17V	Fassungsvermögen 1 x 300 liter Hersteller Friap	Baujahr 1991	Ersatz Boiler durch neuen WP-Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	3'877
5.43	17v: Verwaltung BSM	Feuerlöschanlage	Sprühnebellöschanlage im UG, Bereich Korridor und in den Serverräumen	BJ 2012, Zustand gemäss Betrieb gut	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.44	Div. Objekte	Feuerlöschposten	Innerhalb Gebäude, Total 65 Stk.		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.45	Div. Objekte	Handfeuerlöscher	Innerhalb Gebäude, Total ca. 140 Stk.		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.46	Div. Objekte	Druckluftkompressoren	Gebäude 17A, 17P und weitere	Gemäss Betrieb befinden sich die Druckluftanlagen in funktionsfähigem Zustand - im Bedarfsfall wird der Ersatz üblicherweise über Unterhaltsmassnahmen realisisert.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
5.47	Div. Objekte	Gasinstallationen	Gasanschlüsse und -verteilleitungen in	Gemäss Betrieb werden die Gasanschlüss in den Gebäuden 17A und 17P nicht mehr benötigt - Rückbauklärung mit ewb wurde durch ibe angefragt. Es wird eine entsprechende Offerte durch ewb erstellt.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6	**Elektro**						**2'408'172**
6.1	13a: HKB Verwaltung	Notlicht 2. OG	2 x 2000 VA		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.2	13c: Mehrzweckhalle	Notlicht 1. OG	2 x 2000 VA		keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.3	13d: HKB	Notstrom 1. OG			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.4	15: MK der Berner Truppe	Telefonanlagen 1. UG / U16			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.5	15: MK der Berner Truppe	EDV Anlagen 1. UG / U17 / U18			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.6	15: MK der Berner Truppe	Audioanlage 1. UG			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.7	15: MK der Berner Truppe	Videoanlage	31 Kameras	BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.8	15: Kasernenareal	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.9	15c/d: Guisankaserne	Hauptverteilung in 15c	HV in 2007 erneuert	Zustand funktionsfähig	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
6.10	15c/d: Guisankaserne	Unterverteilungen in 15c	Unterverteilungen in alle Geschosse	Zustand mangelhaft, gemäss SiNa Rapport	Ersatz geplant, nicht Bestandteil von diesem Massnahmenkatalog Gemäss MB in Projekt Sanierung Guisankaserne… prüfen!		0
6.11	Neubau Trafostaton	Neue Trafostation	Neue Trafostation (4x630kVA), Reserveplatz (2x630kVA)	Bestehende Trafostation entspricht nicht den Anforderungen	Ersatz der bestehenden Trafostation, neue unterirdische Räumlichkeiten in getrenntem Raum	M2: Trafostation	303'714
6.12	Neubau Trafostaton	Neue Areal Hauptverteilung	Neue Areal Hauptverteilung für 4x630kVA mit EWB Messung	Bestehende AHV Entspricht nicht den Normen	Ersatz der bestehenden Arealhauptverteilung, neue unterirdische Räumlichkeiten in getrennte	M2: Trafostation	129'240
6.13	Neubau Trafostaton	Erdung Trafostation	Erdung für die neue Trafostation	nicht vorhanden	Erdungsanlage für die neue Trafostation	M2: Trafostation	37'695
6.14	Neubau Trafostaton	Elektroinstallationen Trafostation	Elektroinstallationen für die neue Trafos	nicht vorhanden	Neue Elektroinstallationen für die Trafostation	M2: Trafostation	161'550
6.15	Neubau Trafostaton	Honorar Elektro Trafostation	Honorar Elektro für die neue Trafostatio	nicht vorhanden	Honorar für die Planung der Trafostation	M2: Trafostation	204'630
6.16	Neubau Trafostaton	Neue Netzersatzanlage (NEA	Neue NEA (800kVA)	nicht vorhanden	Neue Netzersatzanlage, in neue unterirdische Räumlichkeiten in getrenntem Raum.	M2: Trafostation	592'350
6.17	17a: Baranoffsaal	Küche	Gas Küche im OG	Alt, nicht Stand der Technik	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.18	17b: Lager Logistik	Alarmanlage Einbruch			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.19	17d: Waffenwerkstatt	Alarmanlage Einbruch			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.20	17g: Garage Kapo	Unterverteilungen in 17g	UV in 2016 erneuert	Zustand funktionsfähig, UV wurden kürzlich ersetzt und mit gewissen Reserven ausgebaut.	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.21	17g: Garage Kapo	Ladestationen Elektromobilitä	Ladestationen für Elektromobilität gemäss Bericht Kt. Polizei Fahrzeugantriebe Heute und Morgen	Aktuell keine Vorhanden	Neuerstellung Ladestationen (15 Stück) Erschliessung (neu): Via Rohranlagen	M9: Ladestationen Elektromobilität	387'720
6.22	17l: Retablierungsstelle	Alarmanlage Einbruch			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.23	17a: Baranoffsaal	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.24	17g: Garage Kapo	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.25	17l: Retablierungsstelle	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.26	17p: Kapo RSZ	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.27	17v: Verwaltung BSM	Elektroinstallationen Klimatisierung Serverräume	Elektroinstallationen für die Klimatisieru	nicht vorhanden	Neue Elektroinstallationen für die Klimatisierung der neue Server-Anlagen. Redundant für Bereich KAPO (gemäss Bedarfsformulierung von KAPO 14.02.2020)	M6: Kühlung Serverräume	177'059
6.28	17v: Verwaltung BSM	Elektroinstallationen Anforderungen Serverräume	Elektroinstallationen für die neue Serve	nicht vorhanden	Neue Elektroinstallationen für die neue Server-Anlagen. Redundant für Bereich KAPO (gemäss Bedarfsformulierung von KAPO 14.02.2020)	M6: Kühlung Serverräume	86'591
6.29	17v: Verwaltung BSM	USV	Neue USV-Anlage 240kVA	Bestehende USV entspricht nicht den Anforderungen	Neue USV Anlagen 240kVA inkl. Batterien und Installationen für die Server-Anlagen. Redundant für Bereich KAPO (gemäss Bedarfsformulierung von KAPO 14.02.2020)	M6: Kühlung Serverräume	206'784
6.30	17v: Verwaltung BSM	Elektroinstallationen Klimageräte	Elektroinstallationen für die neue Klimag	nicht vorhanden	Neue Elektroinstallationen für die neue Klimageräte. Redundant für Bereich KAPO (gemäss Bedarfsformulierung von KAPO 14.02.2020)	M6: Kühlung Serverräume	21'971
6.31	17v: Verwaltung BSM	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.32	17v: Verwaltung BSM	Alarmanlage Einbruch			keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0

Bauteilbeurteilung					Massnahme		
Nr.	**Gebäude**	**Bauteil / Thema**	**Bauteilbeschrieb**	**Beurteilung**	**Massnahmeninhalt / Abgrenzung**	**Teilprojekt**	**Budget**
		Bezeichnung	**Kurzbeschrieb Bauteil** Standort, Materialisierung, Anzahl, Besonderheiten, Leistungsdaten, etc.	**Beurteilung Bauteil** Zustand, Alter, Normerfüllung, etc.	**Kurzbeschrieb der vorgesehenen Massnahme**	**Zuordnung Massnahmenpaket**	
6.33	Div. Objekte	Brandmeldeanlage Securition (ca. 180 Melder)		BJ 2001	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.34	Div. Objekte	Unterverteilungen Allg.	Diverse weitere UV's sind an ihrer Kapazitätsgrenze und lassen keine grossen Erweiterungen zu.	Zustand funktionsfähig	keine Massnahme vorgesehen, keine Projektabhängigkeiten		0
6.35	Div. Objekte	Elektroinstallationen Div. Boiler	Anpassungen an Elektroinstallation für neue Boiler	Zustand funktionsfähig	Anpassungen an Elektroinstallation und Elektroverteilung für neue Boiler	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	98'869
7	**MSRL**						**2'445'221**
7.1	13: Areal Reithalle/Stallun	Ersatz Gebäudeautomation P.13	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz des MSRL System, demontagen der bestehenden Installationen und SGK. Neues GA System, inkl. Austausch Feldgeräte, ca. 5 Stk. neue SGK und El. Installationen	M5: Erneuerung MSRL	684'972
7.2	15: Kasernenareal	Ersatz Gebäudeautomation P.15	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz des MSRL System, demontagen der bestehenden Installationen und SGK. Neues GA System, inkl. Austausch Feldgeräte, ca. 5 Stk. neue SGK und El. Installationen	M5: Erneuerung MSRL	684'972
7.4	15: Kasernenareal	Anpassungen GA Heizzentrale	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz des MSRL System, demontagen der bestehenden Installationen und SGK. Neues GA System, inkl. Austausch Feldgeräte, ca. 2 Stk. neue SGK und El. Installationen	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	258'480
7.6	15c/d: Guisankaserne	Einzelraumregulierung Guisankaserne	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz der Einzelraumregulierung	M5: Erneuerung MSRL	193'860
7.3	17: Zeughausareal	Ersatz Gebäudeautomation inkl. Feldgeräte P.17	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz des MSRL System, demontagen der bestehenden Installationen und SGK. Neues GA System, inkl. Austausch Feldgeräte, ca. 4 Stk. neue SGK und El. Installationen	M5: Erneuerung MSRL	414'860
7.7	17v: Verwaltung BSM	Einbau Leitsystem, Ersatz DDC Komp. 17V	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz des MSRL System, demontagen der bestehenden Installationen und SGK. Neues GA System, inkl. Austausch Feldgeräte, ca. 1 Stk. neue SGK und El. Installationen	M6: Kühlung Serverräume	146'041
7.5	Div. Objekte	Anpassungen GA Heizinstallationen alle Gebäude	Bestehende Gebäudesystemtechnik (GST) aus den 90er bzw. anfangs 2000er	Aktuelles MSRL System Unigyr ist veraltet, seit 2014 ist kein Technischer Kundendienst mehr erhältlich	Komplett- Ersatz des MSRL System, demontagen der bestehenden Installationen und SGK. Neues Übergeordnetes Leit-System über alle Gebäude, inkl. Austausch Feldgeräte, ca. 1 Stk. neue SGK, 2 Stk. Bedienstation und El. Installationen	M1: Wärmeerzeugung /-verteilung	62'035

Beilage 02: Grobtermin- und Finanzplan


2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
Q1 Q2 Q3 Q4
Szenario RRB - Phase 3 / GRB Phase 4+5
21 Projektdefinition (Abschluss) / Planungskredit (SIA 22)
22 Auwahlverfahren (GP-Ausschreibung)
RRB Projektierungskredit (SIA 31 / 32 / 33)
31 Vorprojekt
31 Phasenabschluss Vorprojekt
32 Bauprojekt
32 Phasenabschluss Bauprojekt
WV Parallelplanung Wärmeverbund
GRB Ausführungskredit (SIA 41 / 51 / 52 / 53) - Novembersession
33 Baubewilligungsverfahren
41 Ausschreibung
41 Phasenabschluss Bauprojekt
51 Ausführungsplanung
52 Realisierung
53 Inbetriebnahme
Projektdefinition
GP-Ausschreibung
RRB Projektierungskredit
SIA 31 (Vorprojekt)
Phasenabschluss Vorprojekt
SIA 32 (Bauprojekt)
Phasenabschluss Bauprojekt
Parallelplanung Wärmeverbund / PNR
GRB Ausführungskredit
SIA 33 (Bewilligungsverfahren)
SIA 41 Ausschreibung
Phasenabschluss Ausschreibung
SIA 51 Ausführungsplanung
SIA 52 Realisierung
SIA 53 Inbetriebnahme

Beilage 03: Grobkostenschätzung

Beilage 04: Bericht_Baugrund_Altlasten

Geotechnisches Institut

Kantonale Militäranlagen
Papiermühlestrasse
Bern

Archivrecherche

Auftrags-Nr. 31.5126.001
Bern, 24. Februar 2020 / tea

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft

Zertifiziert nach SN EN ISO 9001: 2015
Zertifikat Nr. CH10116118 / 04.09.2018

www.geo-online.ch
info@geo-online.ch

4053 Basel, Pfeffingerstrasse 41	061 365 10 70	info@geo-online-bs.ch
2854 Bassecourt, Rue du Vieux Moulin 4	032 461 20 48	info.ju@geo-online.ch
3027 Bern, Bümplizstrasse 15	**031 389 34 11**	**info.be@geo-online.ch**
3900 Brig, Bahnhofstrasse 4a	027 923 58 90	info.vs@geo-online.ch
2740 Moutier, Rue des Prés	032 493 40 43	info.ju@geo-online.ch
2000 Neuchâtel, Rue de la Serre 11	032 846 24 61	info.ne@geo-online.ch
3700 Spiez, Postfach 474, Seestrasse 7	033 650 72 82	info.sp@geo-online.ch

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 1
1.1 Allgemeines 1
1.2 Ausgangslage 1
1.3 Grundlagen 1
1.4 Verwendete Sondierungen 2
1.5 Lage und Beschaffenheit des Projektareals 3

2 Baugrundverhältnisse 4
2.1 Geologischer Überblick 4
2.2 Geologischer Schichtaufbau 4
2.2.1 Schicht a / natürliche Deckschicht, künstliche Auffüllungen 4
2.2.2 Schicht b / Felderschotter 5
2.2.3 Schicht c / Rückstausedimente 6
2.2.4 Schicht d / Fels der Oberen Meeresmolasse 7
2.3 Verschmutzungen des Untergrunds 8

3 Grundwasserverhältnisse 10

4 Erste bautechnische Folgerungen 11
4.1 Projekt 11
4.2 Fundation und Setzungen 11
4.3 Verbau und Wasserhaltung 12
4.4 Aushub 12
4.5 Versickerung 13
4.6 Erdwärmenutzung 13

5 Weitere Hinweise 14
5.1 Kenntnisstand, Abklärungsbedarf 14
5.2 Schlussbemerkung 14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der verwendeten Sondierungen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Situationsplan mit Lage des Projektstandorts
Abbildung 2: Kartenausschnitt aus dem kantonalen KbS
Abbildung 3: Kartenausschnitt aus dem KbS VBS

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Auftraggeber und Bauherrschaft	Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern Reiterstrasse 11 3001 Bern
Auftrag	Durchführung einer Archivrecherche zu den Themen Geologie und Altlasten inklusive Erstellung eines schriftlichen Berichts gemäss unserer Kostenschätzung vom 2. Dezember 2019. Ergänzen des Berichts vom 12. Dezember 2020 gemäss aktuellen Planunterlagen.
Auftragserteilung	Schriftlich durch die Bauherrschaft.

1.2 Ausgangslage

Die gebäudetechnischen Anlagen auf dem Areal und in den Gebäuden der kantonalen Militäranlagen an der Papiermühlestrasse weisen gewerkübergreifend Instandsetzungs- respektive Erneuerungsbedarf auf. Damit der Betrieb für die nächsten 15 - 20 Jahre gewährleistet ist, sind gemäss [1] sieben Massnahmen vorgesehen, wovon eine aus dem Neubau einer unterirdischen Trafostation zwischen den Gebäuden Papiermühlestrasse 15a und 17p besteht. Daneben sind aber auch diverse neue unterirdische Leitungsführungen vorgesehen.

1.3 Grundlagen

[1] Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern: "KMA Arealversorgung – Projektdefinition", Bearbeitungsstand vom 18. November 2019.

[2] Rolf von Allmen Architekt FH SWB, Bern: "Trafostation / Arealverteilung / Netzersatz – Papiermühlestrasse 17s Bern", Plan Massstab 1 : 250 vom 27. Januar 2020.

[3] Geoportal des Kantons Bern, Stand Februar 2020:
- Geologische Grundlagedaten inkl. Felsreliefkarte;
- Gewässerschutz- und Grundwasserkarte;
- Kataster der belasteten Standorte;
- Erdwärmesonden;
- Grundwassernutzung;
- Naturgefahrenkarte.

[4] Kataster der belasteten Standorte KbS des VBS (KbS VBS), Online-Abfrage Februar 2020.

[5] Bundesamt für Umwelt, Stand Februar 2020:
- Erdbebenzonen nach der Baunorm SIA 261;
- Karte der seismischen Baugrundklassen nach der Baunorm SIA 261.

[6] Bundesamt für Landestopographie, Luftbilder, Stand Februar 2020.

1.4 Verwendete Sondierungen

Für das vorliegende Projekt wurden die folgenden, auf und um das Projektareal vorhanden Sondierungen aus [3] verwendet (Tabelle 1):

WAWIS-Nr.	Name	Autor	Objekt	UK Bohrung [m ü. M.]
601/200.019	B1/59	unbekannt	Areal Remontendepot	539.88
601/200.022	B4/59	unbekannt	Areal Remontendepot	525.49
601/200.023	B5/59	unbekannt	Areal Remontendepot	484.52
601/200.033	EWS	H.P. Weiss	Erdwärmesonde Blumenbergstrasse 44	335.00
601/200.036	RB1/P/75	Geotechnisches Institut AG	Bern-Beundenfeld, Verwaltungszentrum	542.89
601/200.047	KB1/70	Losinger	Rodtmattstrasse 11	541.60
601/200.048	KB2/70	Losinger	Rodtmattstrasse 11	538.80
601/200.060	RB1/64	Geotechnisches Institut AG	FWS Kasernenstrasse	544.30
601/200.061	RB/62	Geotechnisches Institut AG	Bürohaus Neuwiesen AG	533.41
601/200.069	RB1/P/77	Geotest AG	Verwaltungsgebäude Reiterstrasse 11	525.45
601/200.082	RB2/91	CSD Ingenieure AG	Kanäle Wankdorf-Aare	534.89
601/200.083	RB3/91	CSD Ingenieure AG	Kanäle Wankdorf-Aare	534.87
601/200.087	RB1/99	CSD Ingenieure AG	Kanäle Wankdorf-Aare	532.50
601/200.088	BS1/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	555.01
601/200.089	BS2/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	554.33
601/200.090	BS3/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	553.66
601/200.091	BS4/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	553.66
601/200.092	BS5/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	554.44
601/200.093	BS6/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	554.84
601/200.094	BS7/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	555.23
601/200.095	BS8/96	Kellerhals + Haefeli AG	Meteorwasserversickerung Kaserne	552.33
601/200.117	KB1/P/11	Sieber Cassina + Partner AG	Kanal Kaserne - Breitenrainplatz	547.10
601/200.118	KB2/P/11	Sieber Cassina + Partner AG	Kanal Kaserne - Breitenrainplatz	552.40
601/200.119	KB3/P/11	Sieber Cassina + Partner AG	Kanal Kaserne - Breitenrainplatz	548.60
601/200.120	KB4/P/11	Sieber Cassina + Partner AG	Kanal Kaserne - Breitenrainplatz	547.46
601/200.121	KB5/P/11	Sieber Cassina + Partner AG	Kanal Kaserne - Breitenrainplatz	547.76
601/200.141	RS02/P/14	Geotest AG	Militärbibliothek	551.16

Tabelle 1:
Zusammenstellung der verwendeten Sondierungen

Die Sondierungen wurden hinsichtlich Baugrund- und Grundwasserverhältnissen ausgewertet. Die Lage der verwendeten Sondierungen geht aus den Darstellungen in den nachfolgenden Abschnitten

hervor. Die meisten Sondierungen innerhalb des Projektareals erreichten nur geringe Tiefen. Die Interpretationen des tieferen Schichtaufbaus beruhen vor allem auf Interpolationen aus den Sondierungen ausserhalb des Projektareals.

1.5 Lage und Beschaffenheit des Projektareals

Die kantonalen Militäranlagen auf der Parzelle Nr. 70 (Stadtteil 5) liegen zwischen der Papiermühle-, Rodtmatt-, Militär-, Beundenfeld- und Kasernenstrasse. Ausserhalb der Gebäude und der Zufahrten sowie einigen Parkplätzen ist das Gelände grösstenteils unversiegelt. Das Terrain ist nahezu eben und steigt leicht von Norden nach Süden von ca. 556 m ü. M. auf rund 560 m ü. M. an. Die Zentrumskoordinaten lauten ca. 2'601'600/1'200'700.

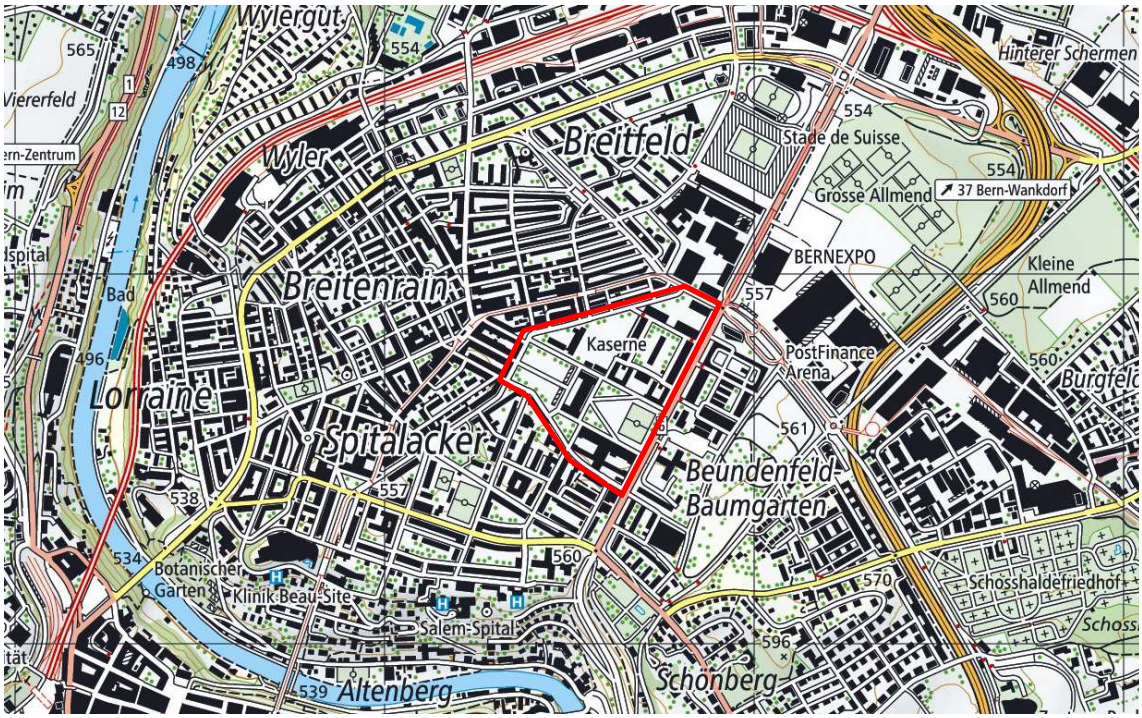


Abbildung 1:
Situationsplan mit Lage des Projektstandorts

Reproduziert mit der Bewilligung von swisstopo (JA032201).

Das Projektareal ist in der Naturgefahrenkarte [3] nicht vermerkt.

2 Baugrundverhältnisse

2.1 Geologischer Überblick

Das Gebiet ist geprägt durch die Vorgänge während und nach der letzten Vergletscherung: Die Basis der quartären Lockergesteinsablagerungen bildet der tertiäre **Fels der Oberen Meeresmolasse (Schicht d)**, dessen heutiges Relief vom Gletscher geschaffen wurde. Die Gletschervorstösse haben auch Sedimente älterer Vereisungen abgetragen. Darüber wurden nach dem Gletscherrückzug in einem ehemaligen Zungenbecken randglaziale Stillwassersedimente abgelagert, welche in der Region Bern oft als **Rückstausedimente (Schicht c)** bezeichnet werden. Beim weiteren Rückzug des Eises haben die Schmelzwassermengen zugenommen und es wurden durch das urtümliche Flusssystem kiesige Schichten abgelagert, die als **Felderschotter (Schicht b)** bezeichnet werden. Zuletzt hat die Bodenbildung eingesetzt, wodurch heute **natürliche Deckschichten** vorliegen. Diese wurden infolge der Bautätigkeit teils durch **künstliche Auffüllungen (Schicht a)** ersetzt.

Der Projektstandort befindet sich nach [5] in der Erdbebenzone Z1. Die dort vermerkte Einteilung in die Baugrundklasse ist infolge einer Revision der Norm nicht mehr aktuell. Stattdessen ist der westliche Teil bis zu einer Felstiefe von 20 m (je nach Lage entspricht dies den Felsisohypsen 536 - 540 m ü. M. in der Abbildung in Kapitel 2.2.4) der Baugrundklasse E gemäss SIA 261 zuzuordnen, der östliche Teil gehört der Baugrundklasse C an.

2.2 Geologischer Schichtaufbau

2.2.1 Schicht a / natürliche Deckschicht, künstliche Auffüllungen

Zusammensetzung	Natürliche Deckschichten: Grasnarbe; Sand, siltig bis Silt, sandig, schwach kiesig, humos, mit organischen Bestandteilen (Wurzeln), braun bis dunkelbraun. Künstliche Auffüllungen: Schwarzbeläge: Koffermaterial vermutlich bestehend aus Kies, sandig, sauber bis schwach siltig; Gebäudehinterfüllungen unbekannter Zusammensetzungen.
USCS-Klassifikation	SM, ML, GW
Mächtigkeit und Verbreitung	Ausserhalb der Gebäude vermutlich flächig vorhanden. Die Schichtmächtigkeit beträgt ca. 1 - 3 m, womit die Schichtunterkante mit Unregelmässigkeiten der Terrainoberfläche folgt. Zu den Gebäuden (Hinterfüllungen) sind auch grössere Mächtigkeiten nicht auszuschliessen.
Lagerungsdichte	Deckschichten sehr locker bis locker, Kofferungen mitteldicht bis dicht
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ = 19.5 – 20.5 kN/m³ ϕ' = 28 – 37 ° c' = 0 kN/m² M_E = 10 – 60 MN/m²
Allgemeine geotechnische Beurteilung	Kofferungen vernachlässigbar, Deckschichten mittel frostempfindlich (G3 nach SNV 670 140b). Deckschichten wasser- und erschütterungsempfindlich. Gut bagger-, ramm- und bohrbar.

Kofferungen für den gleichen Zweck wiederverwendbar, natürliche Deckschichten für Rekultivierungen geeignet. Hinterfüllmaterial ist bei Verdacht auf Belastungen zu beproben und gemäss den Resultaten der chemischen Analyse zu entsorgen.

2.2.2 Schicht b / Felderschotter

Zusammensetzung

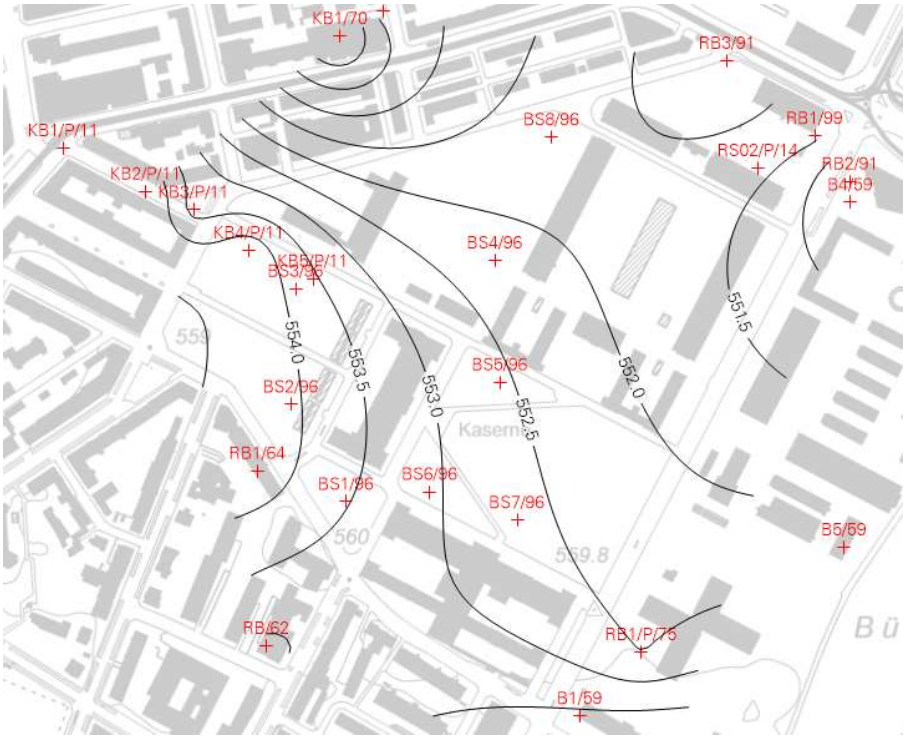
Kies, sandig, sauber bis schwach resp. örtlich stark siltig; untergeordnet auch Lagen von Sand, schwach kiesig, sauber bis siltig; teils mit Steinen, Komponenten angerundet bis gut gerundet, grau bis graubraun.

USCS-Klassifikation

GW, GW-GM, (SW, SW-SM)

Mächtigkeit und Verbreitung

Die Schichtoberkante liegt ca. 1 - 3 m unter der Terrain und folgt mit Unregelmässigkeiten der Geländeoberfläche. Die Schichtunterkante fällt gemäss den umliegenden Sondierungen von West nach Ost von ca. 554 m ü. M. auf ca. 551 m ü. M. ab (siehe Abbildung). Es ergibt sich eine Schichtmächtigkeit von rund 2 - 5 m.



Lagerungsdichte

Meist mitteldicht, untergeordnet auch dicht bis sehr dicht.

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	19.5	–	21.0	kN/m³
ϕ'	=	34	–	39	°
c'	=	0			kN/m²
M_E	=	40	–	60	MN/m²
M'_E/M_E	=	2.0	–	3.5	

Allgemeine geotechnische Beurteilung	Gut tragfähig, mässig bis wenig setzungsempfindlich, zur Aufnahme von Gründungslasten aufgrund der geringen Mächtigkeit dieser Schicht und der Setzungsempfindlichkeit der darunter folgenden Schicht bedingt geeignet. Vernachlässigbar bis leicht frostempfindlich (G1 bis G2 nach SNV 670 140b). Kiesige lagen rollig, sandige Lagen wasser- und erschütterungsempfindlich. Gut bagger- und bohrbar, mässig rammbar. Zur Wiederverwendung nach Entfernung der Sandlagen als qualitativ hochwertiges Schüttgut geeignet. Die Separierung kann erschwert sein.

2.2.3 Schicht c / Rückstausedimente

Zusammensetzung	Sand, schwach bis stark siltig, teils schwach tonig; Silt, schwach bis stark sandig, schwach tonig bis tonig; jeweils mit vereinzelt Kies, grau.
USCS-Klassifikation	SM, SC-SM, ML, CL-ML
Mächtigkeit und Verbreitung	Die Rückstausedimente wurden auf dem Projektareal in allen Sondierungen angetroffen. Die Lage der Schichtoberkante geht aus der Abbildung im vorangehenden Kapitel 2.2.2 hervor, der Verlauf der Schichtunterkante kann aus der Abbildung im nachfolgenden Kapitel 2.2.4 entnommen werden. In Anbetracht der auftauchenden Felsoberfläche nimmt die Mächtigkeit gegen Westen hin ab.
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	locker bis mitteldicht resp. weich bis fest
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ = 19.0 – 20.5 kN/m³ ϕ' = 28 – 33 ° c' = 0 – (5) kN/m² M_E = 5 – 25 MN/m² M'_E/M_E = 2.0 – 4.0
Allgemeine geotechnische Beurteilung	Mässig bis bei verteilten Lasten gut tragfähig, stark bis mässig setzungsempfindlich, zur Aufnahme von konzentrierten Gründungslasten nur sehr bedingt geeignet. Leicht bis stark frostempfindlich (G2 bis G4 nach SNV 670 140b). Stark wasser- und erschütterungsempfindlich. Gut bagger-, ramm- und bohrbar, siltig-tonige Lagen neigen zum Verkleben der Abbauwerkzeuge. Zur Wiederverwendung infolge der schlechten Verdichtbarkeit und der geringen Durchlässigkeit kaum geeignet.

2.2.4 Schicht d / Fels der Oberen Meeresmolasse

Zusammensetzung

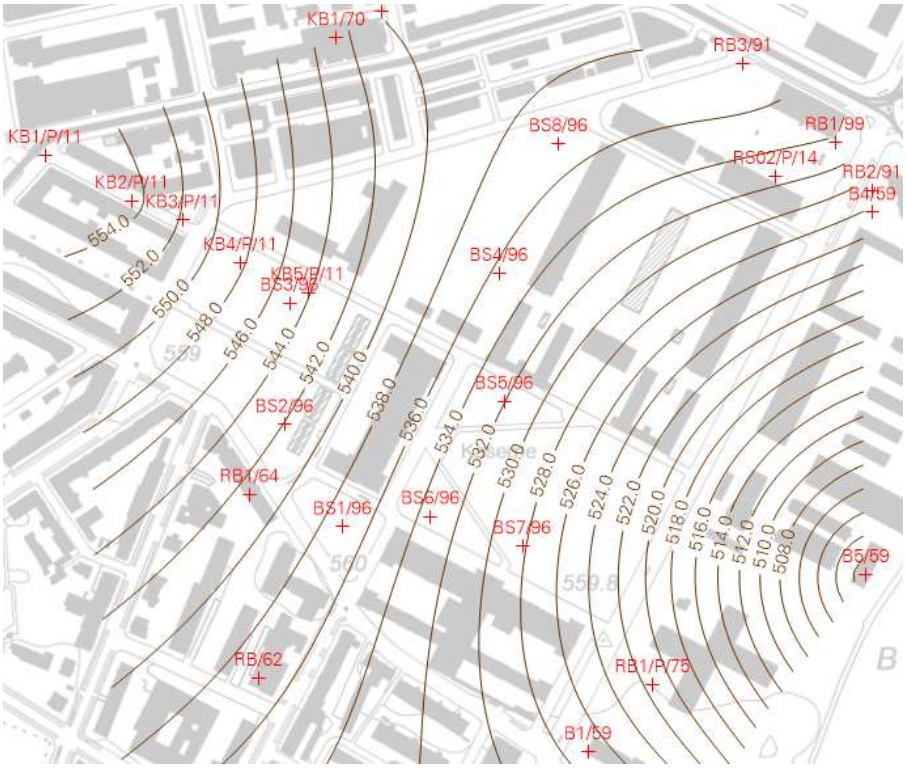
Sandstein (meist Fein- bis Mittelsandstein, untergeordnet auch Grobsandsteine), mit teils dünnen Bändern von Siltstein, grau bis braun.

Trennflächengefüge

Die Sandsteine der Oberen Meeresmolasse sind subhorizontal geschichtet. Nebst den schichtparallelen Trennflächen ist der Fels kluftarm. Es können folglich nebst der Schichtung keine Trennflächen ausgeschieden werden.

Mächtigkeit und Verbreitung

Der Molassefels ist auf dem Projektareal flächig vorhanden. Die Schichtoberkante steigt von ESE nach WNW an. Gemäss den umliegenden Sondierungen kann der Verlauf der Felsoberfläche wie folgt interpoliert werden:



Festigkeit

Oberflächlich, d.h. ca. in den obersten 2 - 3 m verwittert und infolgedessen entfestigt, zur Tiefe mässig fest bis fest. Feinsandstein- und Siltsteinlagen können örtliche Härtezonen darstellen.

Geschätzte, mittlere felsmechanische Kennwerte

γ	=	22.5	–	25.0	kN/m³
q_u	=	5	–	50	MPa
E	=	1.5	–	5.0	GPa

Allgemeine geotechnische Beurteilung

Sehr gut tragfähig, setzungsunempfindlich, zur Aufnahme auch von hohen konzentrierten Gründungslasten sehr gut geeignet.

Kaum bis nicht baggerbar, nicht rammbar, nur mit entsprechendem Felswerkzeug bohrbar; teils abrasiv.

Wiederverwendbarkeit stark von der Art des Abbaus abhängig.

2.3 Verschmutzungen des Untergrunds

Der Projektstandort weist keinen Eintrag im kantonalen Kataster der belasteten Standorte (KbS) auf (vgl. Abbildung 2):

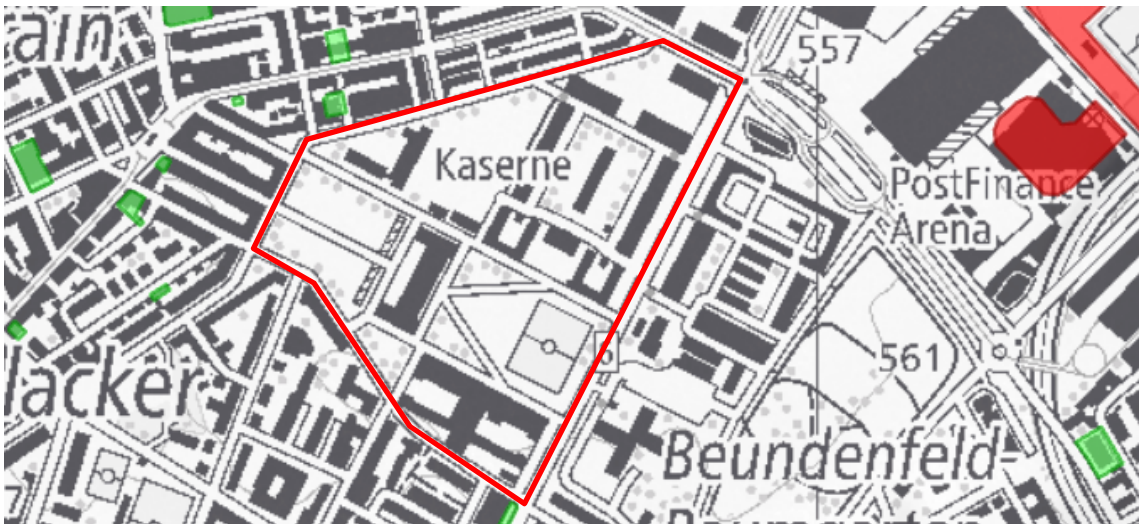


Abbildung 2:
Kartenausschnitt aus dem kantonalen KbS

Quelle: [4]; grüne Flächen: Betriebsstandorte; rote Flächen: Ablagerungsstandorte.

Gemäss dem KbS des VBS sind auf dem Projektareal zwei Einträge vorhanden (Abbildung 3):

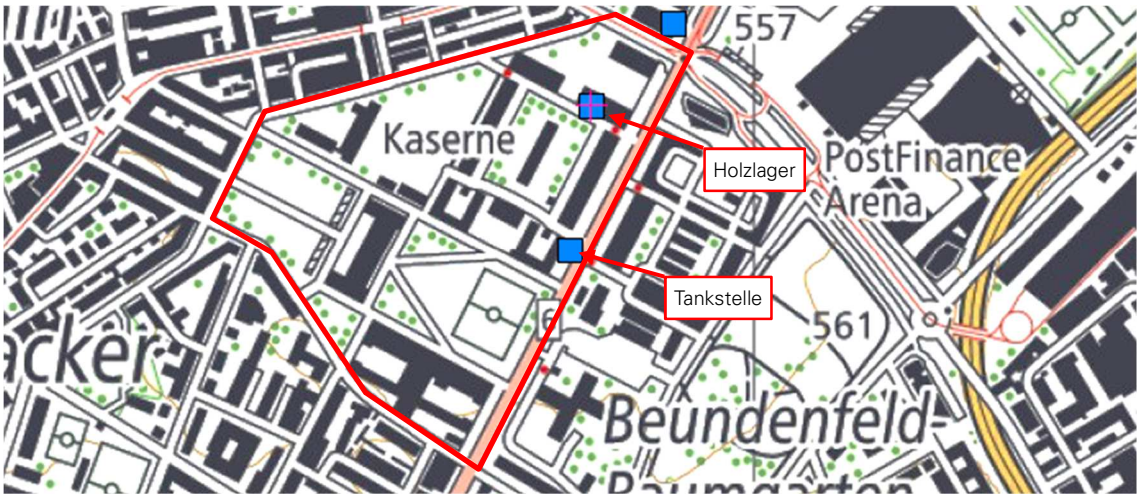


Abbildung 3:
Kartenausschnitt aus dem KbS VBS

Quelle: [4]; die blauen Vierecke stellen Betriebsstandorte dar, die nach AltlV den Status "belastet, untersuchungsbedürftig" aufweisen.

Inwiefern die in der Abbildung 3 dargestellten Örtlichkeiten mit der effektiven Lage übereinstimmen und wie deren Ausdehnung ist, können wir nicht abschliessend beurteilen.

Im Folgenden werden die zu den beiden belasteten Standorten vorhandenen Informationen kurz zusammengestellt.

Standort	**KZB KKB 06**	**BER Z 38**
Bezeichnung / Betrieb	Tankstelle, Garage in Betrieb ab 1925	Holzplatz, Betrieb ab 1970
Typ	Betriebsstandort	Betriebsstandort
Tätigkeit	Betrieb einer Tankstelle	Lagerung von Holz
Schadstoffe	Diesel (KWC_{10}-C_{40}), Benzin (KWC_5-C_{10},) Benzinadditive (BTEX, MTBE).	Falls normales Brennholz gelagert wurde, sind keine Schadstoffe zu erwarten. Wurde behandeltes/imprägniertes Holz gelagert, könnten Belastungen mit Holzschutzmittel (Chromat, Lindan, PAK, BTEX, CKW, Quecksilber, Zinn, Arsen, DDT, PCP, PCB u.a.) vorliegen.
Möglicher Ausbreitungspfad der Schadstoffe	Austritt in den Untergrund aus undichten erdverlegten Tanks, undichten Leitungen, bei Ölabscheidern, beim Tanken auf nicht versiegelten Oberflächen etc.	Auf den Luftbildern der Swisstopo [5] sind keine Holzlager zu erkennen, daher gehen wir davon aus, dass die Holzlagerung im Gebäudeinnern resp. an einem überdachten Ort erfolgte. Eine direkte Auswaschung allfälliger Holzschutzmittel in den Boden scheint somit wenig wahrscheinlich. Ohne weitere Informationen resp. Abklärungen (historische Untersuchung) sind weitere Ausbreitungspfade schwierig einzuschätzen. Die Freisetzungspfade/Ausbreitungsmöglichkeiten hängen stark von dem jeweilig eingesetzten Schutzmitteln ab. Es ist daher keine konkrete Aussage möglich.
Status AltlV	untersuchungsbedürftig	untersuchungsbedürftig
Bisherige Untersuchungen	Im Auszug aus dem KbS des VBS sind keine Untersuchungen aufgeführt.	Im Auszug aus dem KbS des VBS sind keine Untersuchungen aufgeführt.

Werden Tiefbauarbeiten im Bereich der beiden im Kataster der belasteten Standorte erfassten Flächen ausgeführt, ist frühzeitig eine Voruntersuchung gemäss Altlastenverordnung Art. 7 durchzuführen. Diese besteht aus einer historischen und je nach Untersuchungsergebnissen in der Folge aus einer technischen Untersuchung.

3 Grundwasserverhältnisse

Der Projektstandort befindet sich nach [3] im Gewässerschutzbereich üB ("übriger Bereich") sowie in einem randlichen Grundwasservorkommen.

Der mittlere **Grundwasserspiegel** befindet sich auf rund 552 - 553 m ü. M. und liegt somit an der Basis der Felderschotter (Schicht b) resp. sogar in den darunter folgenden Rückstausedimente (Schicht c). Die Rückstausedimente sind ebenfalls gesättigt, die Grundwasserzirkulation ist aber sehr begrenzt, womit die Rückstausedimente einen "Halbstauer" darstellen. Als eigentlicher Stauer wirkt der in der Tiefe vorhandene Molassefels (Schicht d). Das Grundwasservorkommen ist nicht gespannt (freispiegelnde Verhältnisse).

Anhand des mittleren Grundwasserspiegels ergibt sich ein Flurabstand von ca. 4 - 6 m. Das Grundwasser fliesst im Allgemeinen gegen Nordosten, in Anbetracht des sehr geringen Gefälles sind jedoch grössere Richtungsänderungen zu erwarten.

Der **Grundwasserschwankungsbereich** beträgt rund 2.0 - 2.5 m. Der Niedrigwasserstand liegt rund 0.5 - 1.0 m unter dem Mittelwasserstand, der Hochwasserstand rund 1.0 - 1.5 m darüber. Das Grundwasservorkommen weist ein pluviales, d.h. niederschlagsgeprägtes Schwankungsverhalten auf. Die Hochwasserstände treten tendenziell im Winter bis Frühjahr auf, wobei auch in der übrigen Zeit nach Starkniederschlägen mit hohen Grundwasserständen zu rechnen ist.

Die Felderschotter (Schicht b) können mit einer **Durchlässigkeit** von rund $k \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s als gut durchlässig bezeichnet werden. Entsprechend der guten Durchlässigkeit wurden in mehreren Baggerschächten auch sehr hohe Sickerfähigkeiten festgestellt. Die Rückstausedimente weisen Durchlässigkeiten von $k \approx 10^{-5}$ m/s auf und sind als mässig bis schlecht durchlässig zu bezeichnen.

Bezüglich einer Verschmutzung des Grundwassers mit Schadstoffen liegen uns keine Kenntnisse vor.

Über dem Grundwasserspiegel ist nach intensiveren Niederschlagsereignissen mit lokalen **Sickerwasserzutritten** zu rechnen. Deren Ergiebigkeit dürfte aber gering sein.

4 Erste bautechnische Folgerungen

4.1 Projekt

Auf dem Areal der kantonalen Militäranlagen an der Papiermühlestrasse in Bern sollen die bestehenden Gebäude und die Gebäudetechnik erneuert werden. Es sind diverse Massnahmen inner- und ausserhalb der Gebäude vorgesehen, z.B. den Bau erdverlegter Werkleitungen.

Zwischen den Gebäuden Papiermühlestrasse 15a und 17p ist im Weiteren der Neubau einer unterirdischen Trafostation vorgesehen. Die Trafostation weist nach [2] Abmessungen von 13.85 m × 18.10 m auf. Das eingeschossige Bauwerk bindet demzufolge rund 5.2 m in das Terrain ein, das in diesem Bereich auf ca. 558.5 m ü. M. liegt. Die Gründungssohle kommt somit auf ca. 553.3 m ü. M. zu liegen. Die Trafostation ist mit einer rund 1 m mächtigen Erdschicht überdeckt. Die Lastabtragung dürfte gemäss [2] hauptsächlich über die Aussen- und Innenwände erfolgen, Stützen sind keine vorgesehen.

4.2 Fundation und Setzungen

Über die Lasten der Trafostation liegen uns zurzeit keine Angaben vor. Wir beschränken uns im Folgenden deshalb auf Abschätzungen der vermutlich zu erwartenden Lasten. Die charakteristischen spezifischen Bauwerkslasten schätzen wir bei normalen Nutzlasten zu rund 15 kN/m^2, die charakteristischen spezifischen Lasten der Erdüberdeckung zu rund 20 kN/m^2. Es ergeben sich somit totale charakteristische spezifische Lasten von ca. 35 kN/m^2. Mit den Abständen zwischen den einzelnen Wänden von je ca. 5 - 6 m ergeben sich überschlagsmässig charakteristische Linienlasten unter den Streifenfundamenten von ca. 250 kN/m'. Bei einer Einbindetiefe der Trafostation von rund 5.3 m resultiert eine charakteristische spezifische Aushubentlastung von ca. 100 kN/m^2. Durch die konzentrierte Lastabtragung über Streifenfundamente übersteigen die Lasten der Trafostation und der Erdüberdeckung somit die Aushubentlastung, was zu **Neubelastungen des Untergrunds** führt.

Die Aushubsohle kommt bei einer Höhenlange von rund 553.3 m ü. M. in die gut tragfähigen und mässig bis wenig setzungsempfindlichen Felderschotter (Schicht b) zu liegen, die sich im Allgemeinen gut für eine **Flachfundation** eignen. Nur knapp 1 m unter der Aushubsohle liegen jedoch die deutlich setzungsempfindlicheren Rückstausedimente (Schicht c). Erste überschlagsmässige Setzungsberechnungen für ein Streifenfundament von 2.0 m Breite und Linienlasten von 250 kN/m' ergeben rechnerische Setzungen von ca. 1.0 cm. Die Setzungsdifferenzen infolge Heterogenitäten des Untergrunds betragen rund ±0.5 - 1.0 cm.

Sollte der Abstand zu den Rückstausedimenten geringer oder diese lokal ausgesprochen weich ausgebildet sein, so ist mit grösseren Setzungsbeträgen zu rechnen. In diesem Fall werden gegebenenfalls zusätzliche Massnahmen wie eine bessere Verteilung der Lasten notwendig. Weitere Massnahmen wie einen Materialersatz erachten wir angesichts der Nähe zum Grundwasserspiegel als nicht zweckmässig (Erfordernisse wie tiefere Baugrube und Wasserhaltung). Mit einer Pfahlfundation können in den feinkörnigen Rückstausedimenten nur begrenzte Pfahlkräfte mobilisiert werden, weshalb wir auch diese Variante als nur bedingt geeignet einschätzen.

Die Setzungsthematik ist bei Vorliegen der effektiven Lasten sowie der Kenntnis der örtlichen Baugrundverhältnisse vertieft zu prüfen.

4.3 Verbau und Wasserhaltung

Die Baugrubensohle liegt mit einer Aushubtiefe von 5.2 m wenig über dem mittleren Grundwasserspiegel. Über allfällige Vertiefungen geht aus den Planunterlagen [2] nichts hervor. Wir empfehlen, auf solche möglichst zu verzichten. Mit der aktuellen Tiefenlage des Gebäudes ist **kein dichter Verbau** notwendig, jedoch sind während der Bauzeit **Wasserhaltungsmassnahmen vorzuhalten** (z.B. Erstellung von Pumpensümpfen, Ableitungen inkl. Absetzbecken und Neutralisationsanlage). Allfälliges Pumpwasser ist vorzugsweise ausserhalb der Baugrube in den Felderschottern zu versickern, zweckmässiger dürfte infolge der geringen Bauzeit aber wohl eine bei Betonierarbeiten ohnehin erforderliche Ableitung in die Kanalisation sein.

Bereichsweise kommt die Trafostation sehr nahe an die bestehenden Gebäude zu liegen. Zumindest das Gebäude Papiermühlestrasse 17p ist gemäss [2] nicht unterkellert, vom Gebäude 15a liegen kein Angaben vor. Die Fundamente der nur untief reichenden Fundamente des Gebäudes 17p werden vermutlich teilweise freigelegt. Ob die Tragfähigkeit auch bei Freilegung weiter gewährleistet ist und mit welchen Setzungen zu rechnen ist, können wir mangels detaillierter Kenntnisse nicht beurteilen und ist durch den Bauingenieur in der weiteren Projektierung zu prüfen. Gegebenenfalls sind **Ab- oder Unterfangungen** zur Sicherung der bestehenden Gebäudesubstanz erforderlich.

Die Baugrube kann über dem Grundwasserspiegel bei ausreichenden Platzverhältnissen mit einer Neigung von 3 : 4 (vertikal zu horizontal) frei geböscht ausgeführt werden. Da die Böschungen Höhen von 4.0 m übersteigen, empfehlen wir, eine Zwischenberme vorzusehen.

Entlang der bestehenden Gebäude reicht der Platz für freie Böschungen nicht aus, weshalb mindestens in diesen Bereichen eine konstruktive Sicherung mit einem (sub-) vertikalen Baugrubenabschluss erforderlich wird. Gegebenenfalls kann zur Reduzierung der Aushubkubaturen ein allseitiger Verbau vorteilhaft sein. Als **Baugrubenabschluss** sind nahezu sämtliche Verfahren wie eine Nagelwand, Spundwand, Rühlwand oder auch eine (aufgelöste/überschnittene) Bohrpfahlwand denkbar. Das wirtschaftlichste System ist je nach Anforderungen hinsichtlich Deformationen und allenfalls der Fähigkeit zur Aufnahme von Kräften, aus der Ab-/Unterfangung zu wählen. Der Verbau reicht bei geringer Einbindung unter die Baugrubensohle in die untief anstehenden Rückstausedimente (Schicht c). In diesem Fall wäre bei der Wahl eines dichten Systems (Spundwand, überschnittene Bohrpfahlwand) gerade auch eine Abdichtung zur Tiefe vorhanden, es kann jedoch nur eine limitierte Bettung angesetzt werden. Aufgrund der Baugrubentiefe über 5 m ist eine freie Auskragung des Verbaus nicht mehr möglich, weshalb **Abstützungen** notwendig werden. In Anbetracht der Baugrubenabmessungen, der Bebauungssituation und der Baugrundverhältnisse (geringe Überlagerung in den Felderschottern, weiche Ausbildung der Rückstausedimente) dürften Spriesslösungen den Verankerungen vorzuziehen sein.

Bei Hochwasserständen kommt das Bauwerk ins Grundwasser zu liegen, weshalb das **Gebäude wasserdicht auszubilden** und die Auftriebssicherheit zu gewährleisten ist.

4.4 Aushub

Sowohl die befestigten Flächen mit Kofferungen (künstliche Auffüllungen, Schicht a) als auch die Felderschotter (Schicht b) sind gut befahrbar. Beide Schichten sind im Weiteren gut baggerbar. Reste von früheren Bebauungen sind nicht zu erwarten, da das Gebiet vor dem Bau der Kaserne unbebaut war.

Die Kofferungen können zum gleichen Zweck wiederverwendet werden. Ob darunter noch sonstige künstliche Auffüllungen vorhanden sind, ist nicht bekannt. Diese sind im Falle von Verschmutzungen

zu beproben und gemäss den Analyseresultaten zu entsorgen. Die Felderschotter können als hochwertiges Schüttgut wiederverwendet werden, allenfalls limitiert die Separierung einzelner Sandlagen die Wiederverwendbarkeit.

4.5 Versickerung

Ob gemäss den Massnahmen aus [1] örtlich die Versickerung angepasst wird, können wir nicht beurteilen. Auf dem Projektareal stehen in geringer Tiefe die Felderschotter (Schicht b) an, welche bei Bedarf gut zur Versickerung geeignet sind. Bei Versickerungsanlagen ist zu beachten, dass zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem HW-Stand des Grundwassers ein Abstand von mindestens 1.0 m einzuhalten ist.

4.6 Erdwärmenutzung

Auf dem Projektareal sind nach [3] sowohl Erdwärmesonden als auch eine Grundwassernutzung erlaubt. Eine Grundwassernutzung ist zwar erlaubt, stellt angesichts der geringen Grundwassermächtigkeit in den gut durchlässigen Felderschottern (Schicht b) und somit der geringen Brunnen- und Feldergiebigkeit jedoch keine geeignete Massnahme zum Heizen- und/oder Kühlen der Gebäude dar. Wird eine Erdsondenanlage in Betracht gezogen, so ist ein Wechselbetrieb zum Heizen und Kühlen zur Regeneration der Sonden von Vorteil. Bei der Planung eines Erdsondenfelds wird bei einer grösseren Anzahl Sonden die Modellierung des Temperaturverlaufs empfohlen. Je nach Lage eines Erdsondenfelds sind allfällige Nachbarsonden (z.B. vom Verwaltungszentrum Guisanplatz) in der Modellierung zu berücksichtigen. Eine Tiefenbeschränkung für Erdsonden besteht nicht.

5 Weitere Hinweise

5.1 Kenntnisstand, Abklärungsbedarf

Die voranstehenden Angaben beruhen vor allem auf Interpretationen und Interpolationen von umliegenden, teils relativ weit entfernten Sondierungen. Zur Verifizierung der Angaben im Bereich der Trafostation empfehlen wir die Ausführung von **Sondierungen während der nächsten Projektierungsphase**, damit die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse überprüft werden können.

Gemäss den aktuellen Abmessungen der Trafostation [2] empfehlen wir die Ausführung von je einer (Ramm-) Sondierung beidseitig des Bauwerks in Tiefen von mindestens 10 m. Zur Verifizierung des Grundwasserstands ist eine Sondierung mit einem Piezometer auszurüsten und während einer noch zu bestimmenden Dauer regelmässig zu messen. Ändert die Tiefenlage der Trafostation und kommt diese doch unter den mittleren Grundwasserspiegel zu liegen, wird für die Aushubarbeiten eine Wasserhaltung erforderlich. In diesem Fall sollte anstatt dem Rammsondier-Verfahren eine Kernbohrung, ebenfalls mit Piezometereinbau sowie einem Pumpversuch mit Entnahme einer Grundwasserprobe zur chemischen Analyse, ausgeführt werden. Die Kosten für die genannten Sondierungen variieren je nach Verfahren erheblich und liegen für die Rammsondierungen bei wenigen tausend bis für die Bohrungen bei wenigen zehntausend Franken.

5.2 Schlussbemerkung

Die in diesem Bericht gemachten Angaben gelten für das erwähnte Bauvorhaben. Eine Übertragung der Aussagen auf andere Fragestellungen und Bauvorhaben ist nicht zulässig. Die Aussagen beruhen auf Interpretationen aus einzelnen Aufschlüssen. Eine Überprüfung und allfällige Anpassung des Modells bei zusätzlichen Informationen aus weiteren Aufschlüssen bleiben vorbehalten. Wir empfehlen die Begleitung der Projektierungsarbeiten und der Ausführung durch einen Geotechniker (Beurteilung der Böschungen, Kontrolle der Baugrubensohle, etc.).

Geotechnisches Institut AG

A. Teuscher Ch. Strasser

Andreas Teuscher Christoph Strasser

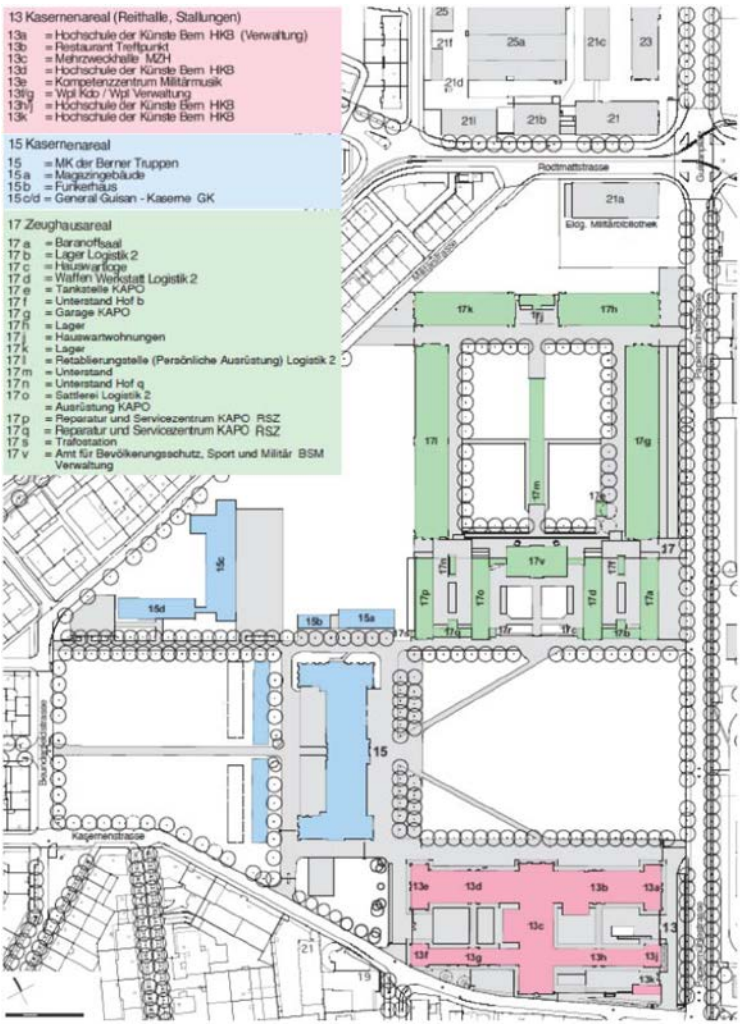
Projektbearbeitung
A. Teuscher, MSc Ingenieurgeologe ETH
L. Bossart, MSc Erdwissenschaften

Beilage 05: Schadstoffbericht_15.01.2020

3.369 – AGG – Militäranlagen Papiermühlestrasse, Bern

Arealversorgung

Kurzbericht Gebäudeschadstoffe
Untersuchung vom 09.12.2019



15.01.2020 / MV

Inhaltsverzeichnis

1	AUSGANGSLAGE	2
2	GRUNDLAGEN	3
3	UNTERSUCHUNGSMETHODEN	3
3.1	Probenahmen	3
4	ÜBERSICHT MATERIALPROBEN vom 09.12.2019	4
4.1	Gebäude 15 – MK der Berner Truppen:	4
4.2	Gebäude 15c – Kaserne General Guisan (Baujahr 1954-1956)	4
4.3	Gebäude 17 – Zeughausareal	6
5	FAZIT / EMPFEHLUNGEN	11
5.1	Gebäude 15 - MK der Berner Truppen:	11
5.2	Gebäude 15c - Kaserne General Guisan:	11
5.3	Gebäudegruppe 17 - Zeughausareal:	11
5.4	Gebäudegruppe 13 – Kasernenareal (Reithalle, Stallungen):	11
6	Laborbericht	12
6.1	Analytik: Messmethoden	12

1 AUSGANGSLAGE

Das IBE Institut Bau + Energie AG, Bern wurde beauftragt ein Konzept für die Erneuerungs- und Instandsetzungsarbeiten der gebäudetechnischen Anlagen auf dem Areal und in den Gebäuden der kantonalen Militäranlagen zu erstellen.
ANS Architekten und Planer SIA AG, Worb wurde beauftragt, der Umbauperimeter auf schadstoffverdächtige Bauteile zu untersuchen. Folgende Bauschadstoffe sind Bestandteil der Untersuchung: Asbest, PCB. PAK, Schwermetalle.

Der Umbauperimeter beschränkt sich auf Grundleitungen und Hauptverteilungen der technischen Anlagen, sowie den HKLS-Zentralen, welche vorwiegend in den Untergeschossen liegen.

Bei folgenden Massnahmen ist die Schadstoffproblematik besonders zu berücksichtigen:
M1: Wärmeerzeugung und Verteilung
M5: Instandsetzung und Erneuerung MSRL
M6: Teilersatz & Erneuerung Kühlung Serverräume, inkl. USV

Der Bericht wird nach Gebäudegruppen gegliedert.

2 GRUNDLAGEN

Als Grundlage dient die Projektdefinition vom 31.10.2019 und die Begehung vom 04.12.2019.
Die Bauschadstoffuntersuchung «Papiermühlestrasse 15c + d, Guisan-Kaserne» vom 21.10.2017, erstellt durch Gartenmann Engineering AG wurde zur Verfügung gestellt.

3 UNTERSUCHUNGSMETHODEN

3.1 Probenahmen

Verdächtige Materialien, welche nicht aufgrund von Erfahrungswerten eingestuft werden konnten, wurden beprobt. Die Probenahmestellen wurden so gewählt, dass ein mögliches Schadstoffvorkommen repräsentativ nachgewiesen werden konnte.
Die beprobten Bauteile werden in einer Fotodokumentation (Abschnitt 4) aufgeführt.

Vorbehalte:
Folgende Bereiche/Materialien wurden nicht untersucht, da diese durch Sondierungen beschädigt würden und/oder nicht zugänglich sind:

- Geschlossene Leitungssteigzonen
- Flachdächer
- Abdichtungen gegen Erdreich
- Tankanlagen

ANS bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass während einer Sanierung oder während einem Um- oder Rückbau weitere Schadstoffe entdeckt werden.

Worb, 15.01.2020

ANS Architekten und Planer SIA AG

Martin Vogt
Fachberater Gebäudeschadstoffe

4 ÜBERSICHT MATERIALPROBEN vom 09.12.2019

4.1 Gebäude 15 – MK der Berner Truppen:

Allgemein:

Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung wurden grösstenteils 1993/2003 erneuert und gelten daher nicht als schadstoffverdächtig. Alte Leitungsdämmungen wurden auf Asbest beprobt.
Die unterirdischen Tankanlagen (Baujahr 1967) sind nicht Bestandteil der Untersuchung.

15 - 1.UG – Korridor	
Bauteil:	alte Leitungsdämmung
Probe Nr.:	15-01
Befund:	**kein Asbest festgestellt**

4.2 Gebäude 15c – Kaserne General Guisan (Baujahr 1954-1956)

Allgemein:

Die Bauschadstoffuntersuchung vom 21.10.2017 durch Gartenmann Engineering AG weisen Baumaterialien mit Schadstoffen aus. Ausgewiesene Bauteile und weitere verdächtige Anlageteile sind untenstehend aufgeführt.

15c – UG – Korridor	
Bauteil:	Flanschdichtungen
Probe Nr.:	Optische Beurteilung
Befund:	**Asbest Verdacht** fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

15c – UG – Korridor

Bauteil: Leitungsdämmungen

Probe Nr.: 171253-13/21/22/29
Bericht Gartenmann
Engineering AG

Befund: **kein Asbest festgestellt**

PAK festgestellt

Sanierung:
Keine verbindlichen Vorschriften für die Sanierung von PAK-haltigen Bauteilen. Der Rückbau durch eine Spezialfirma wird empfohlen.

15c – U29 – Technikraum

Bauteil: Deckel Elektroverteilung

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest festgestellt**
fest gebunden

Sanierung:
Kann gemäss Suva-Merkblatt 84053 durch ein instruierten Handwerker zerstörungsfrei entfernt und fachgerecht entsorgt werden.

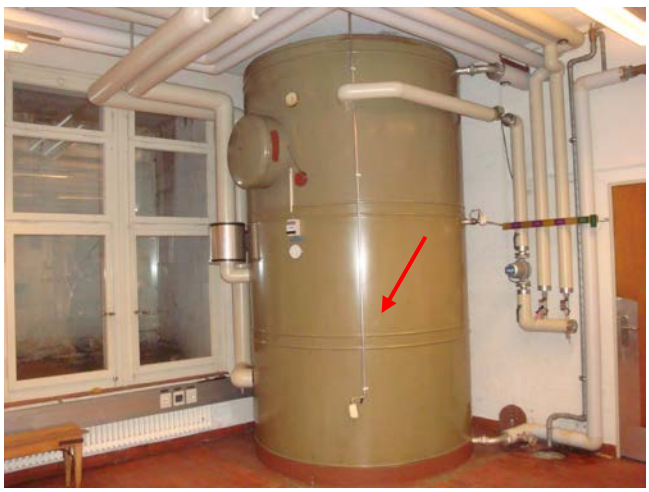
15c – U29 – Technikraum

Bauteil: Warmwasserboiler 6000L

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**

Sanierung:
Warmwasserboiler mit Baujahr vor 1990 können abesthaltige Bauteile enthalten (Flanschdichtungen, Dämmung, Brandschnüre, etc.). Rückbau und Entsorgung gemäss Suva Factsheet 84053 kann durch einen instruierten Handwerker ausgeführt werden.



15c – U30 – Heizraum	
Bauteil:	Gasheizkessel für Warmwasser (Baujahr 1986)
Probe Nr.:	Optische Beurteilung
Befund:	**Asbest Verdacht**

Sanierung:
Heizkessel mit Baujahr vor 1990 können abesthaltige Bauteile enthalten (Flanschdichtungen, Dämmung, Brandschnüre, etc.). Rückbau und Entsorgung gemäss Suva Factsheet 84053 kann durch einen instruierten Handwerker ausgeführt werden.

4.3 Gebäude 17 – Zeughausareal

Allgemein:

Die Wärmeverteilungen und Einzelboiler in den Gebäuden sind grösstenteils vor 1990 eingebaut. Bauteile wie z.B. Flanschdichtungen gelten daher als asbestverdächtig.

Im Gebäude 17d Waffenwerkstatt soll die Küche im Obergeschoss rückgebaut werden. Asbestverdächtige Bauteile werden beprobt.

Die Kälteanlagen in Gebäude 17v BSM Verwaltung werden mit FCKW-freien Kühlmittel betrieben.

17p - EG – Logistik	
Bauteil:	Flanschdichtungen
Probe Nr.:	Optische Beurteilung
Befund:	**Asbest Verdacht** fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

17q - EG – Logistik

Bauteil: Kleinboiler

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**

Sanierung:
Warmwasserboiler mit Baujahr vor 1990 können abesthaltige Bauteile enthalten (Flanschdichtungen, Dämmung, Brandschnüre, etc.). Rückbau und Entsorgung gemäss Suva Factsheet 84053 kann durch einen instruierten Handwerker ausgeführt werden.

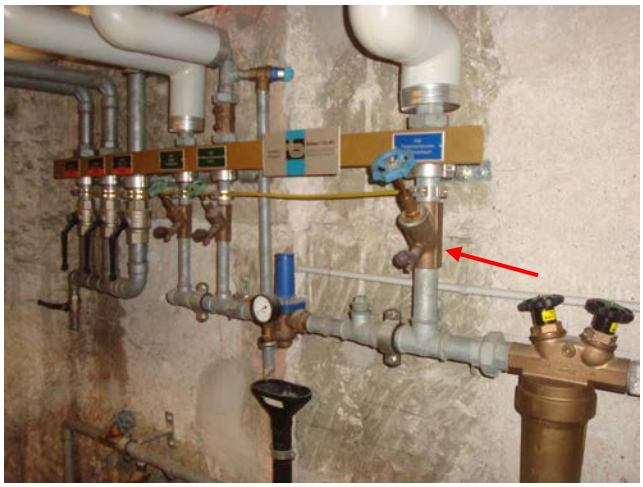
17v - 001 UG – Technik

Bauteil: Flanschdichtungen

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**
fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.



17v - UG – Technik

Bauteil: Flanschdichtungen

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**
fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

17v – 001 UG – Technik

Bauteil: Kleinboiler

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**

Sanierung:
Warmwasserboiler mit Baujahr vor 1990 können abesthaltige Bauteile enthalten (Flanschdichtungen, Dämmung, Brandschnüre, etc.). Rückbau und Entsorgung gemäss Suva Factsheet 84053 kann durch einen instruierten Handwerker ausgeführt werden.

17v - UG – Technik

Bauteil: Flanschdichtungen

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**
fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

17d - OG – Küche

Bauteil: Bodenbelag

Probe Nr.: 17d-01

Befund: **kein Asbest festgestellt**

17d - OG – Küche

Bauteil: Ausgleichsmörtel Bodenbelag

Probe Nr.: 17d-02

Befund: **kein Asbest festgestellt**

17d - OG – Küche

Bauteil: Kleber Wandplatten

Probe Nr.: 17d-03

Befund: **Asbest festgestellt**
Chrysotil, <1%
fest gebunden

Sanierung:
Muss durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma gemäss Suva Factshett Nr. 33077 entfernt werden.

17a - EG – Technik

Bauteil: Flanschdichtungen

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**
fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

17a - EG – Technik

Bauteil: Flanschdichtungen

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**
fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

17k - EG – Technik

Bauteil: Flanschdichtungen

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Asbest Verdacht**
fest gebunden

Sanierung:
Mehrere / viele Dichtungsringe:
Entweder: Schneiden der Rohre auf beiden Seiten der Flansche. Anschliessend Flansche einer Sanierungsfirma übergeben.
oder: Arbeiten direkt durch eine Suva-anerkannte Sanierungsfirma ausführen lassen.

17v - UG – Technik

Bauteil: Kältekompressoren

Probe Nr.: Optische Beurteilung

Befund: **Kühlmittel: FCKW-frei**

Legende:

Kein Asbest festgestellt
Asbest festgestellt
PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) festgestellt

5 FAZIT / EMPFEHLUNGEN

Von den schadstoffhaltigen Bauteilen, welche im Untersuchungsperimeter festgestellt wurden, besteht bei normalem Betrieb keine unmittelbare Gefährdung.

Bei Arbeiten an Material mit fest gebundenem Asbest ist mit einer erhöhten Faserfreisetzung zu rechnen. Jegliche Bearbeitung ist deshalb zu unterlassen oder nur durch Fachleute mit geeigneten Schutzmassnahmen (Atemschutz, Einwegschutzanzug, Industriestaubsauger mit Asbestfilter usw.) durchführen zu lassen.

5.1 Gebäude 15 - MK der Berner Truppen:

Es sind keine kostenrelevanten Schadstoffsanierungen notwendig.
Anlageteile (Warmwasserboiler, Flanschdichtungen), welche vor 1990 eingebaut wurden, können Asbest enthalten. Diese können mit geringem Aufwand demontiert und entsorgt werden.

5.2 Gebäude 15c - Kaserne General Guisan:

Anlageteile (Warmwasserboiler, Flanschdichtungen), welche vor 1990 eingebaut wurden, können Asbest enthalten. Diese können mit geringem Aufwand demontiert und entsorgt werden.

Es wird empfohlen, die PAK-haltigen Korkdämmungen durch ein anerkanntes Sanierungsunternehmen entfernen und entsorgen zu lassen.

5.3 Gebäudegruppe 17 - Zeughausareal:

Anlageteile (Warmwasserboiler, Flanschdichtungen), welche vor 1990 eingebaut wurden, können Asbest enthalten. Diese können mit geringem Aufwand demontiert und entsorgt werden.

Der Kleber der Wandplatten in der Küche OG (Gebäude 17d) muss durch ein anerkanntes Asbestsanierungs-unternehmen entfernt werden.

5.4 Gebäudegruppe 13 – Kasernenareal (Reithalle, Stallungen):

Die Gebäude wurden nach 1990 umfassend saniert. Es sind daher keine schadstoffverdächtigen Bauteile zu erwarten.

6 Laborbericht

6.1 Analytik: Messmethoden

Für die Asbestanalyse wurde das Labor SGS LabTox SA, Ringstrasse 3, 2560 Nidau beauftragt. Messmethode: qualitative Untersuchung mittels Polarisations-Mikroskopie.

REF : 19-12-10-192_195-AM

ANS Architekten und Planer SIA AG
Zu Handen von
Herrn Martin Vogt
Hauptstrasse 14
Postfach 672
3076 Worb

Nidau, den 11. Dezember 2019

Analysenbericht : 3.369-AGG, Militäranlagen Papiermühlestrasse Bern

Die Analyse der Proben durch das Polarisationsmikroskop nach Norm MDHS 77 (Methods for the determination of hazardous substances 77. Asbestos in bulk materials. Sampling and identification by polarised light microscopy. Sheffield, HSE, June 1994), Methode nach ISO 17025 akkreditiert, ergibt :

Probe :	15-01 Leitungsdämmung / UG- Korridor	**Kein Asbest entdeckt.**
Probe :	17d-01 Bodenbelag / 1.OG- Küche	**Kein Asbest entdeckt.**
Probe :	17d-02 Ausgleichsmörtel / 1.OG- Küche	**Kein Asbest entdeckt.**
Probe :	17d-03 Kleber Wandplatten / 1.OG- Küche	**Asbest entdeckt.** (Chrysotil, in Spuren)

Bemerkung :
Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die analysierten Proben. Die Nachweisgrenze ist vom analysierten Materialtyp abhängig. Die quantitativen Angaben sind als Anhaltspunkte zu verstehen, und die Asbestarten Antophyllit und Tremolit können mit dieser Methode nicht immer unterschieden werden. Weitere Auskünfte können von unserem Labor angefordert werden. Sämtliche Analysendaten werden von SGS Labtox SA während 2 Jahren aufbewahrt. Dieser Bericht darf ausschliesslich vollständig reproduziert werden. Eine teilweise Wiedergabe ohne Genehmigung von SGS LabTox AG ist nicht gestattet. Alle Dienstleistungen wurden auf der Grundlage der anwendbaren Allgemeinen Geschäftsbedingungen der SGS (auf Anfrage erhältlich) erbracht.

SGS LabTox SA

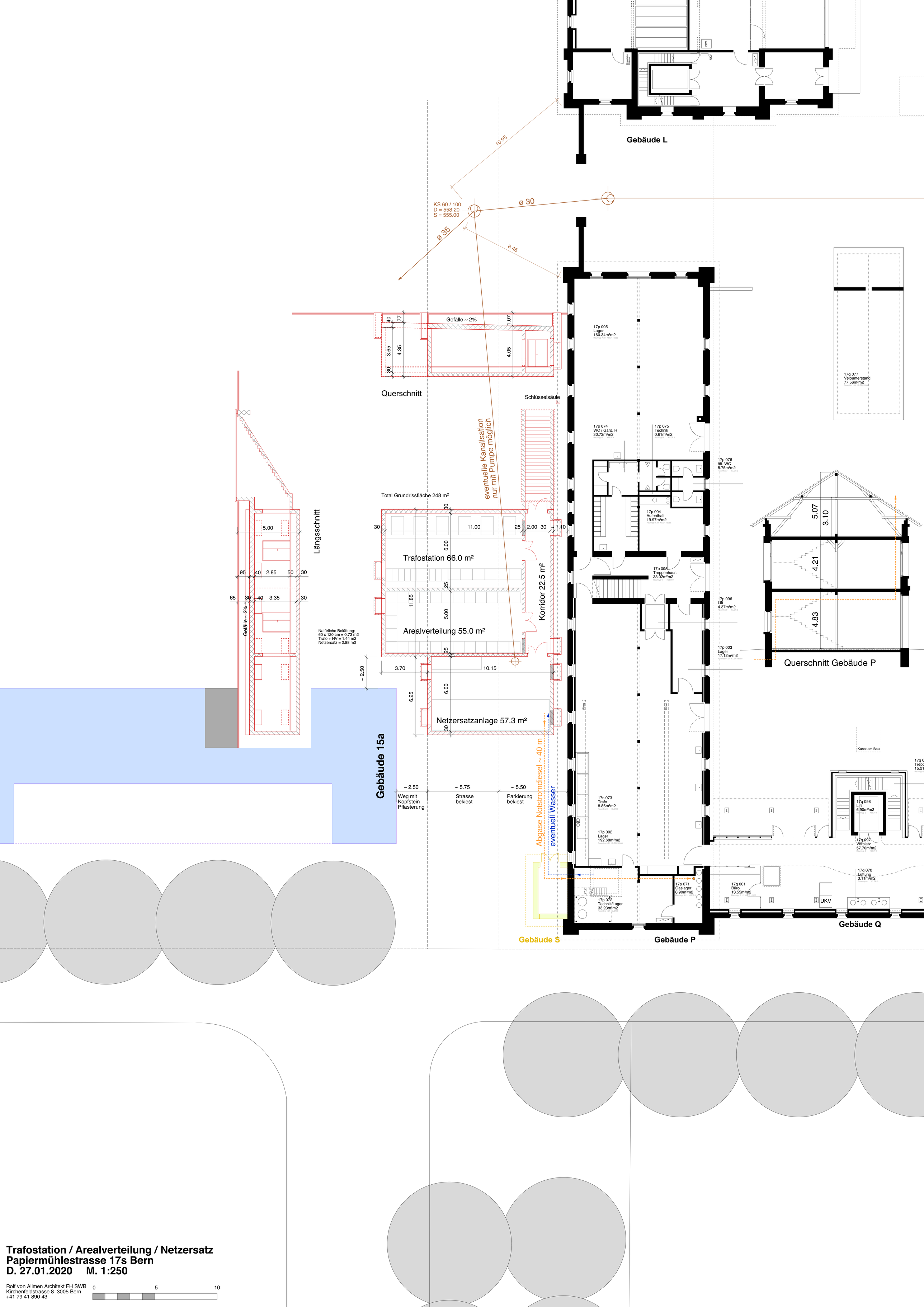
G. Caraccio
Gianni Caraccio

Natacha Pizzolante-Sartori

SGS LabTox SA
LABTOX IS NOW PART OF SGS - THE WORLD'S LEADING INSPECTION, VERIFICATION, TESTING AND CERTIFICATION COMPANY - SGS LabTox SA - Ringstrasse 3 - Case postale 176 - CH-2560 Nidau
Tél. : +41 (0)32 481 35 80 - Fax : +41 (0)32 535 35 81 - info@labtox.ch - www.sgs.com

Seite 1 / 1

Beilage 06: Disposition_Trafo

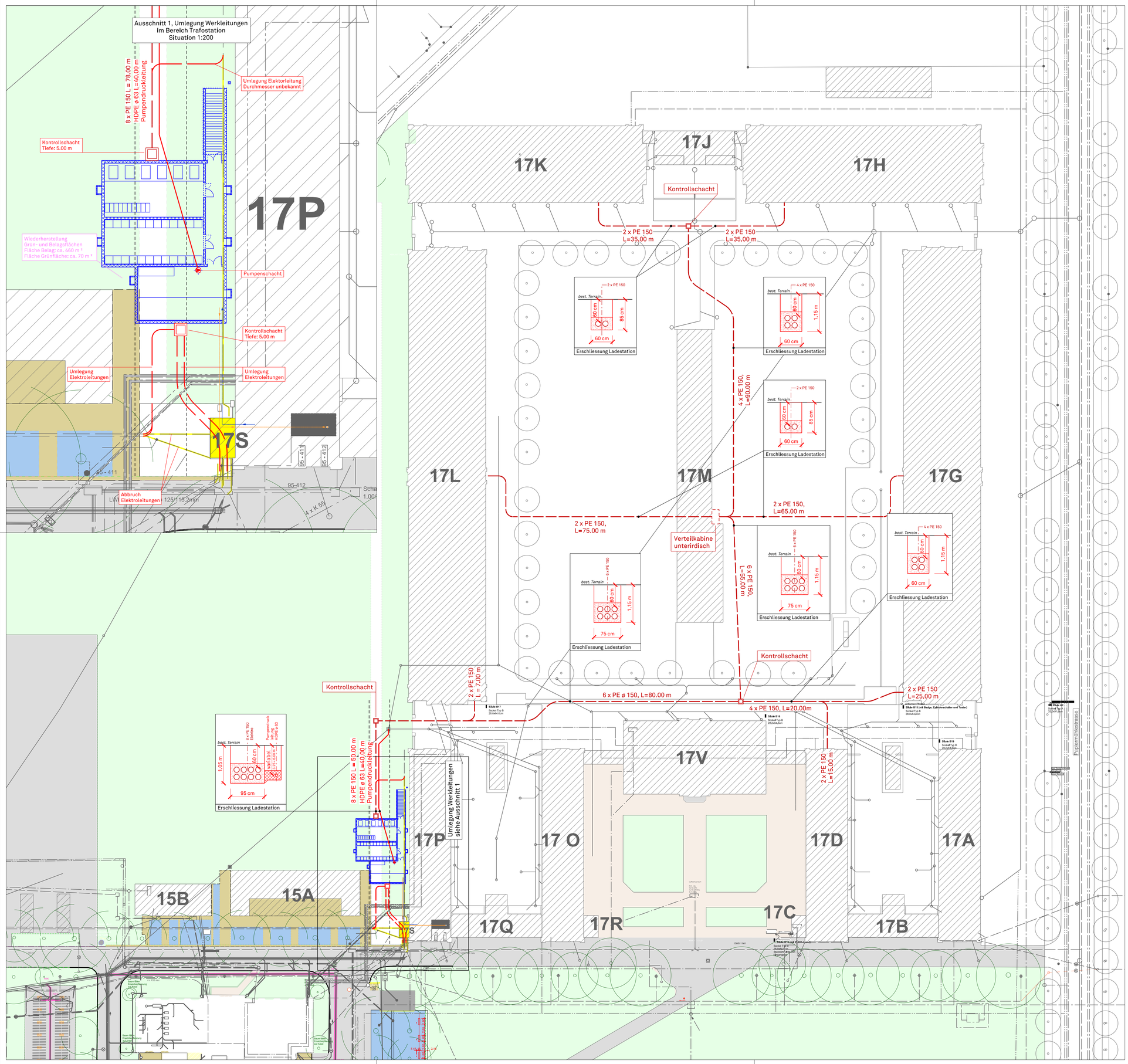


Trafostation / Arealverteilung / Netzersatz
Papiermühlestrasse 17s Bern
D. 27.01.2020 M. 1:250

Rolf von Allmen Architekt FH SWB
Kirchenfeldstrasse 8 3005 Bern
+41 79 41 890 43

0 5 10

Beilage 07: Werkleitungen_Trafo_E-Mobilität



Legende:

	bestehend	projektiert	abbrechen
Mischwasserkanalisation	Kontrollschacht (KS)		
Meteorwasserkanalisation	Einlaufschacht (ES) Benzinabscheider Kontrollschacht (KS)		
Schmutzwasserkanalisation	Kontrollschacht (KS)	Kontrollschacht (KS)	
Wasserversorgung	Hydrant 86 Reduktion Schieber		
Gasleitung	Reduktion Schieber		
Elektroleitung Umlegung wegen Trafosation	Travostation Kandelaber Schacht rund / eckig Verteilkabine	Schacht rund / eckig Verteilkabine	Travostation Kandelaber Schacht rund / eckig Verteilkabine
Elektroleitung Erschliessung Ladestation	Kandelaber Schacht rund / eckig Verteilkabine	Schacht rund / eckig Verteilkabine	
Umlegung Fernwärmeleitung	Schacht überdeckt Schacht sichtbar		
Telefon, TV Leitung	Schacht überdeckt Schacht sichtbar		
unterirdische Trafostation			

Kanton Bern
Gemeinde Bern

Militäranlagen Papiermühlestrasse
Kasernenareal

Werkleitungen

Vorprojekt

Sitaution 1:500 / 1:200

Plan Nr.	**19.0140.00-101B**
Datum	20.12.2019
Änderungen	A: 14.01.2020 / div. Anpassungen B: 27.01.2020 / div. Anpassungen C:
Format	60x84
Gezeichnet	IG
Freigabe	
Datei	P:\ 19\ 19.0140.00_Bern_Kant.Militäranlagen_Papiermühlestrasse_INF\ 6_Plaene\ WAM

WAM ING

WAM Planer und Ingenieure AG
Floraastrasse 2
4502 Solothurn
T +41 (0)32 625 27 27
F +41 (0)32 625 27 00 (Fax)
wam-so@wam-ing.ch

WAM Planer und Ingenieure AG
Münzrain 10
3005 Bern
T +41 (0)31 326 43 43
F +41 (0)31 326 43 26 (Fax)
wam-be@wam-ing.ch

www.wam-ing.ch

SQS-Zertifikat ISO 9001

Plot Datum 27.01.2020

Beilage 08: Bericht_Lüftungsanlagen

Zustandsanalyse
Lüftung & Gebäudeautomation

Impressum

Objekt	KMA Papiermühlestrasse 13-17 CH-3013 Bern	Dossier 526’660
Auftraggeber	ibe institut bau+energie ag Höheweg 17 CH-3005 Bern	Patrick Vogel Tel. +41 31 357 53 13
Auftragnehmer	ENGIE Services AG Schönburgstrasse 41 3013 Bern	Rolf Zubler Tel. +41 31 335 82 07
Verteiler	ibe institut bau+energie ag ENGIE Services AG	Patrick Vogel Remo Grüniger Marcel Jenni Rolf Zubler
Versionen	Version 1.0	
Auftragsdatum	3. 12. 2019	
Auftragsnummer	8100143478	SV: 5003985

ENGIE Services AG
Schönburgstrasse 41
CH-3013 Bern
engie.ch

Tel. +41 31 335 82 82
bern.ch@engie.com

Inhalt

1. Management Summary 3
1.1 Ausgangslage 3
1.2 Analyseergebnisse 3
2. Einleitung 4
2. Zustandsbeurteilung 4
2.1 Zustandsbeurteilung Lüftung 5
2.2 Zustandsbeurteilung Gebäudeautomation 6
3. Bilder 7
3.1. Lüftung 7
3.2. Gebäudeautomation 8
4. Anhang 8
4.1. Anlagenliste 8

1. Management Summary

1.1 Ausgangslage

Mit gezielten Sanierungsmassnahmen der Gebäudetechnik sollen betriebliche Grundbedürfnisse erfüllt werden und werterhaltende Massnahmen an der Liegenschaft sichergestellt werden.

1.2 Analyseergebnisse

Allgemein kann gesagt werden, dass die Gebäudetechnik gut betreut und intakt gehalten wird. Alle Anlagen sind in Betrieb und erfüllen ihren Zweck. Im Allgemeinzustand besteht ein markanter Unterschied zwischen den Gebäuden 13 & 15 welche nach dem Jahre 2'000 saniert wurden und den Gebäuden 17a-v bei welchen die Anlagen aus dem Jahre 1986 stammen.

Die Analyse bewertet die Betriebsdauer von weiteren 15 Jahren:
Eine weitere Betriebsdauer von 15 Jahre kann nicht gewährleistet werden.

Lüftung	kein unmittelbarer Handlungsbedarf
Gebäudeautomation	kein unmittelbarer Handlungsbedarf (ausser Gebäude 17)

Die detaillierten Untersuchungen ergeben den folgenden Handlungsbedarf:

<u>Lüftung Geb. 31+15</u>
Die Grundinstallationen der Lüftung sind aus den Jahren 1999 bis 2002. Die Monoblöcke sind in einem guten Zustand und können noch weitere 15 Jahre Betrieben werden. Aus effizient's Gründen sollten die Betriebsdauer und Luftmengen überprüft werden. Auch die Ventilatorentechnologie ist heute einiges sparsamer. Hier sind wesentliche Energieeinsparungen möglich.

<u>Lüftung Gebäude 17</u>
Die Grundinstallationen sind aus dem Jahre 1986. Die wesentlichen Lüftungen sind mit einer WRG ausgerüstet und die Grundsubstanz der Monoblöcke ist in einem guten Zustand, die Anlagen können weitere 15 Jahre betrieben werden.
Bedarf besteht bei der Festlegung der Nutzungsbedingungen und -dauer, hier können mit Optimierungsmassnahmen wesentlich Einsparungen vorgenommen werden.

<u>GA Gebäude 13+15</u>
Wurden in den Jahren 1999 bis 2002 saniert, daher besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Jedoch ist eine weitere Betriebsdauer von 15 Jahren nicht realistisch.

<u>GA Gebäude 17</u>
Diese Steuerungen der Lüftungsanlagen stammen aus dem Jahre 1986 und wurden bisher nicht saniert. Die verwendete Polygyr ist obsolet, Ersatzteile sind nur noch im occ. Handel verfügbar. Hier besteht dringender Handlungsbedarf.

2. Einleitung

Die Objekte Papiermühlestrasse 13 bis 17 haben ihren Ursprung um 1873 bis 1878 und liegen eingebettet im Beundenfeld zwischen den Nachbarquartieren. Die letzten umfassenderen Gebäude-technischen Sanierungen dürften um die 1986 und 2002 liegen. Aus dieser Zeit stammen die meisten Anlagenteile.

2. Zustandsbeurteilung

Generell sollen mit der Zustandsanalyse in den einzelnen Gewerken folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Zustand und Funktionstüchtigkeit der Anlagen
- Normen- und Gesetzeskonformität
- Risikobeurteilung (Ausfallwahrscheinlichkeit und Auswirkung)
- Ausbaumöglichkeiten und Reserven

Die obigen Positionen werden mittels Ampelschema beurteilt. Alle Positionen, welche nicht auf grün stehen, werden detailliert kommentiert. Das Ampelschema ist wie folgt zu interpretieren:

Tabelle 1: Bedeutung der Farben des verwendeten Beurteilungsschemas

Fehler, Defekt oder grober Mangel Vorhandener dringender Handlungsbedarf	
Fehler, Defekt oder Mangel Vorhandener Handlungsbedarf	
Unklarheiten, Mangel Weitere Abklärungen notwendig	
Funktional, Anforderungen erfüllt Kein unmittelbarer Handlungsbedarf	

Die Zahlen in den Ampelfeldern geben die Priorität der entsprechenden Massnahme an. Die Prioritäten werden wie folgt festgelegt:

- Massnahmenumsetzung >15 Jahren

2.1 Zustandsbeurteilung Lüftung

Die hemair Lüftungsmonoblöcke im Gebäude 17 haben den JG 1986 und wurden laufend gewartet. Trotz dem Alter sind diese in einem guten Zustand. Die Weger Anlagen in den Gebäuden 13 bis 17 haben den JG 1999 und jünger, diese wurden ebenfalls laufend gewartet so dass sich diese ebenfalls in einem guten Zustand befinden. Bei beiden Anlagentypen sollte eine energetische Überprüfung der Ventilatorentechnik vorgenommen werden.
Aus energetischen und hygienischen Gründen sollten die beiden Anlagen welche mit Umluftbetrieb bestückt sind überprüft werden ob diese den heutigen Anforderungen genügen. Eine Teilnahme am Förderprogramm «Optivent» sollte geprüft werden.

Bei den LE-Umwälzpumpen könnte mit den heutigen geregelten Pumpen ebenfalls eine Energieeinsparung erzielt. Die Einsparung beträgt im Schnitt 15%. Eine Teilnahme am Förderprogramm «Pumpind» sollte geprüft werden.

Bei den Feldgeräten ist die Situation sehr unterschiedlich, zum Teil sind die originalen Antriebe aus der Erstellungszeit vorhanden. Hier ist mit jährlichen Instandsetzungskosten von 1.5k zu rechnen.

Die BSK sind alle in Betrieb, haben aber zum Teil sehr hohe Ausfallraten bei den Antrieben. Hier wurde festgestellt, dass bei einigen Anlagen die BSK's mehrere Auf-Zu Zyklen pro Tag absolvieren und dadurch unnötig belastet werden.

Die Lufthygienekontrolle fand im Jahre 2017 statt und sollte alle 3 Jahre wiederholt werden. Anlagen mit Befeuchtung alle 2 Jahre (244.14 & 244.24).

è Kapitel 3.1 Beispielbilder

2.1.1 Beurteilte Anlagen

#	Anlage	Standort	Bemerkung	
L	Klappen und Feldgr.	Papiermühlestr. 13	Weitere 15 Jahre nicht gegeben	
L	Klappen und Feldgr.	Papiermühlestr. 15	Weitere 15 Jahre nicht gegeben	
L	Klappen und Feldgr.	Papiermühlestr. 17	Weitere 15 Jahre nicht gegeben	
L	Kanalnetz	Papiermühlestr. 13	Laufende Kontrolle Lufthygiene Anlagen 244.14 & .24 fällig	
L	Kanalnetz	Papiermühlestr. 15	Laufende Kontrolle Lufthygiene	
L	Kanalnetz	Papiermühlestr. 17	Laufende Kontrolle Lufthygiene	
L	Monoblöcke	Papiermühlestr. 13	Effizientssteigerung durch neue Ventilatorentechnik	
L	Monoblöcke	Papiermühlestr. 15	Effizientssteigerung durch neue Ventilatorentechnik	
L	Monoblöcke	Papiermühlestr. 17	Nutzung klären	
L	LE Pumpen	Papiermühlestr. 13	Ersetzen durch geregelte Pumpen, Ziel: Effizientssteigerung	
L	LE Pumpen	Papiermühlestr. 15	Ersetzen durch geregelte Pumpen, Ziel: Effizientssteigerung	
L	LE Pumpen	Papiermühlestr. 17	Ersetzen durch geregelte Pumpen, Ziel: Effizientssteigerung	

2.1.2 Positionen mit Handlungsbedarf

Siehe Kapitel 4; Anhang Anlagenliste mit Bemerkungen

2.2 Zustandsbeurteilung Gebäudeautomation

Der Zustand der MSRL-Anlagen wird in den Gebäuden 13 und 15 grundsätzlich als gut beurteilt. Jedoch wird eine weitere Betriebsdauer von 15 Jahren sehr schwierig sein zu realisieren. Mit einer Abkündigung der DDC Komponenten ist kurz bis mittelfristig zu rechnen. Daher werden die eingebauten Steuerungen obsolet, der Unterhalt und die Ersatzteilbeschaffung aufwendig und kostenintensiv.
Im Gebäude 17 haben die DDC- Regulierungen die bereits zu erwartenden Lebensdauer überschritten. Eine Sanierung der Regulierung ist daher zwingend als notwendig zu erachten.

è Kapitel 3.2 Beispielbilder

2.2.1 Beurteilte Anlagen

#	Anlage	Standort	Bemerkung	
GA1	Anlagensteuerung	Papiermühlestr. 13	Steuerungen werden obsolet	
GA2	Anlagensteuerung	Papiermühlestr. 15	Steuerungen werden obsolet	
GA3	Anlagensteuerung	Papiermühlestr. 17	Zu erwartenden Lebensdauer überschritten.	

2.2.2 Positionen mit Handlungsbedarf

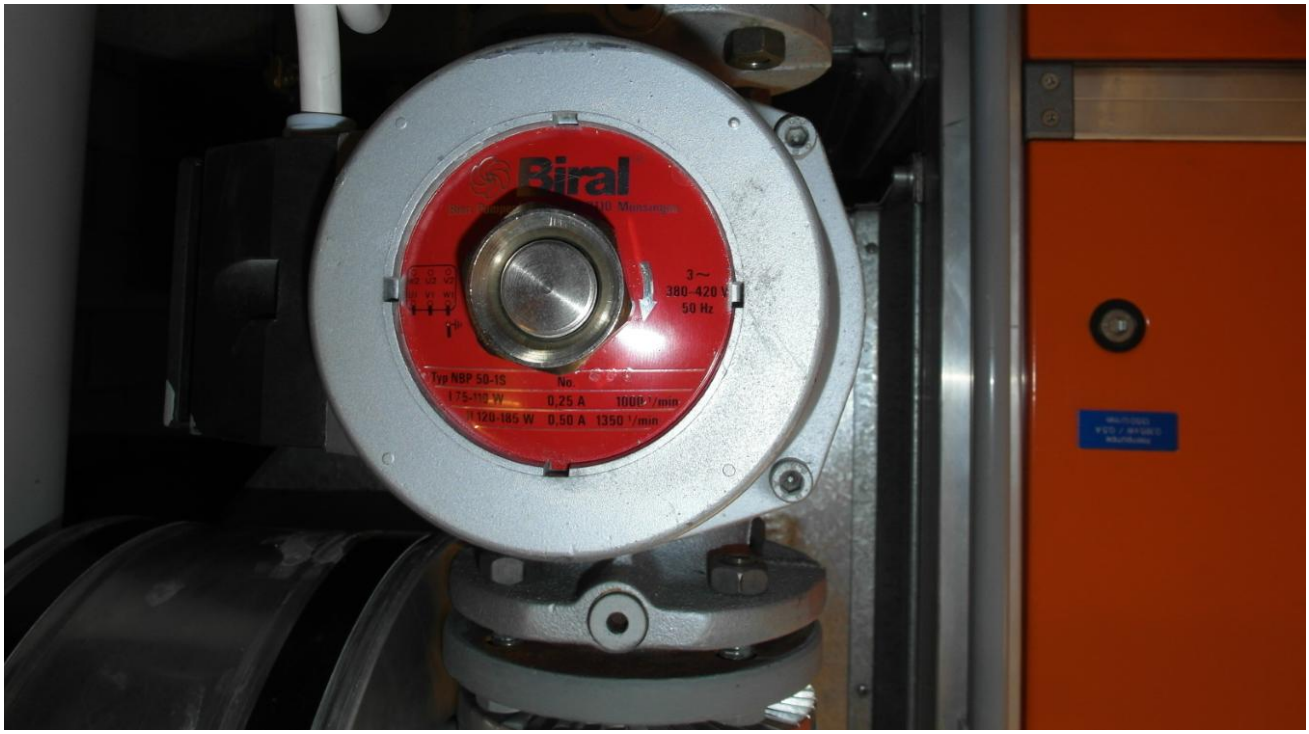
Siehe Kapitel 4; Anhang Anlagenliste mit Bemerkungen

3. Bilder

Kälteproduktion; JG2006

3.1. Lüftung

Zu- Abluftanlage Garderobe; Geb. 17a



Lufterhitzerpumpe Geb. 17b Lüftung Nebenräume

3.2. Gebäudeautomation

Steuerung der Lüftung Garderobe; Geb. 17a

Steuerung der Lüftung Schiesstand; Geb. 17a

4. Anhang

4.1. Anlagenliste

P_13-17_Anlagenliste_Lüftung_526660_20191210.PDF

Dossier: 526660 Papiermühlestrasse 13-17 Gewerk Lüftung

Nr.	Gebäude	Anlage	Art	Keilriemen Typ	Soll	Filter Typ	Soll	Monoblock	JG	Luftmenger m3/h	WRG	FU I/II	Stell-grösse	LE-Pmp.	Befeuchter	Steuer System	Bemerkungen	Handlungsbedarf
244.23	13a	Musikräume	ZUL	XPA 1232	1	KW7 610-H	1	Weger	'99	3'000	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens	Einzelraumregelungen	Funktionsprüfung
244.23	13a	Musikräume	FOL	XPA 1120	1	KW6 610-H	1	Weger	'99	3'000								
244.24	13a	Gesammtproberaum	ZUL	SPA 1357	2	KW7 610-H	2	Weger	'99	5'500	Rotor	FU	?	ung.	Dampfb.	Siemens	Lufthygienekontrolle alle 2 Jahre / Rotor dito 245.15	Lufthygienekontrolle fällig
244.24	13a	Gesammtproberaum	FOL	SPA 1357	2	KW6 610-H	2	Weger	'99	5'500								
244.22	13b	Küche TimeOut	ZUL	SPA 1250	2	KW7 610-H	1	Weger	'99	4'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.22	13b	Küche TimeOut	FOL	SPA 1250	2	HTK 45-610-H	1	Weger	'99	5'500								
244.21	13b	Restaurant	ZUL	SPA 1400	2	KW7 610-H	2	Weger	'99	6'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.21	13b	Restaurant	FOL	SPA 1357	2	KW6 610-H	2	Weger	'99	6'000								
244.25	13b	Foyer, Office, Restaurant, Person	ZUL	13 1100	1	KW7 610-H	1	Weger	'99	4'100	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.25	13b	Foyer, Office, Restaurant, Person	FOL	XPA 1120	1	KW6 610-H	1	Weger	'99	4'100								
244.28	13b	Halle Luftaufbereitung	UML	SPA 1500	2	KW7 610-H	2	Weger	'99	10'000	Umluft	II	Hand	ung.		Siemens		
244.52	13c	Duschen, Garderoben, Toiletten	ZUL	SPA 1500	2	KW7 610-H	2	Weger	'00	4'600	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.52	13c	Duschen, Garderoben, Toiletten	FOL	SPA 1400	2	KW6 610-H	2	Weger	'00	5'200								
244.13	13c	Halle Luftaufbereitung	UML	SPA 1500	2	KW7 610-H	2	Weger	'02	10'000	Umluft	II	Hand	ung.		Siemens		
244.15	13d	Multi Media	ZUL	SPA 1400	2	KW7 610-H	1	Weger	'02	3'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.15	13d	Multi Media	FOL	SPA 1220	1	KW6 610-H	1	Weger	'02	3'500								
244.14	13e	Grosser Saal	ZUL	SPA 1400	2	KW7 610-H	2	Weger	'01	7'300	Rotor	FU	Druck	ung.	Hybridb.	Siemens	Lufthygienekontrolle alle 2 Jahre / Rotor dito 245.15	Lufthygienekontrolle fällig
244.14	13e	Grosser Saal	FOL	SPA 1600	2	KW6 610-H	2	Weger	'01	7'300								
244.14	13e	Musikräume	ZUL	SPA 1250	2	KW7 610-H	1	Weger	'01	4'500	Kreuz	FU		ung.		Siemens		
244.14	13e	Musikräume	FOL	SPA 1250	2	KW6 610-H	1	Weger	'01	4'500								
244.33	13g	Halle Luftaufbereitung	UML	SPA 1360	2	KW7 610-H	2	Weger	'99	10'000	Umluft	II	Hand	ung.		Siemens		
244.43	13h	Halle Luftaufbereitung	UML	SPA 1320	3	KW7 610-H	2	Weger	'01	10'000	Umluft	II	Hand	ung.		Siemens		
244.41	13h	Musikräume	ZUL	SPA 1357	2	KW7 610-H	1	Weger	'01	5'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.41	13h	Musikräume	FOL	SPA 1332	2	KW6 610-H	1	Weger	'01	5'250								
244	13h	Toiletten	FOL	direkt					'01									
244.14	15 mitte	Essräume	ZUL	SPA 1500	2	KW7 610-H	2	Weger	'02	8'720	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.14	15 mitte	Essräume	FOL	SPA 1400	2	KW6 610-H	2	Weger	'02	8'520								
245.15	15 mitte	Auditorium	ZUL	SPA 1557	2	KW7 610-H	2	Weger	'02	8'000	Rotor	FU	Druck	ung.		Siemens	Lebensdauer Rotationswärmetauscher, ca 25 Jahre	
245.15	15 mitte	Auditorium	FOL	SPA 1557	2	KW6 610-H	2	Weger	'02	8'000								
245.15	15 mitte	Loge	FOL	13 875	1			Weger	'02									
244.12	15 nord	Entsorgung	ZUL	SPA 1220	1	KW7 610-H	1	Weger	'00	4'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens	Abluft Druckgeregelt. Ca. 30 Klappen und 12 PIR	Funktionsüberprüfung
244.12	15 nord	Entsorgung	FOL	SPA 1220	1	KW6 610-H	1	Weger	'00	4'500								
244.11	15 nord	Duschen, Garderoben	ZUL	SPA 2057	1	KW7 610-H	4	Weger	'01	12'600	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens	Umfasst ca. 50 PIR und Luftklappen	Funktionsüberprüfung
244.11	15 nord	Duschen, Garderoben	FOL	SPA 2057	1	KW6 610-H	4	Weger	'01	13'000								
244.1	15 nord	Küche Mannschaft 1.UG	ZUL	SPA 1382	1	KW7 610-H	1	Weger	'94	3'100	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.1	15 nord	Küche Mannschaft 1.UG	FOL			KW6 610-H	1	Weger	'94	3'450								
244.21+	15 süd	Duschen, Garderoben, Toiletten	ZUL	SPA 2000	1	KW7 610-H	4	Weger	'01	12'600	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.21	15 süd	Duschen, Garderoben, Toiletten	FOL	SPA 1900	1	KW6 610-H	4	Weger	'01	13'000								
244.13	15 süd	Küche EG-UG	ZUL	SPA 1700	2	KW7 610-H	4	Weger	'02	9'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.13	15 süd	Küche EG-UG	FOL	SPA 1800	2	HTK 45-610-H	4	Weger	'02	9'700								
244.12	15 süd	Entsorgung	ZUL	SPA 1250	1	KW7 610-H	1	Weger	'01	4'500	Kreuz	FU	Druck	ung.		Siemens		
244.12	15 süd	Entsorgung	FOL	SPA 1250	1	KW6 610-H	1	Weger	'01	4'500								
A.8.1	17a	Garderobe EG 17A (Malerei)	ZUL	XPA 1137		FXW6-420-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'600	Kreuz	I		ung.		Landis & Gyr	Bedarfsregelung %F und Entfeuchter	Bedarfsregelung
A.8.1	17a	Garderobe EG 17A (Malerei)	FOL	XPA 1087		FXW6-420-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'700								
A.8.5	17a	Garderobe 1.OG 17A	ZUL	XPZ 1012		FXW6-420-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'840	Kreuz	I		ung.		Landis & Gyr	Seminarräume -> Bedarfsregelung VOC	Bedarfsregelung
A.8.5	17a	Garderobe 1.OG 17A	FOL	XPZ 1060		FXW6-420-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'940								
	17b	Schiessstand 17B	ZUL	XPZ 1162		FXW6-305-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'500	-	I		ung.		Landis & Gyr	Waffen Teststand: selten in Betrieb	
	17b	Schiessstand 17B	FOL	XPZ 857		FXW6-305-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'000	-	I						

17b	Schiessstand 17B	FOL	XPZ 932	FXW6-305-H-Q-8T (59	1	hemair	'86	1'500	-	I						
17b	1. UG Nebenräume 17B	ZUL	SPA 1900	FXW6-420-H-Q-8T (59	4	hemair	'86	10'000	Kreuz	I		ung.		Siemens	Steuerung wurde 2005 erneuert (RMU720)	dito Nebenräume 17q
17b	1. UG Nebenräume 17B	FOL	SPA 1857	FXW6-420-H-Q-8T (59	4	hemair	'86	10'000								
17b	Luftheizapparate 2 Stk.	UML			2	Orion	'86			I						
17d	Brünieren 17D	ZUL	XPA 1632	FXW6-941-H-Q-12T(89	2	hemair	'86	5'200	Kreuz	III		ung.		Landis & Gyr		
17d	Brünieren 17D	FOL	XPA 1632	FXW6-941-H-Q-12T(89	2	hemair	'86	5'800		III						
17d	Abluft Schleifmaschine 17D	FOL	XPA 1800	1			'86			Hand						
17p	ehemalige Wäscherei 17P	ZUL	AVX 13*1225	FXW6-508-H-Q-8T (59	2	hemair	'86		Kreuz			ung.		Landis & Gyr	Bedarf überprüfen; Regelung z.B. %F oder Zeit	Bedarfsregelung
17p	ehemalige Wäscherei 17P	FOL	XPA 1207	FXW6-508-H-Q-8T (59	2	hemair	'86									
17p	Garderobe 17P	ZUL	XPZ 1107	FXW6-420-H-Q-8T (59	2	hemair	'86		Kreuz	Zeit		ung.		Landis & Gyr	Bedarf überprüfen; Regelung z.B. %F oder Zeit	Bedarfsregelung
17p	Garderobe 17P	FOL	XPA 1087	FXW6-420-H-Q-8T (59	2	hemair	'86									
17q	1. UG Nebenräume 17Q	ZUL	SPA 1832	FXW6-420-H-Q-8T(592	4	hemair	'86		Kreuz			ung.		Landis & Gyr	Bedarf überprüfen; Regelung z.B. %F oder Zeit	Bedarfsregelung
17q	1. UG Nebenräume 17Q	FOL	SPA 1932	FXW6-420-H-Q-8T(592	4	hemair	'86									
17q	Luftheizapparate 2 Stk.	UML			2	Orion	'86			I						
17v	Abluft Toiletten	FOL	direkt DN200	-		Helios	'86			Zeit					Erstz. mit Fortluftautomaten + Druckregulierter EC Ventilator Funktionsanpassung	
						Gehäuse i.O. Nutzungsänderung überprüfen			Umluftnutzung überprüfen und Lebensdauer Rotor Lebensdauer FU und überprüfen Eef			Ungeregelte Pumpen durch neue Generation ersetzen				

Weitere 15 Jahre Betriebsdauer möglich
Abklärungen / Energieoptimierung
Weitere Betriebsdauer weniger als 15 Jahre
Handlungsbedarf / Ersatz

Beilage 09: Anforderungen «RZ Zeughaus»

Polizeikommando

Polizei- und
Militärdirektion
des Kantons Bern

**Commandement
de la police**

Direction de la police
et des affaires militaires
du canton de Berne

Erneuerung + Modernisierung der Housing-Infrastruktur für das RZ Zeughaus

Grundsätzliche Anforderungen

Aus Gründen der Lesbarkeit wird im vorliegenden Dokument nur das Maskulinum verwendet. Alle männlichen Formulierungen gelten selbstverständlich auch in der weiblichen Form.

INTERN

Kantonspolizei Bern
Technik Informatik
Nordring 30, Postfach 7571
3001 Bern

Dateiname:
Anforderungen_Housing-Infrastruktur-KAPO-BE_RZ-Zeughaus_20200214_V1.1.docx

Datum: 14.02.2020
Status: Freigegeben

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 3
2. Anforderungen 3
2.1: Bauliche Anforderungen 5
2.2: Betriebliche Anforderungen 6
3: Glossar 7

1. Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt die grundsätzlichen Anforderungen der KAPO Bern an die Housing-Infrastruktur der Serverräume für das User-LAN am Standort Zeughaus (Gebäude V) - auch RZ Zeughaus genannt.

Die Einschätzung stellt den aktuellen Stand der Bedürfnisse dar. Die Bedürfnisse und die Einschätzung bzgl. Relevanz der Anforderungen werden aufgrund neuer Erkenntnisse (technisch, ökonomisch, betrieblich, strategisch) laufenden weiterentwickelt.

Des Weiteren sind die Anforderungen unterschieden nach Verantwortlichkeit (Bau vs. Betrieb).

2. Anforderungen

2.1 Anforderungen Bauseits

Die Infrastruktur-Anforderungen lassen sich den Kategorien Anlage, Compliance und Allgemeines zuordnen. Die bauseitigen Anforderungen sind nachfolgend beschrieben.

Kategorie	Beschreibung der Anforderung	Anmerkungen
Anlage	Die zu migrierenden ICT-Komponenten und die zu nutzenden Racks und Cabinets sind in einem Cube, Cage oder Raum physisch bzgl. Zutritt und Zugriff abgetrennt unterzubringen.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Es müssen zunächst ca. 9 Cabinets untergebracht werden können. Die Anzahl der Cabinets muss innerhalb des bestehenden Cage / Raumes auf 12 erhöht werden können. Neue Racks / Cabinets können auch vom Leistungserbringer gestellt werden.	Der Spare von drei Cabinets ist für Veränderungen im Life Cycle vorgesehen; Das zu erwartende Wachstum von +30 % über die nächsten 8 Jahre ist in den genannten Zahlen berücksichtigt.
Anlage	Die untergebrachten ICT-Komponenten sind und bleiben im Eigentum der KAPO BE, oder Eigentum separat beauftragter Dritter Dienstleister.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Die Stellfläche muss Racks mit 42 Höheneinheiten (HE), und Blades mit den Abmassen 80 cm (Breite) * 100 cm (Tiefe) aufnehmen können.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Es muss für KAPO möglich sein ihre eigenen Cabinets und Racks im gesuchten Housing-RZ aufzustellen. Es soll aus diesem Grund möglich sein, ganze Cabinets per Transportsystem (Rolli etc.) zu transportieren. Türen und Lifte sollen daher eine Mindesthöhe von 2.4 m und eine für EPAL-Paletten geeignete Breite von mindestens 0.9 m haben.	Keine Anmerkungen.

Kategorie	Beschreibung der Anforderung	Anmerkungen
Anlage	Die Stromversorgung muss eine maximale Leistung von 9.0 kW je Rack sicherstellen. Heute wird die Leistung von den aktuell 6 genutzten Racks nur ca. zu 50% bezogen.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Die vorhandene Kühlleistung und Lufteingangs-Temperatur am Rack muss auch bei Vollausbau und Teillast von 50% der möglicherweise zukünftig benötigten Racks (Anzahl 12) im Rahmen der üblichen Data Center Normwerte nach ASHARE, 2011 Klasse A2 liegen.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Es muss auch bei Ausfall der öffentlichen Stromversorgung eine Stromautonomie des Housing-RZ von mindestens 72h sichergestellt und nachgewiesen sein.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Gebäudeöffnungen die keine regulären Personen-Zugänge sind (Lüftung, Notfall etc.), müssen durch geeignete physische Sicherheitsmassnahmen nachgewiesen geschützt sein.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Bei erforderlichen Wartungsarbeiten des Leistungsanbieter, die im Rahmen des vertraglich Zulässigen zu potentiellen Ausfällen führen (Stromversorgung, Kühlung, Löscheinrichtung, Zutritts-Management), ist KAPO BE mindestens zwei Wochen im Voraus zu informieren.	Keine Anmerkungen.
Anlage	Der Leistungsanbieter orientiert sich mindestens an den Anforderungen gemäss RZ-Kategorie B nach «Bitkom Planungshilfe betriebssicheres Rechenzentrum»[1] und «Uptime-Tier 2 Constructed Facility / Design Documents»[2]. Die Anforderungen gemäss Bitkom-RZ-Kategorie, Uptime-Tier-2 erfordern insbesondere, den Erfüllungs-Nachweis a) für die Redundanz-Anforderungen (n+1) und b) für die Anforderung an die unterbruchsfreie Wartbarkeit von Strom- und Klima-Komponenten. Die Umsetzung kann auch im Rahmen eines höheren Standards als Tier 2 erfolgen.	Keine Anmerkungen.

[1] Gemäss Bitkom: https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Betriebssicheres-Rechenzentrum.html und Anhang, Kapitel 4 in diesem Dokument
[2] Gemäss Uptime Institute: https://uptimeinstitute.com/, Stand 19.03.18.

Kategorie	Beschreibung der Anforderung	Anmerkungen
Compliance	Der KAPO BE sind bei Vertragsbeendigung ggf. sämtliche Infrastrukturen (Server, Switches, Cabinets, Racks, etc.) die sich im Eigentum der KAPO befinden mit angemessener Übergangsfrist zu übergeben, entsprechender Zutritt ist zu gewähren. Ebenso sind KAPO alle bereitgestellten Daten in geeigneter elektronischer Form zu übergeben und nachfolgend im Perimeter des Housing-Leistungserbringers zu löschen.	Keine Anmerkungen.
Compliance	Der Leistungsanbieter muss der KAPO ein Auditrecht zugestehen. Vor einem Audit ist eine Auditvereinbarung zwischen dem Leistungsanbieter und der KAPO zu erstellen. Audits müssen vor Ort im Rechenzentrum möglich sein. Audits müssen auch in organisatorischen und administrativen Belangen möglich sein. Die KAPO akzeptiert Auditberichte (z.B. ISAE 3402 Reports), welche bei Audits des Internen Kontrollsystems (IKS) oder von Standards und Zertifizierungen durch eine unabhängige externe Stelle erstellt worden sind.	Gemäss KDSG Art. 16 besitzt die Datenschutzaufsichtsstelle des Kantons Bern ein Audit-Recht, welches sie beim Leistungserbringer ausüben kann. Der Leistungserbringer ist auf dieses Audit-Recht aufmerksam zu machen.
Allgemeines	Der Leistungserbringer muss sich zur Gewährleistung des IT-Grundschutz am Standard ISO 27002 orientieren.	Keine Anmerkungen.

Tabelle 1: Bauliche Anforderungen

2.2 Betriebliche Anforderungen

Die Anforderungen an den Betrieb des RZ-Housing lassen sich den Kategorien Zutritt, Compliance und Allgemeines zuordnen. Die Anforderungen sind nachfolgend beschrieben.

Kategorie	Beschreibung der Anforderung	Anmerkungen
Compliance	Mitarbeitende des Leistungserbringers, welche potentiell Zugriff auf die KAPO-Systeme haben müssen namentlich aufgelistet sein; Die Liste der Berechtigten muss KAPO jährlich bereitgestellt werden.	Keine Anmerkungen.
Zutritt	Zutritte von KAPO-Mitarbeitern, Begleitpersonen zum RZ sind zu monitoren und monatlich zu reporten. Ebenso sind die Zutritte von KAPO-Mitarbeitern, Begleitpersonen zum KAPO-Perimeter (Cage / Room) zu monitoren und monatlich zu reporten.	Keine Anmerkungen.
Zutritt	Der Zugang zum Housing-RZ der KAPO muss an 24 Stunden pro Tag und an 7 Tagen pro Woche ganzjährlich möglich sein.	Der Zutritt Dritter Dienstleister erfolgt in Begleitung von KAPO zum Cage / Private Room. Logische Zugänge erfolgen immer über KAPO BE IT-Infrastruktur.
Allgemeines	Der Leistungserbringer muss sich zur Gewährleistung des IT-Grundschutz am Standard ISO 27002 orientieren.	Keine Anmerkungen.

Tabelle 2: Betriebliche Anforderungen

3. Glossar

Begriff	Erläuterung
Cage	Mit einem Luft- und Lichtdurchlässigen, raumhohen Gitter zutrittsgeschützter Bereich eines Rechenzentrums. Der Zutritt erfolgt durch eine zutrittsgesicherte Tür.
Cube	Mit einer Türe zum Kaltluftbereich zutrittsgeschützter, modularer Bereich eines Rechenzentrums. Der Warmluftbereich ist durch die Wände der genutzten Cabinets geschützt.
Cabinet	Geschlossener Serverschrank mit meist zugangsgesicherter Türe.
Modular	Aufbau eines Systems aus mehreren Modulen / Baugruppen.
Rack	Meist offener Serverschrank, der nicht speziell zugangs- oder staubgeschützt ist.
Redundant	Mehrfach ausgelegt zur Erhöhung der Verfügbarkeit / Fehlertoleranz.
Private Room	Separater, zutrittsgeschützter Raum für die ICT-Systeme des jeweiligen Kunden.

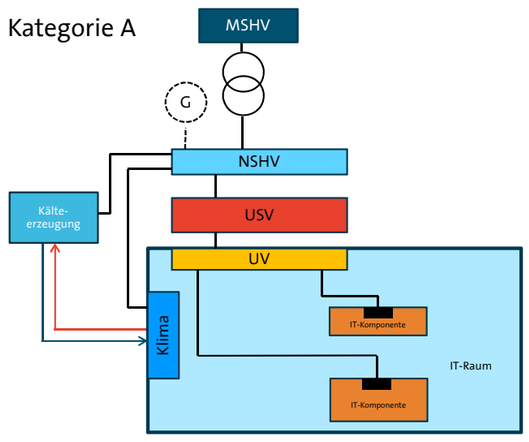
4. Anhang Matrix BRZ von Bitcom

Matrix_BRZ_Nov-2014
.pdf

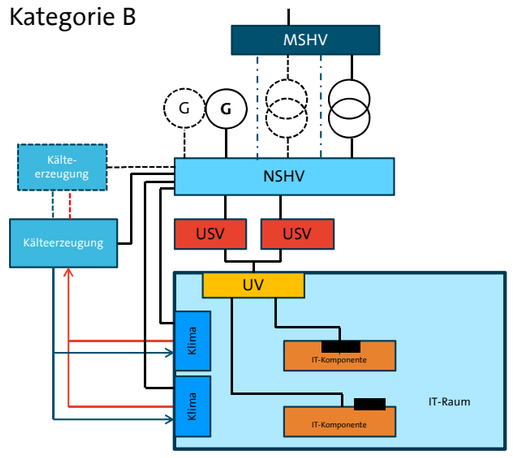
Planungshilfe betriebssicheres Rechenzentrum

RZ-Kategorie	Infrasruktur		Serverschrank	IT-Umgebung (bis zu 10 Schränke)	Serverraum / Rechenzentrum	Max. tolerierbare Ausfallzeit*
A	Prozesse					72 h
	Service		Wartung im laufenden Betrieb des Rechenzentrums nicht möglich			
A	Energie	EVU-Einspeisung	Standard: Einpfadig			12 h
		USV	Optional USV- und Batterieraum mit Belüftung, Minimaldauer der Überbrückungszeit abhängig von der Shutdownzeit der IT-Geräte			
		Notstrom	Generator optional			
		Verteilung	Standard: Einpfadig Jedoch Anbindung der Server über USV- und Normalnetz empfehlenswert			
	Klima	Kälteerzeugung	einfach, Redundanz optional	einfach, Redundanz optional	einfach, Redundanz optional	
		Kältetransport	einfacher Transportweg	einfacher Transportweg	einfacher Transportweg	
		Kälteverteilung	Direktklimatisierung	Präzisionsklimageräte oder Direktklimatisierung, Redundanz optional	Präzisionsklimageräte oder Direktklimatisierung, Redundanz optional	
	Sicherheit	Technischer Brandschutz	Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und Löschtechnik sowie Löschmittelreserve optional		Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Löschtechnik oder Brandvermeidungssystem	
		Bauliche Sicherheit	Raum, Türen und Kabelschotts: Feuerwiderstandsklasse F90		Raum, Türen und Kabelschotts: Feuerwiderstandsklasse mind. F90, Schutz gegen Rauchgas, Spritzwasser und unberechtigtem Zutritt	
	Gefahrmanagement		Einzelstörmeldung an einer ständig besetzten Stelle			
	Service		Wartung im laufenden Betrieb nur eingeschränkt möglich, Wartungsverträge notwendig, Rufbereitschaft und Notdienstverträge optional			
B	Energie	EVU-Einspeisung	Standard: Einpfadig, N+1 Redundanz für Transformator, räumliche Trennung			1 h
		USV	Redundanz N+1 oder 2N, Separater USV- und Batterieraum mit eigener Klimatisierung Minimaldauer der Überbrückungszeit abhängig von der kontrollierten Shutdownzeit der IT-Geräte			
		Notstrom	Ein Generator notwendig, 2. Generator optional, Verfügbarkeit in 15 Sekunden, Brennstoffvorrat: 24 Stunden			
		Verteilung	Standard: Einpfadig Jedoch Anbindung der Server über USV- und Normalnetz empfehlenswert			
	Klima	Kälteerzeugung	redundante Ausführung	redundante Ausführung	redundante Ausführung	
		Kältetransport	einfacher Transportweg	einfacher Transportweg	einfacher Transportweg	
		Kälteverteilung	redundante Direktklimatisierung	redundante Präzisionsklimageräte oder redundantes Direktklimatisierung	redundante Präzisionsklimageräte oder redundante Direktklimatisierung	
	Sicherheit	Technischer Brandschutz	Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und Löschtechnik und Löschmittelreserve		Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Löschtechnik oder Brandvermeidungssystem. Redundanz optional	
		Bauliche Sicherheit	Systemprüfung des baulichen Brandschutzes Wände, Böden, Decke, Türen: F90/T90 in Anlehnung an EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit , Schutz gegen Rauchgas, Spritzwasser und unberechtigten Zugriff		Systemprüfung des baulichen Brandschutzes Wände, Böden, Decke, Türen: F90/T90 in Anlehnung an EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Rauchgas, Wasser und unberechtigten Zugriff	
	Gefahren-management		Einzelstörmeldung an eine ständig besetzte Stelle, Automatisiertes Störmeldemanagement			
	Service		Wartung im laufenden Betrieb des Rechenzentrums eingeschränkt möglich, Wartungs- und Notdienstverträge, Ersatzteilvorhaltung			
C	Energie	EVU-Einspeisung	Redundante, zweipfadige Einspeisungen, räumliche Trennung der Transformatoren			10 min
		USV	Separater USV- und Batterieraum mit eigener Klimatisierung, 2N-Redundanz, mind. 10 Minuten Überbrückungszeit			
		Notstrom	Redundant, Verfügbarkeit in 15 sec, Brennstoffvorrat: 72 Stunden, Kraftstoffreinigungsanlage			
		Verteilung	Standard: Zweipfadige Ausführung (A / B)			
	Klima	Kälteerzeugung	Zweipfadige Ausführung (A / B)	Zweipfadige Ausführung (A / B)	Zweipfadige Ausführung (A / B)	
		Kältetransport	redundante Transportwege	redundante Transportwege	redundante Transportwege	
		Kälteverteilung	Direktklimatisierung, USV Unterstützung notwendig (für Regler und Lüfter)	Präzisionsklimageräte oder Direktklimatisierung, USV Unterstützung notwendig (für Regler und Lüfter)	Präzisionsklimageräte oder Direktklimatisierung, USV Unterstützung notwendig (für Regler und Lüfter)	
	Sicherheit	Technischer Brandschutz	Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Brandlöschanlage oder Brandvermeidungssystem, Anlagenredundanz oder Mischbetrieb beider Systeme erforderlich			
		Bauliche Sicherheit	Typprüfung des baulichen Brandschutzes Wände, Böden, Decke, Türen: F90/T90 und gemäß EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit , Schutz gegen Rauchgas, Wasser und unberechtigtem Zugriff		Typprüfung des baulichen Brandschutzes Wände, Böden, Decke, Türen: F90/T90 und gemäß EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit , Schutz gegen Rauchgas, Wasser und unberechtigtem Zugriff	
	Gefahren-management		Notfallhandbuch, Einzelstörmeldung an einer ständig besetzten Stelle, automatisiertes Störmeldemanagement, regelmäßige Testläufe Direktleitungen zu Dienstleistern			
	Service		Wartung im laufenden Betrieb des Rechenzentrums uneingeschränkt möglich, Wartungs- und Notdienstverträge, Ersatzteilvorhaltung			
D	Energie	EVU-Einspeisung	Redundante Einspeisungen von verschiedenen Umspannwerken, N+1 Redundanz für Transformator je Versorgungsweg, räumliche Trennung der Transformatoren			<1 min**
		USV	Separater USV- und Batterieraum mit eigener Klimatisierung, N+1 Redundanz pro Versorgungsweg, mind. 10 Minuten Überbrückungszeit			
		Notstrom	Notstromaggregate pro Versorgungsweg, optinale Redundanz, Verfügbarkeit in 15 sec, Brennstoffvorrat: min. 72 Stunden, Betankungsmanagement, Kraftstoffreinigungsanlage			
		Verteilung	Standard: Redundante, zweipfadige Ausführung, 2 x (A / B)			
	Klima	Kälteerzeugung	redundante, zweipfadige Ausführung, 2 x (A / B)	redundante, zweipfadige Ausführung, 2 x (A / B)	redundante, zweipfadige Ausführung, 2 x (A / B)	
		Kältetransport	redundante, zweipfadige Transportwege, 2 x (A / B)	redundante, zweipfadige Transportwege, 2 x (A / B)	redundante, zweipfadige Transportwege, 2 x (A / B)	
		Klimatisierung	Direktklimatisierung, USV Unterstützung notwendig (für Regler und Lüfter)	Präzisionsklimageräte oder Direktklimatisierung, USV Unterstützung notwendig (für Regler und Lüfter)	Präzisionsklimageräte oder Direktklimatisierung, USV Unterstützung notwendig (für Regler und Lüfter)	
	Sicherheit	Technischer Brandschutz	Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Brandlöschanlage oder Brandvermeidungssystem, Anlagenredundanz oder Mischbetrieb beider Systeme erforderlich.			
		Bauliche Sicherheit	Zertifizierte Typprüfung der baulichen Sicherheit gemäß EN 1047-2 Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Feuer, Rauchgas, Spritzwasser, stehendem Wasser, Trümmerlasten und unberechtigtem Zugriff.			
	Gefahren-management		Notfallhandbuch mit Krisenmanagement, Einzelstörmeldung an einer ständig besetzten Stelle, automatisiertes Störmeldemanagement, festgelegte regelmäßige Testläufe Direktleitungen zu Polizei, Feuerwehr und Dienstleistern			
	Service		Wartung im laufenden Betrieb des Rechenzentrums uneingeschränkt möglich, Wartungsverträge- und Notdienstverträge, Ersatzteilvorhaltung			

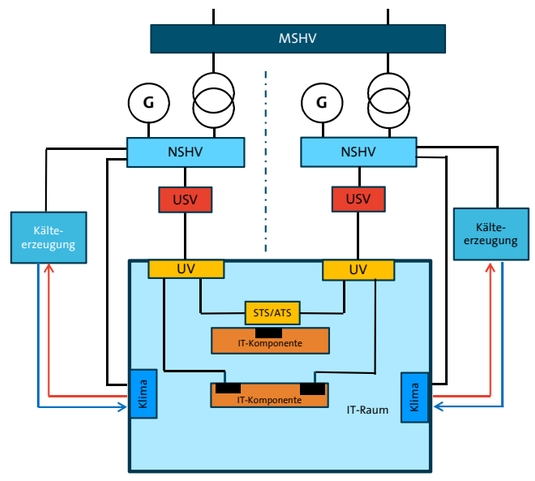
Kategorie A



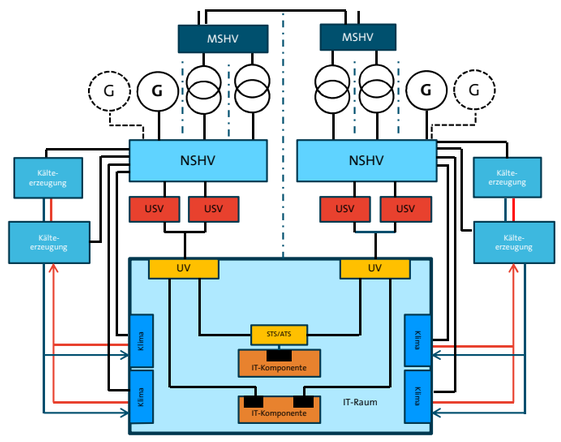
Kategorie B



Kategorie C



Kategorie D



Die Grafiken sind beispielhaft.

* Angaben pro Jahr. In dieser Zeit stehen die ITK-Systeme nicht zur Verfügung (inkl. Runterfahr- und Hochfahrzeiten)

** Mit einem zweiten Standort lassen sich die Ausfallzeiten auf nahe Null senken.

Stand: November 2014

Herausgeber: BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft,Telekommunikation und neue Medien e.V.
Albrechtstraße 10a, 10117 Berlin, Ansprechpartner: Christian Herzog, Tel.:030.27576-270 c.herzog@bitkom.org

USV;
Eine Alterungsreserve der Batterien ist in der Überbrückungszeit zu berücksichtigen. Empfohlener Auslegungsfaktor : 1,25

IT-Verkabelung
Für die Verfügbarkeit von IT-Komponenten ist deren IT-Verkabelung elementar.
Normative Grundlage für die IT-Verkabelung ist ISO/IEC (International), EN (Europa) – DIN EN 50173-5) und TIA (USA). Grundlegend ist die Festschreibung einer strukturierten, anwendungsneutralen IT-Verkabelung für Kupfer und Glasfaser (LWL).
Die Planung, Installation und Abnahme der IT Verkabelung von Rechenzentren wird in der Normreihe DIN EN 50174 (VDE 0800-174) beschrieben; wesentliche Inhalte sind: Qualitätsplan, Potentialausgleich, Sicherheitsabstände von Kupfer-IT-Verkabelungen zu anderen elektrischen Quellen sowie die Dokumentation und Abnahme der IT-Verkabelung.
Zunehmende Datenraten in unterschiedlichen Anwendungsprotokollen und Applikationen erfordern eine zukunftsorientierte Planung von IT-Verkabelungen und deren Komponenten und eine konsequente Umsetzung dieser Richtlinien.

Rufbereitschaft
Um die dargestellten Verfügbarkeiten einhalten zu können, ist eine Rufbereitschaft mit vertraglich zugesicherten vor Ort Antrittszeiten von Elektro- und Klimafachkräften erforderlich.

Normen:
Die vorliegende Matrix bezieht sich u.a. auf die Normen EN 50600 und EN 1047-2 als Basis. Mögliche Abweichungen können als Empfehlung oder optionale Ausstattung genannt sein.
Die Bitkom Kategorien A-D entsprechen den Klassen 1-4 der EN 50600

Leitfaden zu Rechenzentren
Weitere Informationen zum Arbeitskreis Rechenzentrum & IT-Infrastruktur und Veröffentlichungen zum Thema erhalten sie hier:

BITKOM Arbeitskreis Rechenzentrum & IT-Infrastruktur

Beilage 10: Anforderungen «Fahrzeugbetriebe»

Kantonspolizei Bern

Technik

Polizei- und
Militärdirektion
des Kantons Bern

Nordring 30
Postfach
3001 Bern
Telefon 031 638 51 05
Telefax 031 638 51 10
www.police.be.ch

POLICE

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern (BVE)
Amt für Grundstücke und Gebäude
Herr Lorenzo Piero Lolli, Abt. Sicherheit und Infrastruktur
Reiterstrasse 11
3011 Bern

antwort brief_arealversorgung kaserne_20180228.doc/ 28. Februar 2018

E-Mail vom 19. Januar 2018 i.S. Arealversorgung Kaserne: Bedarfsformulierung

Sehr geehrter Herr Lolli

Ich beziehe mich auf die titelvermerkte E-Mail, in welchem das AGG im Rahmen des „Jour Fixe Kapo" vom 13. Dezember 2017 die noch pendenten Anforderungen hinsichtlich der Instandsetzung und Erneuerung der Versorgungsinfrastruktur des Kasernenareals angefragt hat.

Für das Projekt Instandsetzung und Erneuerung der Versorgungsinfrastruktur des Kasernenareals können wir Ihnen unsere Bedürfnisse und Anforderungen zu folgenden Punkten zukommen lassen.

1. Besteht bei der Kapo ein mittelfristiger Bedarf (> 5 Jahre) zur Nutzung der EDV-Räume im Untergeschoss der Papiermühlestrasse 17V?

- Im Sommer 2017 wurde durch die Kapo auch eine externe Provider-Lösung thematisiert, ohne dass damals eine konkrete Absicht formuliert worden wäre.
- Im Sommer 2017 wurde die weitere Nutzung der EDV-Räume mit dem Projekt PZB in Verbindung gebracht.
  - Weiternutzung ja / nein?
  - Nutzungsdauer?
  - Nutzungsart?
  - Anforderungen an die Räume / Konditionen?
  - Anforderungen bezüglich Redundanzen und Notstromabsicherung?

ICT: Für den Bezug eines externen Serverraums bestehen aktuell keine unmittelbaren Pläne. Bis auf weiteres werden wir den Serverraum im Zeughausareal analog zu heute weiter nutzen. Es ist nicht geplant grössere Ausbauten von Systemen vorzunehmen, welche Energiebedarf steigern würden. Wir benötigen die heutige Stromleistung sowie die Kühlleistung weiterhin. Wir sind darauf angewiesen, dass die Durchhaltefähigkeit für mindestens 2-3 Wochen gewährleistet ist. Insbesondere benötigen wir eine stabile Stromversorgung mit funktionstüchtiger USV; eine stabile Kühlung mit der heutigen Kühlleistung; entsprechende Überwachung der Versorgungssysteme mit zeitnaher Intervention der Hausdienste im Zeughaus.

POLYCOM: Die Kantonspolizei Bern führt für die Werterhaltung POLYCOM 2030 ein Gesamtprogramm, welches in verschiedenen Phasen umgesetzt werden soll. Im Rahmen dieses Gesamtprogrammes wird über die Jahre 2019 bis 2021 ein Mehrbedarf an Stromleistung von insgesamt +3,5 kW (USV-Strom) benötigt.

2. Bestehen bei der Kapo anderweitige Anforderungen an Notstromabsicherung auf dem Kasernenareal?

- Welche?
- Standorte?
- Leistungsbedarf?

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Kantonspolizei Bern aus heutiger Sicht auch nach der Erstellung des Polizeizentrums PZB in den Jahren 2026/27/28 auf dem Zeughausareal bleiben wird.

Mit Notstrom versorgt müssen sein: Die Tankstelle, wichtige Gerätschaften in den Werkstatträumlichkeiten und der Platz vor den Gebäuden O, P und G sowie eine Minimalbeleuchtung für die Versorgungseinheiten/Lager in den Gebäuden O, P, Keller-Q, L und G. Es ist jedoch keine USV erforderlich.

3. Stehen bei der Kapo Nutzungsanpassungen bevor, welche eine erhöhte Stromzufuhr auf dem Kasernenareal erfordern würden?

- Elektromobilität?
- Nutzungsänderungen in den Räumlichkeiten?
- Nutzflächenerweiterungen /-reduktionen?
- Weitere?

Aufgrund der aktuellen politischen und gesetzgebenden Entwicklungen sowie dem technischen Fortschritt der alternativen Antriebssysteme kann davon ausgegangen werden, dass künftig vor allem der elektrische Antrieb deutlich an Bedeutung gewinnen wird.

a.) Kurzfristig besteht für die Plug-In Fahrzeuge folgender Bedarf an Stromanschlüssen.

Gebäude G		
Halle 001, 002, 003 und 004:	7 Anschluss	400 Volt / 3x32 Ampère
Gebäude H		
Halle 001, 002:	4 Anschlüsse	400 Volt / 3x32 Ampère
Gebäude K		
Halle 001, 002:	4 Anschlüsse	400 Volt / 3x32 Ampère

b.) Mittel- und langfristige Infrastrukturprojekte.

Anhand der vorliegenden Analyse «Fahrzeugantriebe Heute und Morgen – Analyse und Trends» wird aufgezeigt, dass sich die Mobilität in Richtung "Elektrisch und Erneuerbar" entwickeln wird. Sowohl die Kapo wie auch die übrigen Verwaltungseinheiten müssen sich auf diese Entwicklung vorbereiten. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft (ca. ab 2023/2024) deutlich mehr Fahrzeuge mit Elektromotor (Plug-In Fahrzeuge wie BEV, PHEV, EREV) betrieben werden, was direkte Auswirkungen auf die benötigte Ladeinfrastruktur haben wird. Auf Grund der vorliegenden Erkenntnisse, die aus der beigelegten Analyse «Fahrzeugantriebe Heute und Morgen – Analyse und Trends» zu entnehmen sind, haben wir erhöhten Handlungsbedarf. Aus diesem Grund ist durch das AGG sicherzustellen, dass bei laufenden und künftigen Infrastrukturprojekten die Anforderungen der Fahrzeugflotte an die Infrastruktur (v.a. Strom, Ladestationen, Durchhaltefähigkeit 2-3 Wochen) berücksichtig werden. Die Abteilung Technik erwartet entsprechende Konzepte Seitens des AGG.

Kantonspolizei Bern

Technik

Polizei- und
Militärdirektion
des Kantons Bern

Für die angenehme Zusammenarbeit danke ich Ihnen im Voraus bestens.

Freundliche Grüsse

Kantonspolizei Bern

Jürg Coray
Chef Technik

Beilage:
Analyse Fahrzeugantriebe Heute und Morgen

Kopie zK. an:
- C Bauten und Logistik
- C Flottenmanagement und Telekom
- C Informatik
- C R+DL
- POM-GS-SD, Kathrin Lengacher

Fahrzeugantriebe Heute und Morgen - Analyse und Trends

Kantonspolizei Bern

A. Haruksteiner, Technik, ZBS Mobilität
Nordring 30
3013 Bern

Management Summary

Der vorliegende Bericht ist aus der Unsicherheit in Zusammenhang mit dem VW-Abgasskandal und den aktuellen Entwicklungen rund um die Fahrzeugantriebe entstanden. Der Chef Technik hat den Auftrag erteilt, die aktuelle Situation im Rahmen eines Berichtes festzuhalten und die möglichen Einflüsse auf die Fahrzeughersteller und somit deren Fahrzeugentwicklung aufzuzeigen. Der Bericht soll als Grundlage für die Erarbeitung einer Fahrzeugstrategie für die Kapo dienen.

Die Situationsanalyse geht dabei auf den Abgasskandal bei VW ein, beschreibt die verschiedenen Arten von Schadstoffen und deren Grenzwerte sowie die entsprechende Messung. Bei den unterschiedlichen Technologien werden die Antriebsarten und deren mögliche Entwicklung, die Treibstoffarten und deren unterschiedlichen Emissionen und die benötigte Infrastruktur beschrieben. Der Bericht zeigt ebenfalls welche Antriebs- und Treibstoffarten heute nach Kontinent hauptsächlich eingesetzt werden und zeigt auch die aktuelle Verteilung in der Schweiz auf. Auch die gesetzlichen Regelungen (unterschiedliche Ländervorschriften) im Zusammenhang mit Fahrzeugzulassungen und Verkehrsbegrenzungen (CO_2-Emissionsvorschriften, Fahrzeugzulassungen und Umweltzonen) sind beschrieben. Als letzte Bestandaufnahme werden ausgewählte Lieferantenstrategien beschreiben. Diese wurden zusätzlich mittels persönlichen Gesprächen von Vertretern der Fahrzeugimporteure, von Auto Schweiz und der EMPA verifiziert.

Die Erkenntnisse aus der Situationsanalyse dienen im Kapital Analyse dazu die verschiedenen Antriebsarten zu vergleichen und ein mögliches Szenario der zukünftigen Fahrzeugzulassungen nach Antriebsart festzuhalten. Zusätzlich wird in diesem Kapitel auf die Aktuelle Zusammensetzung und der Kilometerleistungen der Fahrzeuge der Kapo eingegangen.

Im letzten Kapitel wird ein Massnahmenkatalog vorgeschlagen, welcher nun durch den Kommandanten der Kapo freigegeben werden soll.

Abgasskandal

Als Diesel- oder Abgasskandal wird ein im Jahr 2015 aufgedeckter Vorgang bezeichnet, bei dem die Volkswagen AG illegale Abschalteinrichtungen in der Motorsteuerung verwendete. Es wurden verschiedene Manipulationen sowohl bei Diesel- wie aber auch bei Benzinfahrzeugen nachgewiesen. Auch bei Motoren von anderen Herstellern wurden entsprechende Manipulationen festgestellt. Die manipulierten Motoren erreichen ohne diese Eingriffe die gültigen Abgasgrenzwerte nicht.

Emissionen und Schadstoffe

Die verschiedenen Arten von Schadstoffen in den Emissionen von Fahrzeugen und deren Auswirkungen in der Umwelt werden ebenfalls beschreiben. Insbesondere wird auf die Emissionen Kohlenstoffdioxid (CO_2), Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NOx), Schwefeldioxid (SO_2), Feinstaub (PM), Ozon (O3), Benzol und Toluol (VOC's) eingegangen. Es wird aufgezeigt, welche Abgasnormen heute gelten und wie sich die Grenzwerte in den letzten Jahren entwickelt haben.

Auch das bisher gültige Messverfahren nach dem neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) und der Problematik der Abweichung zwischen Labor und Strasse wird beschreiben. Zukünftig (ab 2017) wird der NEFZ durch den Worldwide Harmonized Light Procedure (WLTP) ersetzt und mit dem Real Driving Emissions (RDE) ergänzt. Dies bedeutet, dass die von den Herstellern angegebenen durchschnittlichen Verbrauchswerte zukünftig näher an den effektiven Werten sein werden.

Antriebsarten

Bei den verschiedenen Antriebsarten wird im Wesentlichen zwischen Verbrennungsmotoren und elektrischen Antrieben unterschieden. Zu den Verbrennungsmotoren gehören Benzinmotor (Ottomotor), Dieselmotor, Gasmotor, Wasserstoffmotor und verschiedene Kombinationen (Hybride). Zu den Elektroantrieben gehören die Batterie-Electric-Vehicle (BEV – Elektroauto), die Plug-in-Hybrid Electric-Vehicle (PHEV – Hybride welche an der Steckdose aufgeladen werden) und die Fuel-Cell-Vehicle (FCV – Brennstoffzellenfahrzeuge).

Im Gegensatz zum Wasserstoffverbrennungsmotor handelt es sich beim FCV um ein Elektrofahrzeug, da im Fahrzeug mittels Wasserstoff Strom erzeugt wird, welcher dann einen Elektromotor antreibt.

Treibstoffarten

Die Treibstoffarten werden hauptsächlich nach fossilen (nicht erneuerbaren) Treibstoffen welche heute hauptsächlich eingesetzt werden und nach erneuerbaren Treibstoffen unterschieden.

Fossile Treibstoffe sind Benzin, Diesel und Flüssiggas, welche hauptsächlich aus Erdöl hergestellt werden sowie Erdgas.

Zu den erneuerbaren (nicht fossilen) Treibstoffen zählen die Bio-Treibstoffe (Biodiesel, Bioethanol und Biogas) der verschiedenen Generationen welche aus verschiedenen Arten von Pflanzen und Abfallprodukten mittels unterschiedlichen Herstellungsverfahren hergestellt werden.

Ebenfalls zu den erneuerbaren Treibstoffen können Strom und Wasserstoff gezählt werden. Dabei muss aber festgehalten werden, dass erneuerbar nicht immer gleich zu setzen ist mit CO_2-neutral oder umweltschonend.

Biotreibstoffe sind nur umweltschonend, wenn diese nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und aus Abfallprodukten (3. Generation) hergestellt werden. Zurzeit wird davon ausgegangen, dass Biotreibstoffe vor allem als Zumischung zu herkömmlichen Treibstoffen eingesetzt werden wird.

Auch beim Strom ist zu prüfen, aus welchen Quellen dieser stammt. Grundsätzlich kann aber festgehalten werden, dass Strom in der Schweiz immer klimaneutraler ist als alle fossilen Treibstoffe. Insbesondere gilt dies bei der Verwaltung des Kantons Bern, da grundsätzlich Strom aus erneuerbaren Quellen eingekauft wird.

Beim Wasserstoff ist die Problematik ähnlich aber eher noch verschärfter. Wenn der Wasserstoff mittels dem heutigen CH-Strommix herstellt wird, ist der CO_2-Ausstoss höher als bei einem vergleichbaren Dieselmotor. Wasserstoff macht erst Sinn, wenn sichergestellt ist, dass die gesamte Kette aus erneuerbarer Produktion stammt.

Infrastrukturen je Treibstoffart

Wichtig im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Treibstoffarten ist auch die benötigte Infrastruktur. Einer der grössten Vorteile der herkömmlichen Verbrennungsmotoren ist das vorhandene Tankstellennetz für Benzin und Diesel welches sehr dicht ist. Damit wäre auch die Voraussetzung für die Verbreitung von Biodiesel und Bioethanol sehr gut.

Beim Erdgas/Biogas sieht dies etwas schlechter aus. Aktuell kann an rund 140 Tankstellen in der Schweiz getankt werden. Hier kann aber auch davon ausgegangen werden, dass ein Ausbau relativ einfach gemacht werden könnte und die Infrastruktur keine grosse Hürde darstellt.

Beim Strom sind die Voraussetzungen in der Schweiz ebenfalls sehr gut. Strom steht praktisch flächendeckend zur Verfügung. Beim Laden von Elektrofahrzeugen muss grundsätzlich zwischen normalem Laden und Schnellladen unterschieden werden. Das normale Laden findet am Stationierungsort des Fahrzeuges statt. Schnellladestationen werden hauptsächlich entlang der Hauptverkehrsrouten aufgestellt. Als Trend bei der Ladeinfrastruktur ist festzustellen, dass es immer mehr Schnelladepunkte gibt und diese immer schneller laden können. Heute wird davon ausgegangen, dass mit der neusten Generation von Schnellladegeräten ein Elektrofahrzeug innerhalb von 5 – 15 Min auf 80% geladen werden kann.

Beim Wasserstoff sind die Voraussetzungen für ein flächendeckendes Netz weniger gut. Im Moment gibt es in der Schweiz nur Pilot- und Versuchsstationen. Die Problematik beim Wasserstoff ist einerseits, dass die Hersteller noch keine breite Palette an Fahrzeugen anbieten und auch nur wenige angekündigt sind und andererseits, dass die Infrastruktur für die Wasserstoffbetankung deutlich teurer ist als alle übrigen Betankungsinfrastrukturen (höhere Anforderungen an Druck / Sicherheit). Zudem bietet der Wasserstoff aus heutiger Sicht noch keine echte Alternative zu den herkömmlichen Antrieben.

Anteile Fahrzeuge je Antriebs- /Treibstoffart

Die Zusammenstellung zeigt den Anteil der Antriebsarten der Neufahrzeuge je ausgewählter Länder. Hier wird einerseits ersichtlich, dass weltweit der grösste Teil der neu eingelösten Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren betrieben werden und andererseits, dass Dieselfahrzeuge praktisch nur in Europa und in Indien zu finden sind. In den USA, Brasilien, Argentinien, Japan, Südkorea und China sind es zum grössten Teil Benzinmotoren. Japan ist das Land in welchem mit rund 20% am meisten Hybridfahrzeuge eingesetzt werden und Brasilien und Argentinien haben einen sehr hohen Anteil an Biotreibstoffen.

In der Schweiz ist das Bild ähnlich wie im übrigen Europa. Rund 56% Benziner, 40% Diesel, 1% Elektrisch und 3% Hybride.

Gesetzliche Regelungen für Zulassungen und Verkehr

Verschiedene Länder haben aufgrund der aktuellen Entwicklungen (Klimawandel, Luft- und Gesundheitsbelastung, Dieselskandal) regiert und verschiedene Massnahmen ergriffen, welche die zukünftige Mobilität und die damit zusammenhängende Industrie stark beeinflussen werden.

Dies sind vor allem CO_2-Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge, Vorschriften zu Fahrzeugzulassungen (Verbote von Verbrennungsmotoren und Elektrofahrzeug Quoten) und diverse Umweltzonen in Europa.

Die in diesem Kapitel zusammengestellten Beispiele zeigen, dass der politische Druck auf den Verkehr zugenommen hat. Es ist davon auszugehen, dass solche gesetzlichen Regelungen vermehrt erlassen und Einschränkungen oder Bevorzugungen einzelner Antriebsarten häufiger werden.

Lieferantenstrategien

Die Thematiken und Trends Klimawandel, Gesundheit und Bevölkerungswachstum führen dazu, dass die Fahrzeugindustrie heute vor ihrer grössten Änderung der letzten 50 Jahre steht. Viele sprechen bereits von einer industriellen Revolution welche nötig ist, um die anstehenden Herausforderungen zu meistern. Dabei müssen die Hersteller vor allem die Themen Elektrische Antriebe (Null-Emissions-Fahrzeuge), Selbstfahrendes Auto und Sharing in den Griff bekommen.

Im Rahmen dieses Berichts wurden Strategien von verschiedenen Herstellern zusammengesucht und zum Teil mit persönlichen Gesprächen verifiziert. Die Zusammenstellung zeigt, dass mit den Themen unterschiedlich umgegangen wird und die einzelnen Fahrzeugproduzenten sehr unterschiedlich weit in den Entwicklungen sind.

Wichtigste Treiber und Erkenntnisse

Der wichtigste Treiber im Umfeld der Mobilität ist der Klimawandel. Dies zeigen einerseits die neuen Gesetze und Regelungen welche in den letzten Jahren eingeführt wurden. Direkt darauf ausgerichtet wurden auch die Strategien der Fahrzeughersteller. Der Direktor von Auto Schweiz bezeichnet das CO_2 sogar als neue Währung.

Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die verschiedenen Antriebsarten miteinander verglichen und deren Effizienz und Umweltwirkung aufgezeigt. Dabei werden die CO_2 Emissionen nach dem Well to Wheel Prinzip (Herstellung bis Verbrauch) verglichen. Dieser Vergleich zeigt, dass der reine Verbrennungsmotor (ausser Biogas) immer deutlich schlechter ist als alle anderen Varianten. Am saubersten sind reine Elektrofahrzeuge welche mit Schweizer Ökostrom betrieben werden. Auch bei den übrigen Schadstoffen ist der Elektromotor die beste Lösung.

Aufgrund der erarbeiteten Grundlagen wurde versucht eine mögliche Entwicklung der Neufahrzeugzulassungen pro Antriebsvariante abzuschätzen.

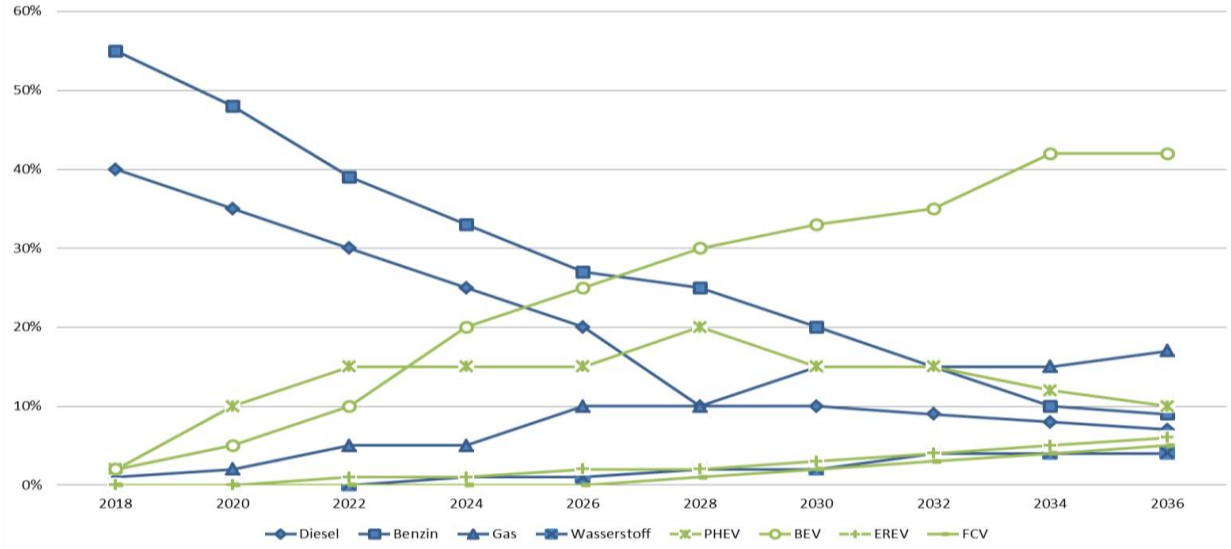


Abbildung 1 Entwicklung Neufahrzeugzulassung nach Antrieb

Die hauptsächlichen Treiber für diese Entwicklung sind die Kosten der einzelnen Antriebsarten. Die Elektrofahrzeuge werden innerhalb der nächsten drei Jahre die Preisparität erreichen und danach sogar deutlich günstiger sein als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Zudem zwingt der Gesetzgeber durch verschiedene Gesetze und Beschränkungen die Lieferanten dazu, ihr Sortiment entsprechend umzustellen.

Fahrzeugflotte Verwaltung Kanton Bern
Unter diesem Kapitel wurden die wichtigsten Daten der Fahrzeugflotte der Verwaltung des Kantons Bern aufgeführt. Ausgewertet wurden Anzahl Fahrzeuge je Direktion, die Anzahl Fahrzeuge je Antriebsart und das Fahrzeugalter der Personenwagenflotte.

Bei den meisten Fahrzeugen des Kantons handelt es sich um Dieselfahrzeuge. Alternative Antriebe sind bis jetzt nur wenige im Einsatz. Zudem wurde festgestellt, dass rund ¼ der Personenwagen älter als 7 Jahre sind, was ein relativ hohes Kostenrisiko beinhaltet. Zudem werden so bei einem relevanten Anteil immer noch alte Technologien verwendet, welche zudem ein Umweltrisiko darstellen.

Fazit

Als generelles Fazit dieses Berichts können folgende Punkte festgehalten werden.

- Die Fahrzeugindustrie und die Mobilität als Ganzes steht vor dem **grössten Umbruch** seit der Erfindung des Verbrennungsmotors
- Die zukünftige Mobilität entwickelt sich in Richtung **"Elektrisch und Erneuerbar"**.
- Neben den neuen Antrieben werden auch **neue Mobilitätslösungen** eine wichtige Rolle spielen
- Aus heutiger Sicht gibt es **nicht "den" Königsweg**. Die Mobilität der Zukunft wird sich aus verschiedenen bestehenden und neuen und Lösungen zusammensetzen

Erkenntnis, Handlungsfelder und Massnahmen

Ohne Mobilität kann die Verwaltung einen grossen Teil ihrer Aufgaben nicht erfüllen

Mit dieser Erkenntnis wird das Thema zu einem Strategiefeld. Damit ist es angezeigt strategische Ziele und Handlungspläne zu definieren.

Das folgende Gedankenraster zeigt eine Übersicht zu den entsprechenden Handlungsfeldern und sollte als Grundlage für die Massnahmenerarbeitung in den verschiedenen Direktionen dienen.

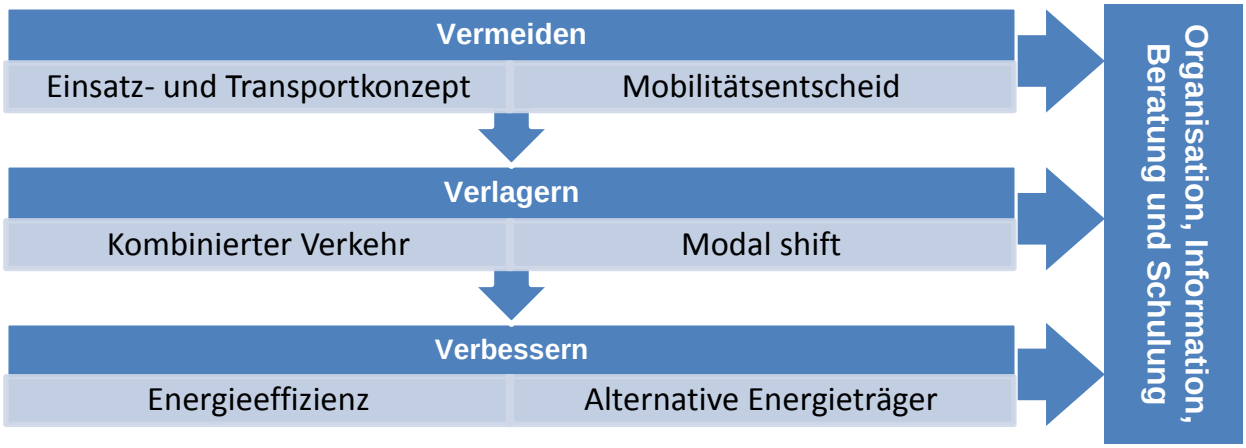


Abbildung 2 Handlungsfelder

Vermeiden
In dieses Handlungsfeld fallen alle Massnahmen, welche bereits bei der Planung (Standorte, Einsatzstrategie und Touren) berücksichtigt werden müssen. Damit können die jährlichen Kilometerleistungen deutlich gesenkt werden.

Verlagern
Im Handlungsfeld „Verlagern“ werden alle Massnahmen subsummiert, welche die Verkehrsmittelwahl direkt beeinflussen. Ziel ist, dass für jedes Mobilitätsbedürfnis jeweils die nachhaltigste Lösung gewählt wird.

Verbessern
Massnahmen im Handlungsfeld „Verbessern“ zielen alle auf die Optimierung der Energie- und Ressourceneffizienz. Diese kann durch den Einsatz von effizienterer Technologie oder besserer Auslastung der vorhandenen Ressourcen erreicht werden.

Organisation, Information, Beratung und Schulung
Damit entsprechende Optimierungen umgesetzt werden können und die daraus möglichen Einsparungen konsequent ausgeschöpft werden können, müssen sämtliche Massnahmen bei den richtigen Stellen empfängergerecht kommuniziert und neue Prozesse entsprechend geschult werden. Nur so ist eine erfolgreiche Umsetzung von solchen Massnahmen überhaupt möglich.

Massnahmenvorschläge

Massnahmen in Umsetzung

Fahrzeugkatalog Kanton Alle Fahrzeuge (ausgenommen Einsatzfahrzeuge) welche beschafft werden, müssen über den Fahrzeugkatalog des Kantons erfolgen. Auch die entsprechenden Prozesse sind in der Regel einzuhalten. Abweichungen sind zu dokumentieren	Fz-Verantw.	Ab sofort
CO_2-Limiten Die in der Kantonalen Fahrzeugstrategie definierten CO_2-Limiten sind bei der Beschaffung von Fahrzeugen grundsätzlich einzuhalten.	Fz-Verantw.	Ab sofort
Flottenmanagement und Pooling Einführung Flottenmanagement und Pooling gemäss definiertem Projekt.	ZBS Mobilität	bis Ende 2018

Kurzfristige Massnahmen

Ausbildung / Information Für den Umgang mit Plug-In Fahrzeugen ist eine Information/Schulung/Tipps und Tricks für die Nutzer zu definieren (E-Learning / Instruktionsfilm).	Fz-Verantw.	2018
Infrastrukturprojekte Bei allen gestarteten und geplanten Infrastrukturprojekten ist ab sofort zu prüfen, ob allenfalls Anforderungen des Flottenmanagements an die Infrastruktur (v.a. Strom) vorhanden sind. Diese müssen beim AGG als Anforderung einfliessen. Zudem muss das AGG auf diese Thematik stärker sensibilisiert werden.	Ressourcen-verantw.	Ab sofort
Initiierung Erarbeitung "Strategie betriebliche Mobilität" je Direktion od. je OE Eine "Strategie betriebliche Mobilität" wird erarbeitet, in welchem die strategischen Ziele und die möglichen Massnahmen festgehalten werden. Grundlage für die Erarbeitung der Strategie sind - der vorliegende Bericht - die Mobilitätsbedürfnisse der Bereiche - die Anforderungen an die Fahrzeuge - eine entsprechende Fahrzeugkategorisierung	Ressourcen-verantw.	2019

Mittelfristige Massnahmen

Umsetzung Strategie betriebliche Mobilität Ab 2019 werden die in der Strategie betriebliche Mobilität definierten Massnahmen umgesetzt	Alle	Ab 2019

Inhaltsverzeichnis

Management Summary **2**

1 Auftrag **10**
1.1 Zweck des Dokumentes *10*
1.2 Auftrag aus Wochenrapport Technik *10*
1.3 Zielsetzung *10*
1.4 Grundlagen *10*

2 Ausgangslage **11**
2.1 Einleitung *11*
2.2 Abgasskandal *11*

3 Emissionen und Schadstoffe **14**
3.1 Arten von Emissionen und Schadstoffen aus Fahrzeugen *14*
3.2 Abgasnormen und Grenzwerte *16*
3.3 Messverfahren *17*

4 Antriebsarten **19**
4.1 Verbrennungsmotoren *19*
4.2 Elektrische Antriebe *20*

5 Treibstoffarten **22**
5.1 Herkömmliche Treibstoffe für Verbrennungsmotoren *22*
5.2 Bio-Treibstoffe für Verbrennungsmotoren *23*
5.3 Strom und Stromquelle für Elektromotoren *28*
5.4 Wasserstoff *29*

6 Infrastrukturen je Treibstoffart **31**
6.1 Benzin- / Dieseltankstellen *31*
6.2 Biotreibstoffe 1. Generation *31*
6.3 Erdgas / Biogas *31*
6.4 Flüssiggas *31*
6.5 Biotreibstoffe 2. Generation *32*
6.6 Strom *32*
6.7 Wasserstoff *35*

7 Anteile Fahrzeuge je Antriebs- / Treibstoffart **37**
7.1 Anteile Neufahrzeuge nach Treibstoffart weltweit *37*
7.2 Anteile Neufahrzeuge nach Treibstoffart in der Schweiz *38*

8 Gesetzliche Regelungen für Zulassungen und Verkehr **39**
8.1 CO_2-Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge *39*
8.2 Vorschriften zu Fahrzeugzulassungen *39*
8.3 Umweltzonen in Europa *40*

9 Lieferantenstrategien **42**
9.1 Einflüsse auf die Strategie der Fahrzeuglieferanten *42*
9.2 Beispiele von Lieferantenstrategien *42*

10 Wichtigste Treiber und Schlussfolgerungen **44**
10.1 Vergleich Schadstoffe je Antriebssystem *44*
10.2 Voraussichtliche Entwicklung Neuwagenzulassung *45*

11 Verifizierung des Berichts **48**
11.1 Gespräch mit BMW *48*
11.2 Gespräch mit AMAG *48*
11.3 Gespräch mit Auto Schweiz (Herr Andreas Burgner) *49*
11.4 Gespräch mit EMPA *49*

12 Fahrzeugflotte Kanton Bern **51**
12.1 Anzahl Fahrzeuge je Direktion und Kategorie des Kantons Bern *51*
12.2 Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Kantons Bern *51*
12.3 Alter der PW-Fahrzeugflotte *52*
12.4 Übrige wichtige Auswertungen *52*

13 Anhänge 53
13.1 Übersicht Fahrzeuge mit Elektromotor 53
13.2 Übersicht Fahrzeuge mit Erdgas/Biogas-Motor 53
13.3 Übersicht Reichweiten aktuelle Elektrofahrzeuge 54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Entwicklung Neufahrzeugzulassung nach Antrieb 4
Abbildung 2 Handlungsfelder 6
Abbildung 3 Biodieselproduktion 25
Abbildung 4 Produktion Bioethanol 25
Abbildung 5 Produktion Synthetische Treibstoffe 26
Abbildung 6 Herstellungspfade Biotreibstoffe 28
Abbildung 7 Strommix Schweiz 28
Abbildung 8 Treibhausgasemissionen Stromproduktion 29
Abbildung 9 Treibhausgase je Kilometer 29
Abbildung 10 Herstellungspfade Wasserstoff 30
Abbildung 11 Ladezeiten 22 kWh Batterie 33
Abbildung 12 Ladezeiten 90 kWh Batterie 33
Abbildung 13 Anteile Neufahrzeuge nach Antrieb 37
Abbildung 14 Umweltzonen Europa 40
Abbildung 15 CO_2 Emissionen je Treibstoffart 44
Abbildung 16 Vergleich Emissionen je Antrieb 45
Abbildung 17 Entwicklung Neufahrzeugzulassung nach Antrieb 45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Grenzwerte Otto-Motor PKW 16
Tabelle 2 Grenzwerte Diesel-Motor PKW 16
Tabelle 3 Neufahrzeuge Schweiz nach Treibstoff 38
Tabelle 4 Prognose CO_2 Strafen 39
Tabelle 5 Anzahl Fahrzeuge je Direktion 51
Tabelle 6 Anzahl Fahrzeuge je Antrieb 51
Tabelle 7 Anzahl Fahrzeug je Zulassungsjahr 52

1 Auftrag

1.1 Zweck des Dokumentes

Das Dokument fasst den aktuellen Stand in der Antriebsentwicklung, die verschiedenen Treibstoffarten, die Emissionen je Antriebsart und absehbare Strategien der Fahrzeughersteller zusammen. Zudem wird festgehalten, welche politischen Massnahmen Antriebsarten fördern oder behindern werden und somit auch die Strategien der Hersteller beeinflussen. Es wird auch aufgezeigt wie verbreitet die einzelnen Antriebsarten sind und wie der aktuelle Stand bei der Kantonspolizei ist. Am Schluss werden Empfehlungen abgegeben, welche Massnahmen getroffen werden können, damit die Fahrzeugflotte der Kantonspolizei auf die zukünftigen Anforderungen und technischen Entwicklungen ausgerichtet werden kann

1.2 Auftrag aus Wochenrapport Technik

I.) Dieselthematik

→ Auszug aus dem Protokoll 27/17 des Wochenrapportes Technik vom 3. Juli 2017

Gemäss einem Artikel in der Zeitung "Die Welt" macht Deutschland Druck auf Dieselmotoren. Was heisst das für die Kapo? Was hat das für Auswirkungen auf unsere Fahrzeugflotte.

Das Flottenmanagement erhält den Auftrag, einen Bericht über diese Thematik zu erfassen.

17.07.2017: Es wird davon ausgegangen, dass sich 2023/2024 die Weiterentwicklung der Fahrzeugflotte sich verändern wird. Als Grundlage für allfällige Entscheide soll eine Situationsanalyse erarbeitet werden.

II.) Verbrennungsmotoren bei Fahrzeugen

→ Auszug aus dem Protokoll 32/17 des Wochenrapportes Technik vom 7. August 2017

Vermehrt geraten die Verbrennungsmotoren und ihre Abgase in den Medien in den Fokus. Bereits haben einige wenige Länder ein Verbot für die Einführung neuer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren angekündigt oder sind ein solches zu prüfen. In der Schweiz ist ein solches zurzeit nicht in ernsthafter Diskussion. Trotzdem soll ein möglicher Handlungsspielraum für die Flotte der Kapo Bern ausgelotet und soweit möglich eine Strategie definiert werden.

1.3 Zielsetzung

Mit vorliegender Situationsanalyse sollen folgenden Ziele erreicht werden:

#	Zielsetzung	Bemerkungen
1.	Grundlage für Fahrzeugstrategie Kapo	Die Situationsanalyse soll primär als Grundlagenpapier dienen, damit eine zukunftsfähige Fahrzeugstrategie für die Kapo erstellt werden kann.
2.	Aufzeigen technische Entwicklung Antriebe	Die aktuell verfügbaren Antriebe werden beschrieben und mögliche Entwicklungen aufgezeigt.
3.	Übersicht über Emissionsarten	Die verschiedenen Emissionsarten mit deren Eigenschaften werden beschrieben.
4.	Übersicht über aktuelle Fahrzeugflotte	Es wird eine Übersicht über die aktuellen Verteilungen der Fahrzeuge je Antriebsart (weltweit, Schweiz, Kapo) erstellt.
5.	Aufzeigen von möglichen Massnahmen	Mögliche Massnahmen welche im Rahmen einer Fahrzeugstrategie einfliessen können werden festgehalten.

1.4 Grundlagen

Die Analyse basiert auf den Erkenntnissen der folgenden Dokumente:

Ref.	Beschreibung	Datum
[1]	Internet Recherchen (Wikipedia, fachliche Abhandlungen, Artikel)	Aug. – Sep. 17
[2]	Bundesamt für Statistik für Anteile Antriebsarten	Aug. – Sep. 17
[3]	Fuhrpark (aktuelles Flottenmanagement Tool Kapo)	Aug. – Sep. 17

2 Ausgangslage

2.1 Einleitung

Das Thema "Emissionen von Verbrennungsmotoren" hat in den letzten Jahren aufgrund verschiedener Entwicklungen (Klimawandel, neue Technologien, Gesundheit, Abgasskandal VW, Dieselproblematik) zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Verbrennungsmotoren rücken immer mehr in den Fokus von Klimaschützern, politischen Parteien, Verbänden und geraten dadurch stark unter Druck.

Einzelne Länder bereiten Gesetzte vor, um den Verkauf von Fahrzeugen mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren zu verbieten (Norwegen 2025, Frankreich und Grossbritannien ab 2040).

In anderen Ländern wie zum Beispiel Deutschland, wurde von verschiedenen Städten die Zufahrt in die Innenstadt mittels Umweltzonen beschränkt. Es kann davon ausgegangen werden, dass solche Umweltzonen vor allem im benachbarten Ausland ausgebaut werden und vor allem Dieselfahrzeuge faktisch von einem Fahrverbot in den Städten betroffen sein werden.

Auch bei verschiedenen Fahrzeuglieferanten sind Entwicklungen absehbar, welche die Fahrzeugindustrie grundlegend verändern wird. So verabschiedet sich Volvo als erster traditioneller Autobauer von Fahrzeugen, die ausschliesslich Benzin oder Diesel verbrennen. Ab 2019 werden neue Modelle entweder mit Elektro- oder Hybrid-Antrieb ausgerüstet. Verbrennungsmotoren gibt es dann nur noch für ältere Volvo Modelle. Bis 2025 will der chinesisch-schwedische Konzern eine Million Elektroautos verkaufen. Andere Hersteller haben zumindest angekündigt, in eine solche Richtung gehen zu wollen.

Diese Entwicklungen werden zukünftig einen massiven Einfluss auf die Fahrzeugflotte des Kantons und der Kantonspolizei haben. Es ist davon auszugehen, dass herkömmliche Verbrennungsmotoren nur noch eine untergeordnete Rolle spielen werden.

Die aktuelle Fahrzeugflotte der Kantonspolizei besteht zum allergrössten Teil aus Dieselfahrzeugen (Anteil fast 80 %). Es muss deshalb geprüft werden, wie die Flotte optimiert werden kann. Dabei steht nicht nur die Abgasproblematik im Vordergrund sondern auch die Kosten- und Reputationsrisiken, welche die bestehende Flotte beinhaltet.

2.2 Abgasskandal

Als Diesel- oder Abgasskandal (auch VW-Abgasskandal, VW-Skandal, VW-Abgasaffäre, Abgasaffäre, Dieselgate) wird ein am 18. September 2015 aufgedeckter Vorgang bezeichnet, bei dem die Volkswagen AG eine illegale Abschalteinrichtung in der Motorsteuerung ihrer Diesel-Fahrzeuge verwendete, um die US-amerikanischen Abgasnormen zu umgehen. Die Aufdeckung wurde durch eine Notice of Violation der US-Umweltbehörde Environmental Protection Agency (EPA) angestossen. Laut der Volkswagen AG ist die betreffende Software in weltweit etwa elf Millionen Fahrzeugen mit der Motorenreihe VW EA189 im Einsatz, in den USA ist auch die Nachfolgereihe VW EA288 betroffen. Laut der Nachrichtenagentur Reuters wurde die Software jedoch für vier verschiedene Motorentypen angepasst.

Betroffen sind laut dem deutschen Bundesverkehrsministerium auch in Europa zugelassene Autos sowie laut einer zweiten Notice of Violation der EPA von Anfang November 2015 auch Fahrzeuge von Audi und Porsche. Als Folge des Skandals trat der Vorstandsvorsitzende der Volkswagen AG, Martin Winterkorn, zurück. Der Aufsichtsrat berief den bisherigen Vorstandsvorsitzenden der Porsche AG, Matthias Müller, zu dessen Nachfolger.

Durch die überhöhten Schadstoffemissionen der VW-Modelle sowie daraus resultierenden Gesundheitsschäden und vorzeitige Todesfälle ergaben sich im Zeitraum 2009–2015 allein in Europa und den USA Kosten in Höhe von 39 Mrd. US-Dollar, der Grossteil davon in Europa. Abhängig davon, ob und wie schnell die betroffenen Fahrzeuge zurückgerufen und repariert werden, kann diese Zahl noch auf über 100 Mrd. Dollar ansteigen. Die etwa 2,6 Millionen in Deutschland verkauften VW-Fahrzeuge mit Abschalteinrichtung verursachten zwischen 2008 und 2015 etwa 1'200 vorzeitige Todesfälle mit einem Gesamtverlust von ca. 13'000 Lebensjahren. Sollten bis Ende 2017 alle betroffenen Fahrzeuge so umgerüstet werden, dass sie die Abgas-Grenzwerte einhalten, könnten weitere Todesfälle mit zusammen ca. 29'000 verlorenen Lebensjahren vermieden werden.

Die ursprüngliche VW-Abgasaffäre war Auslöser einer weitreichenden Krise in der Automobilindustrie. Im Zuge vieler Studien wurde eine Abweichung zwischen realen und Prüfstandemissionen bei den Modellen deutscher und internationaler Hersteller festgestellt. Insgesamt überschrei-

ten in den wichtigsten Märkten knapp ein Drittel der im Schwerlastverkehr und mehr als die Hälfte der für leichte Transportzwecke eingesetzten Dieselfahrzeuge die jeweilig geltenden Grenzwerte, was jährlich weltweit zu etwa 38'000 vorzeitigen Todesfällen führt.

Es ist bewiesen, dass die Hersteller viele Jahre vor Bekanntwerden des Skandals die Massnahmen anordneten oder von diesen wussten. Politische und wissenschaftliche Gremien, Regierungsstellen und Interessenverbände hatten ebenfalls Jahre vor dem Bekanntwerden auf die Unregelmässigkeiten hingewiesen und vor ihren Folgen gewarnt.

Am 2. August 2017 fand das Nationale Forum Diesel (auch Diesel-Gipfel genannt) statt, bei dem die deutsche Bundesregierung und deutsche Automobilhersteller Vereinbarungen hinsichtlich Schadstoffausstoss-Reduktionen trafen.

Der Abgasskandal führte auch dazu, dass eine Verkehrswende in der politischen Diskussion von verschiedener Seite diskutiert und gefordert wird.

2.2.1 Art der Manipulationen

Unabhängig vom Motorentyp wurden von mehreren Herstellern, u. a. VW und Peugeot, viele nichttechnische Massnahmen an Fahrzeugen auf den Prüfständen getroffen, die zu Abweichungen zwischen den Verbräuchen im Prüf- und Realbetrieb führen. Die Prüffahrzeuge besassen z.B. eine vollständig geladene Batterie, einen halb abgefahrenen Reifensatz, keine Extraausstattung und meist keine Klimaanlage. All diese Massnahmen waren im Rahmen des damaligen Testregimes legal. Im Oktober 2016 kündigte Volkswagen an, zukünftig darauf zu verzichten, „mögliche Toleranzen weiter extensiv zu nutzen“. Der Verzicht führt zu einem Anstieg der kilometerbezogenen CO_2-Emissionen von bis zu 2 g. Kritiker relativierten die Wirksamkeit des Verzichts, da ab 2017 ein neues Testverfahren gelte, das solche Massnahmen verbietet.

2.2.2 Manipulationen bei Dieselfahrzeugen

Laut Veröffentlichung der EPA erkennt die von VW installierte Software, die für die Abgaskontrollanlage zuständig ist, die Prüfungssituation. Die standardisierten Testsituationen sind durch ein „unnatürliches Fahrverhalten“ (hohe Raddrehzahlen ohne Bewegung des Fahrzeugs) erkennbar. Bei diesen Bedingungen ist die Abgasaufbereitung so optimiert, dass möglichst wenige Stickoxide (NO_x) entstehen. Im normalen Fahrbetrieb werden dagegen Teile der Abgaskontrollanlage ausser Betrieb gesetzt, weshalb die NO_x-Emissionen dann erheblich höher sind.

Beim VW Passat sollte mit der Software des Steuergerätes „Electronic Diesel Control 17“ des Zulieferers Bosch der Verbrauch an Harnstofflösung (AdBlue, in den USA mit der Bezeichnung Diesel Exhaust Fluid (DEF)) für die Abgasnachbehandlung SCRT in den Bluetec-TDI-Motoren verändert werden. In einem Vortrag auf dem 32C3 präsentierte der Hacker Felix Domke eine Analyse der von VW auf einem Bosch-Steuergerät des Typs EDC17C46 installierten Firmware. In den A2L-Dateien war die Abschalteinrichtung mit „Untere Kilometerschwelle für Deaktivierung der Akustikfunktion“ kommentiert. Die Firmware wertet dabei unter anderem aus, ob sich die gefahrene Strecke je Zeit in einem engen Intervall um die vom Prüfzyklus vorgegebenen Werte bewegt. Sobald dieses Intervall verlassen wird, schaltet die Software in einen alternativen Modus mit deutlich reduziertem AdBlue-Verbrauch.

Beim US-Modell Jetta wird dagegen ein NO_x-Speicherkatalysator verwendet, bei dem sich die Stickoxide auf der Oberfläche ablagern. Der Speicherkat kann NO_x nur in einem Temperaturbereich von 250 bis 500 °C speichern. Ist der Katalysator vollständig belegt, wird er während des Fahrbetriebs durch Luftmangel (i.d.R. durch Mehreinspritzung von Diesel) regeneriert. Als Reduktionsstoffe dienen die im Abgas vorhandenen Komponenten Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe. Im Fall der manipulierten Fahrzeuge fand diese Regeneration im Fahrbetrieb nur teilweise oder gar nicht statt.

Bei der Überprüfung aller Prozesse im Bereich der Dieselmotoren wurde öffentlich, dass bei der CO_2-Zertifizierung von Dieselfahrzeugen vor allem ab dem Baujahr 2012 zu niedrige CO_2- und damit auch Verbrauchsangaben festgelegt wurden. Betroffen sind unter anderem die Typen VW Golf, VW Polo, VW Passat, Audi A1, Audi A3, Škoda Octavia, Seat Leon und Seat Ibiza. Auch sei vor Prüfstandmessungen Diesel ins Motoröl gemischt worden, damit der Motor bei der Messung weniger Kraftstoff verbrauchte.

Auch in Modellen anderer Hersteller wurden Abschalteinrichtungen in die Steuerung von Dieselmotoren eingebaut. Im Mai 2017 wurde bekannt, dass beim Modell Fiat 500X die rechtlich festgeschriebene Dauer des Prüfzyklus von 20 Minuten ausgenutzt wurde. Nach 22 Minuten schalte eine einprogrammierte Abschaltvorrichtung die Filtersysteme ab.

2.2.3 Manipulation bei Fahrzeugen mit Ottomotoren

Von der technischen Manipulation der Ermittlung der Kohlenstoffdioxidwerte (CO_2) sind laut Aussagen von VW vom Anfang November 2015 auch Modelle mit dem Ottomotor 1,4 TSI ACT betroffen, der über ein sogenanntes Aktives Zylindermanagement (ACT) verfügt. Dies betrifft rund 98'000 Fahrzeuge in Deutschland (50'000 in Spanien). Nach Informationen der Bild am Sonntag unter Berufung auf das Geständnis eines Ingenieurs der Abteilung Forschung und Entwicklung des VW-Konzerns in Wolfsburg habe er seinem Vorgesetzten über den Betrug mit geschönten Verbrauchs- und CO_2-Angaben von Volkswagen-Modellen der Modelljahre 2013 bis Frühjahr 2015 berichtet. Der Konzernrevision lägen zudem Geständnisse weiterer Mitarbeiter vor. Danach sollen mit unerlaubten Massnahmen die Abgaswerte bei den Testfahrzeugen manipuliert worden sein, u. a. durch die Nutzung eines Reifendrucks von mehr als 3,5 bar, höher als erlaubt, damit das Fahrzeug leichter läuft.

Am 13. November 2015 wurde bekannt, dass insgesamt 24 Modelle des Modelljahrs 2016 mit Ottomotoren (TSI) betroffen sind: Darunter die 1,0-Liter-Ottomotoren mit 95 PS im Seat Ibiza und VW Polo sowie mit 115 PS im Seat Leon und der 1,4-Liter-Ottomotor im VW Jetta.

3 Emissionen und Schadstoffe

Emission (von lateinisch emittere „herausschicken, -senden“), im Deutschen Austrag oder Ausstoss, bedeutet allgemein Aussendung von Störfaktoren in die Umwelt. Die Quelle wird Emittent genannt. Jede Emission bewirkt eine Immission.

Der Auto- und Schwerlastverkehr trägt mit etwa 50 % am meisten zur Luftverschmutzung mit Stickoxiden bei. Zudem ist er mit einem CO_2-Ausstoss Anteil von 20 – 30% einer der Haupttreiber des Klimawandels. Um den Ausstoss all dieser Schadstoffe an die Umwelt und die damit verbundenen Folgen zu verringern, müssen umfangreiche Massnahmen zur Säuberung der Abgase erfolgen.

3.1 Arten von Emissionen und Schadstoffen aus Fahrzeugen

Bei der Verbrennung des Treibstoff-Luft-Gemisches in den Zylindern des Motors entstehen gasförmige Verbrennungsprodukte. Treibstoff besteht aus einem Stoffgemisch organischer Stoffe, welche aus Erdöl, Gasöl oder Teeröl gewonnen werden. Die Öle sind im Laufe von Millionen von Jahren tief im Innern der Erde entstanden und gehören zu den fossilen Brennstoffen. Organische Stoffe enthalten immer chemisch gebundene Kohlenstoffatome. Diese oxidieren bei der Verbrennung, bzw. bei der Oxidation mit Sauerstoff, zu Kohlenstoffoxiden. Es können dabei zwei Kohlenstoffoxide entstehen, Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Kohlenstoffmonooxid (CO).

Bei der Verbrennung von Treibstoff im Motor des Autos entstehen sehr hohe Temperaturen. Dadurch verbrennt der in der Luft enthaltene Stickstoff mit dem Sauerstoff zu Stickstoffoxid. Es können mehrere Stickstoffoxide entstehen, beispielsweise Stickstoffmonooxid (NO), Stickstoffdioxid (NO_2) oder Distickstofftetroxid (N_2O_4). Das Gemisch dieser Stickstoffoxide wird als NO_x bezeichnet.

In den Autoabgasen befinden sich neben den Verbrennungsprodukten unverbrannte Bestandteile des Benzins, zum Beispiel der krebserregende Kohlenwasserstoff Benzol.

Kohlenstoffdioxid	**CO_2**
Kohlenstoffdioxid aus den Abgasen wirkt eher wenig toxisch. Es entsteht bei allen Verbrennungen von organischen Stoffen, auch bei der Verbrennung von Zucker in der Muskulatur der Lebewesen. Menschen und Tiere atmen Sauerstoff ein und geben Kohlenstoffdioxid ab. Dieses Gas bildet in der Erdatmosphäre eine Treibhausglocke und verhindert, dass die Wärme der Sonne wieder in das Weltall entweicht. Durch die weltweite Verfeuerung der fossilen Brennstoffe entstehen riesige Mengen Kohlenstoffdioxid. Der natürliche Treibhauseffekt wird verstärkt, die Erdatmosphäre erwärmt sich. Es kann zu einer Klimakatastrophe kommen, die sich bereits durch das Abschmelzen des Eises an den Polen, Bergstürze, verstärkte und häufigere Stürme und durch verheerende Überschwemmungen ankündigt.	
Kohlenstoffmonoxid	**CO**
Kohlenstoffmonooxid entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Kraftstoff. Es entsteht besonders direkt nach dem Start und im Leerlauf. Es ist ein farb- und geruchloses, aber stark toxisches Gas und wirkt schon in kleinsten Mengen tödlich. Kohlenstoffmonoxid ist selbst in geringen Mengen gefährlich, denn es bindet sich an die roten Blutkörperchen und verhindert so, dass der Sauerstoff sich daran fixieren kann. Ist man diesem farb- und geruchlosen Gas ausgesetzt, kann ein Teil der roten Blutkörperchen, die normalerweise Sauerstoff transportieren, diese Funktion nicht mehr wahrnehmen, da es als Atemgift den Sauerstofftransport im Blut behindert. Vor allem Verkehrspolizisten und Raucher weisen im Blut hohe Kohlenstoffmonooxidgehalte auf.	
Stickstoffoxide	**NO_x**
Unter der Bezeichnung NO_x werden zwei Gase zusammengefasst: NO und NO2 ("NO_x" selbst ist kein Gas). Sie werden hauptsächlich von Diesel- aber auch von Benzinmotoren produziert. Im Grossen und Ganzen besitzen sie dieselben Eigenschaften (da NO sich spontan in NO2 umwandelt): Sobald sie mit Wasser in Verbindung kommen, entsteht Säure.	

Stickstoffoxide sind starke Atemgifte. Bei Kindern nehmen Erkrankungen der Atemwege und Infektionen bei der Aufnahme von kleinsten Mengen zu. Die Stickstoffoxide sind für die Entstehung des Sauren Regens verantwortlich. Ausserdem sind sie an der Bildung des Atemgiftes Ozon in der Atmosphäre beteiligt. Aus diesem Grunde steigen jedes Jahr im Sommer die Ozonwerte in Ballungsgebieten mit viel Strassenverkehr bedenklich an.

Aus diesem Grund greifen Autoabgase die Atemwege von Menschen, Tieren und Pflanzen an. Auch "saurer" Regen ist auf die aggressiven Stickstoffgase zurückzuführen. Mit der Einführung der Katalysatoren konnten die NO_x-Emissionen zwar bei den Benzinautos gesenkt werden. Da aber gleichzeitig der Verkehr und die Anzahl der Dieselmotoren zugenommen haben, werden die zulässigen Grenzwerte in einigen Städten und entlang grosser Verkehrsachsen noch immer überschritten.

Schwefeldioxid SO2

Schwefeldioxid stammt aus Schwefelresten im Dieselbenzin und im Heizöl. Diese verbrennen bei der Verbrennung im Motor zu Schwefeldioxid, einem stark lungenreizenden Gas.

Das Schwefeldioxid löst sich in der Feuchtigkeit der Luft zu einer Säure, welche Bauwerke aus Naturstein zerfrisst. Diese Säure ist auch der Hauptverursacher für den sauren Regen und für das Waldsterben.

Feinstaub PM

Unter Feinstaub versteht man mikroskopisch kleine Staubpartikel, die in grossen Mengen von Dieselmotoren, Cheminée-Feuern, Zigarettenrauch etc. produziert werden, aber auch beim Braten und Grillen anfallen. Diese Teilchen, deren Durchmesser weniger als 10 Mikrometer beträgt, werden unter der Abkürzung PM10 (Englisch "Particulate Matter") zusammengefasst. Es gibt aber auch noch viel kleinere Partikel: PM2.5, PM1 und sogar PM0.1 (mit Durchmesser von weniger als ein Zehntel Mikrometer).

Je kleiner die Partikel, desto eher gelangen sie tief in die Lunge, wo sie an den Lungenbläschen kleben bleiben. Dies hat zur Folge, dass die Atemkapazität eingeschränkt wird und das Risiko einer Lungenkrebserkrankung zunimmt. Die Partikel enthalten ausserdem gesundheitsschädliche und krebsverursachende Substanzen, die wasserlöslich sind. Im feuchten Milieu der Lunge lösen sie sich auf und gelangen ins Blut. Deshalb sind diese Partikel nicht nur an der Entstehung von Lungenkrebs beteiligt, sondern verursachen auch Herzinfarkte.

Benzol und Toluol VOC's

Flüssiges Benzin besteht aus einem Gemisch von verschiedenen Kohlenwasserstoffen (HC). Abgase enthalten immer etwas unverbranntes Benzin und somit sogenannte "unverbrannte" Kohlenwasserstoffe. Die unvollständige Verbrennung ist typisch für 2-Takt-Motoren, die eben kein Injektionssystem aufweisen (Scooter, Mopeds, Rasenmäher, Baumaschinen, Aussenbordmotoren), und betrifft in geringerem Ausmass auch 4-Takt-Motoren.

Bestimmte unverbrannte Kohlenwasserstoffe – wie Benzol und Toluol – sind äusserst gesundheitsschädlich. Diese Gase dringen beim Atmen tief in die Lungen ein und gelangen so ins Blut. Sie greifen die Blutgefässe an und führen zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Herzinfarkten. Sie schädigen auch die Erbsubstanz (DNA) in den Zellen und erhöhen das Krebsrisiko.

Ozon O3

Bodennahes Ozon – nicht zu verwechseln mit der Ozonschicht in der Stratosphäre, die uns vor den ultravioletten Strahlen der Sonne schützt – gilt als "sekundäre" Luftverschmutzung. Ozon wird nicht direkt von Motorfahrzeugen ausgestossen. Es entsteht unter der Einwirkung von Licht und Wärme auf die NO_x und die VOCs.

Sobald der Ozonwert in Bodennähe stark steigt, brennen die Augen, das Atmen fällt schwer und das Risiko eines Kreislaufkollapses steigt. Wild- und Kulturpflanzen weisen ein schwächeres Wachstum auf.

3.2 Abgasnormen und Grenzwerte

Für die Messung der Schadstoffe sind europaweit gesetzliche Grenzwerte vorgeschrieben. Die ersten einheitlichen Abgasvorschriften für Pkw in der Europäischen Gemeinschaft traten 1970 in Kraft. Die heute übliche Bezeichnung „Euro-Norm“ wurde 1992 mit der Abgasstufe Euro 1 eingeführt, aktuell gilt die Euro-6-Norm. Im Zuge der Entwicklung von Euro 1 bis Euro 6 hat der Gesetzgeber die Grenzwerte für Stickoxide bei Pkw um 97 % und für Partikel um 98 % gesenkt.

Die Werte werden bei der Typprüfung im Fahrzyklus gemessen. Der Fahrzeughersteller muss die Einhaltung dieser Grenzwerte für eine festgelegte Zeitspanne und Kilometerleistung garantieren. Je nach Fahrzeugtyp ist ab einem bestimmten Baujahr eine On-Board-Diagnose (OBD) zur ständigen Funktionskontrolle aller abgasrelevanten Systeme vorgeschrieben.

3.2.1 Schadstoffarten mit Grenzwerten

In der EU gelten Grenzwerte für Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (CnHm), die Partikelmasse (PM) und die Partikelanzahl (PN). Die Grenzwerte unterscheiden sich dabei sowohl nach der Art des Motors (Otto- oder Dieselmotor) als auch nach Kraftfahrzeugtyp (Pkw, Lkw, Motorräder oder Mopeds) und unterliegen einer zunehmenden Verschärfung.

Grenzwerte wurden für folgende Schadstoffe festgelegt:

CO	=	Kohlenstoffmonoxid
$HC+NO_x$	=	Summe der Kohlenwasserstoffe und der Stickstoffoxide
HC (NMHC)	=	Kohlenwasserstoffe (engl.: „hydrocarbons“ / Nichtmethankohlenwasserstoffe)
NO_x	=	Stickstoffoxide
PM	=	Partikelmasse (Fein-) Staub (engl.: „particulate matter“)
PN	=	Partikelanzahl (engl.: „particle number“)

Die Abgasnormen in der EU legen keine Grenzwerte für den Ausstoss des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO_2) fest.

Die folgenden Tabellen zeigt die Entwicklung der Euro-Normen in den letzten Jahren.

Norm	Euro 1	Euro 2	Euro 3	D3	Euro 4	D4	Euro 5a	Euro 6b	Euro 6c	Euro 6d-TEMP	Euro 6d
Typgenehmigung neue Fahrzeugtypen	01.07.1992	01.01.1996	01.01.2000	01.01.2000	01.01.2005	01.01.2000	01.09.2009	01.09.2014	01.09.2017	01.09.2017	01.01.2020
Typgenehmigung neue Fahrzeuge	01.01.1993	01.01.1997	01.01.2001	01.01.2001	01.01.2006	01.01.2001	01.01.2011	01.09.2015	01.09.2018	01.09.2019	01.01.2021
Testzyklus / Prüfverfahren	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	WLTC	WLTC / RDE	WLTC / RDE
CO	2720	2200	2300	1500	1000	700	1000	1000	1000	1000 / –	1000 / –
($HC + NO_x$)	970	500	–	–	–	–	–	–	–	– / –	– / –
HC (NMHC)	–	–	200	140	100	70	100 (68)	100 (68)	100 (68)	100 (68) / –	100 (68) / –
NOx	–	–	150	170	80	80	60	60	60	60 / 126	60 / 90
PM	–	–	–	–	–	–	*5	*4,5	*4,5	*4,5 / –	*4,5 / –
PN	–	–	–	–	–	–	–	$*6\cdot10^{12}$	$*6\cdot10^{11}$	$*6\cdot10^{11}$ / $^{*}9\cdot10^{11}$	$*6\cdot10^{11}$ / $^{*}9\cdot10^{11}$

Tabelle 1 Grenzwerte Otto-Motor PKW

Norm	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b	Euro 6b	Euro 6c	Euro 6d-TEMP	Euro 6d
Typgenehmigung neue Fahrzeugtypen	01.07.1992	01.01.1996	01.01.2000	01.09.2009	01.09.2009	01.09.2011	01.09.2014	01.09.2017	01.09.2017	01.01.2020
Typgenehmigung neue Fahrzeuge	01.01.1993	01.01.1997	01.01.2001	01.01.2006	01.01.2011	01.01.2013	01.09.2015	01.09.2018	01.09.2019	01.01.2021
Testzyklus / Prüfverfahren	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	WLTC	WLTC / RDE	WLTC / RDE
CO	2720	1000	640	500	500	500	500	500	500 / –	500 / –
($HC + NO_x$)	970	700 / 9003	560	300	230	230	170	170	170 / –	170 / –
NOx	–	–	500	250	180	180	80	80	80 / 168	80 / 120
PM	140	80 / 1003	50	25	5	4,5	4,5	4,5	4,5 / –	4,5 / –
PN	–	–	–	–	–	$6\cdot10^{11}$	$6\cdot10^{11}$	$6\cdot10^{11}$	$6\cdot10^{11}$ / $9\cdot10^{11}$	$6\cdot10^{11}$ / $9\cdot10^{11}$

Tabelle 2 Grenzwerte Diesel-Motor PKW

3.3 Messverfahren

Die Messverfahren sowie die zu fahrenden Zyklen sind EU-weit festgelegt. Aufgrund der Problematik, dass der ursprünglich definiert Fahrzyklus (NEFZ) die reellen Fahrzyklen nur schlecht wiederspiegelt und zudem festgestellt wurde, dass enorme Differenzen zwischen den gemessenen und den effektiven Werten bestehen, wurde das Messverfahren überarbeitet. Die entsprechenden neuen Regeln, sind zurzeit in der Einführungsphase.

3.3.1 Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ) – Alter Standard

Die EU-Normwerte für Kraftstoffverbrauch und Emissionen werden in einem gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren, dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), auf einem Prüfstand ermittelt. Weder die Testwagen noch die Abläufe der Messung dürfen verändert werden. Denn die Rahmenbedingungen sind klar definiert: So muss zum Beispiel immer das Tagfahrlicht des Autos an sein, es muss ein bestimmtes Motoröl verwendet werden, und auch für die Reifen gibt es klare Vorgaben zu Typ und Grösse.

3.3.2 Unterschied zwischen Labor und Strasse

Da der NEFZ bereits 1996 eingeführt wurde, ist er heute veraltet: Er hat einen zu hohen Stadtverkehrsanteil und die Beschleunigungen sind zu gering. Zudem lässt er verschiedene Topografien der Landschaft sowie schnellere Autobahnfahrten unberücksichtigt. Die maximale Geschwindigkeit von 120 km/h wird nur zehn Sekunden lang gefahren. Das Durchschnittstempo des NEFZ ist mit 34 km/h unrealistisch niedrig. Auch werden heute selbstverständliche Ausstattungen wie Klimaanlage, Radio oder Sitzheizung nicht berücksichtigt, da diese stark von unterschiedlichen Nutzerprofilen abhängen. Ziel dieser gesetzlichen Vorgabe war es im Wesentlichen, Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Fahrzeugen herzustellen. Allerdings wurde schnell klar, dass es eine Differenz zwischen den Ergebnissen auf dem Prüfstand und den Werten auf der Strasse gibt. Die Gründe dafür sind vielfältig.

Vor allem das Nutzungsverhalten des Autofahrers wirkt sich erheblich auf Verbrauch und Emissionen aus: Wer viel im Gebirge unterwegs ist, öfter einmal schneller auf der Autobahn fährt oder viele Komfortfunktionen nutzt, verbraucht mehr als andere. Den einen Fahrzeugverbrauch gibt es auf der Strasse nicht. Auch bei den Abgasemissionen spielen die unterschiedlichen Last- und Dynamikanforderungen sowie die Wahl der Abgasnachbehandlungstechnik eine entscheidende Rolle.

Darüber hinaus wirken viele der in den vergangenen Jahren entwickelten Technologien zur CO_2-Reduzierung auf dem Prüfstand oft stärker als auf der Strasse. Die heute weit verbreitete Start-Stopp-Technologie ist dafür ein Beispiel. Im NEFZ reduziert sie den Kraftstoffverbrauch um rund 10 %. In der Realität gibt es einen solchen Verbrauchsvorteil nur im dichten Verkehr mit viel Stop-and-go.

Da die Fahrzeuge immer effizienter werden, sinkt auch ihr im Prüfzyklus gemessener Wert. Bleibt gleichzeitig der Mehrverbrauch durch Features wie Klimaanlage und Navigationssystem konstant, steigt die verursachte Abweichung prozentual an, obwohl absolut weniger verbraucht wird.

3.3.3 Worldwide Harmonized Light Vehicle Procedure (WLTP) – Neuer Standard

Nicht nur Autokäufer, sondern vor allem auch die Hersteller selbst haben ein Interesse, mit einem neuen Textzyklus zu realistischeren Verbrauchsangaben zu kommen. Vertreter der Mitgliedsstaaten der UNECE haben daher mit Unterstützung der Automobilindustrie, darunter auch der VDA, ein neues Verfahren entwickelt. 2017 wird der veraltete NEFZ durch den moderneren Standard WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedures) ersetzt werden.

Insgesamt bildet er mit höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten bis 131 km/h, stärkeren Temposchwankungen und strikteren Prüfvorgaben den Verbrauch im realen Verkehr besser ab. Wie der NEFZ wird auch der WLTP-Zyklus auf dem Prüfstand ermittelt. Er schreibt standardisierte, reproduzierbare und vergleichbare Prüfbedingungen für nationale und internationale Fahrzeughersteller vor. Den Kunden bietet er einen besseren Vergleichsmassstab für die Verbrauchs- und Emissionswerte verschiedener Fahrzeugmodelle. Den Herstellern liefert er eine rechtlich zuverlässige Grundlage zur Zertifizierung neuer Fahrzeuge.

3.3.4 Real Driving Emissions (RDE) – Neue Regel

Ergänzt wird die WLTP-Labormessung künftig durch den sogenannten RDE-Test (Real Driving Emissions), mit dem die Schadstoffemissionen bei Fahrzeugen erstmals direkt auf der Strasse gemessen werden. Die Regulierung wurde Anfang 2016 vom Europäischen Parlament endgültig verabschiedet. Im Gegensatz zur Laboruntersuchung muss beim RDE-Test kein fester Fahrzyklus eingehalten werden. Der RDE-Test wird praktisch unter beliebigen Bedingungen durchgeführt: Beschleunigung, Aussentemperatur, Windverhältnisse und Verkehrslage sind zufällig. Dieser zusätzliche Test soll die Unterschiede zwischen Prüfstand und Autoalltag künftig verringern. Auch Manipulationen, also vor allem Software, die Prüfstandsituationen erkennt, werden damit nicht mehr möglich sein. Für den RDE-Test werden die Fahrzeuge mit der sogenannten PEMS-Technik (Portable Emission Measurement System) zur mobilen Emissionsmessung ausgerüstet. Im Nutzfahrzeug ist der PEMS-Einsatz bereits Standard.

4 Antriebsarten

4.1 Verbrennungsmotoren

4.1.1 Benzin (Ottomotor)

Der Benzin- oder Ottomotor ist ein zu Ehren von Nicolaus August Otto – einem Miterfinder des Viertaktverfahrens – benannter Verbrennungsmotor, der nach dem Vier- oder Zweitaktprinzip arbeiten kann, wobei der Viertaktmotor die heute gebräuchlichere Bauart ist.

Bei diesem Motor wird der Treibstoff während des Ansaugvorgangs in die angesaugte Luft eingebracht. Dies ergibt ein zündfähiges Gemisch im Zylinder. Im Gegensatz zum Dieselmotor verfügt der Benzinmotor über eine aktive Zündvorrichtung.

4.1.2 Dieselmotor

Der Dieselmotor, auch Selbstzünder genannt, ist ein Verbrennungsmotor (erfunden 1892 von Rudolf Diesel). Sein Hauptmerkmal ist die Selbstzündung des eingespritzten Treibstoffs in der komprimierten Verbrennungsluft. Im Gegensatz zu Benzinmotoren wird beim Dieselverbrennungsverfahren kein Luft-Treibstoff-Gemisch, sondern ausschliesslich immer eine volle Zylinderfüllung Luft (oder ein Luft-Abgasgemisch), die beim Turbodiesel Drücke bis zu zwei bar aufweisen kann. Diese Luft wird beim Verdichtungstakt bis auf etwa 20:1 komprimiert und dadurch auf etwa 700 bis 900 °C erhitzt (Kompressionswärme). Die hohe Temperatur reicht aus, um den Kraftstoff von der Oberfläche beginnend zu verdampfen und das Dampf-Luft-Gemisch zu zünden.

4.1.3 Gasmotor

Mit Gas betriebene Motoren sind eine Untergruppe der klassischen, in der Regel nach dem Otto-Prinzip arbeitenden Verbrennungsmotoren. An die Stelle von flüssigem Treibstoff wie Benzin, Diesel usw. tritt Erdgas, Flüssiggas, Biogas, Holzgas, Deponie- oder Grubengas. Die Zündung des Treibstoff-Luftgemisches erfolgt bei Ottomotoren durch Fremdzündung mittels Zündkerze, bei Motoren auf Dieselbasis durch Selbstzündung geringer Mengen eingespritzten Zündöls.

4.1.4 Wasserstoffmotor

Beim Wasserstoffverbrennungsmotor (Wasserstoffmotor) wird ein konventioneller Verbrennungsmotor mit Wasserstoff als Kraftstoff betrieben. Viktor Rembold war ein Pionier dieser Technik. Grundlage ist die Knallgasreaktion (zwei Teile Wasserstoff mit einem Teil Sauerstoff) in einem Kolbenrotationszylinder. Der Gesamtprozess arbeitet dabei nach dem Ottoprinzip wie in herkömmlichen Ottomotoren. Teilweise werden Benzinmotoren für den Betrieb mit Wasserstoff modifiziert oder mit beiden Kraftstoffen parallel betrieben werden (s. z. B. BMW Hydrogen 7).

Bemerkung: Der Wasserstoffverbrennungsmotor ist nicht zu verwechseln mit dem Antriebssystem Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle und Elektromotor, er steht dazu in Konkurrenz.

4.1.5 Hybridantriebe

Unter diesem Punkt werden nur Hybridantriebe welchen als primären Antrieb den Verbrennungsmotor nutzen und der Elektromotor nur zur Optimierung und Unterstützung eingesetzt wird. Diese Fahrzeuge verfügen über keinen Plug-in-Anschluss, über welchen die Batterie geladen werden kann.

Für praktisch alle aufgeführten Verbrennungsmotoren sind inzwischen Hybridantriebe verfügbar. Diese gibt es in unterschiedlichen Ausprägungen. Der Hybridantrieb wählt in jeder Fahrsituation automatisch eine energiesparende Kombination aus Verbrennungs- und Elektroantrieb, oder er entscheidet sich dafür, nur einen der Motoren zu nutzen, wenn der Einsatz des anderen in der aktuellen Fahrsituation keine Vorteile bringen würde. Folgende Hybridsysteme werden dabei unterschieden.

<u>Mikro-Hybrid</u>

Mikrohybride sind gekennzeichnet durch eine Start-Stopp-Automatik und die so genannte Bremsenergierückgewinnung (Rekuperation). Als Motorisierung dient ein Verbrennungsmotor und es gibt keinen Elektromotor für den Vortrieb. Dennoch lassen sich damit Spriteinsparungen von bis zu 10 Prozent realisieren.

Mild-Hybrid
Mildhybride haben einen Elektromotor und ein System zur Bremsenergierückgewinnung. Die Leistung des Elektromotors alleine ist nicht ausreichend, um das Fahrzeug fortzubewegen. Vielmehr dient der Elektromotor beim Mild-Hybrid der Beschleunigungsunterstützung, von der Funktion vergleichbar mit einem Turbolader.

Vollhybrid
Bei Vollhybriden ist der Elektromotor meist derart leistungsstark ausgestaltet, dass rein elektrisches Fahren zumindest für kurze Strecken möglich ist. Bekanntester Vertreter ist hierbei der Toyota Prius.

4.2 Elektrische Antriebe

4.2.1 Batterie-Electric-Vehicle (BEV - Elektroauto)

Zentraler Bestandteil eines Elektroautos ist der Motor. Anders als der Verbrennungsmotor ist dieser rein elektrobetrieben. Fossile Brennstoffe sind somit nicht mehr notwendig – folglich werden während der Fahrt weder umweltschädliches CO_2 noch andere Schadstoffe emittiert. Viele Komponenten eines normalen PKW, wie etwa das Abgassystem oder der Kraftstofftank, sind im E-Auto überflüssig. Gleichzeitig bringt die Elektroauto-Funktion jedoch auch die Notwendigkeit neuer Komponenten mit sich.

Der typische Aufbau eines Elektroautos

Hochvoltbatterie
Die Batterie ist ein großer Energiespeicher, der meist im unteren Teil des Fahrzeugs platziert ist. Er bildet nicht nur die größte, sondern zugleich auch die teuerste Komponente im Elektroauto. Die Funktionsweise basiert auf Elektromagnetismus: Durch chemische Prozesse wird Energie eingelagert und auf Bedarf wieder freigesetzt. Aktuell werden vorrangig sogenannte Lithium-Ionen-Batterien verwendet, die sich vor allem durch folgende Vorteile auszeichnen:

- lange Haltbarkeit
- ermöglicht Schnellladungen
- große Kapazität
- hohe Energiedichte

Laut Experten wird dieser Batterietyp bis zum Jahr 2020 seinen technischen Höchststand erreichen. Gleichzeitig wird bereits an der nächsten Generation, der Lithium-Luft-Batterien geforscht, deren Leistung bis zu 30 Mal höher im Vergleich zur jetzigen Version ausfallen könnte.

Elektromotor
Auf Bedarf wird die elektrische Energie, die chemisch in der Batterie gespeichert ist, in den Motor eingespeist. Dieser befindet sich meist über der Vorderachse, kann jedoch auch im hinteren Teil des Fahrzeugs montiert werden. Im Bereich der e-Mobilität wird in der Regel der synchrone Wechselstrommotor genutzt. Dieser besteht im Wesentlichen aus zwei Elektromagneten, auch Stator und Rotor genannt.

Leistungselektronik
Batterie und Elektromotor können nur über die sogenannte Leistungselektronik miteinander agieren. Ihr kommt die wichtige Aufgabe zu, Frequenz, Form und Stärke des Stroms so umzuwandeln, wie es gerade benötigt wird. Daneben stellt die Leistungselektronik auch die Verbindung zwischen Batterie und weiteren elektrischen Verbrauchern sowie zum Stromnetz während des Ladeprozesses her. Das Kernstück bildet dabei das sogenannte Hochvolt-Bordnetz, in dem jegliche Verbindungen zusammenlaufen.

Ladeanschluss
Von höchster Priorität für die Funktionsweise eines Elektroautos ist der Ladeanschluss. Üblicherweise befindet er sich wie die Tankklappe beim Benziner an der Seite des Fahrzeugs. Dort bildet er die Schnittstelle zwischen Batterie und Stromnetz und ist somit Voraussetzung für den Ladevorgang.

Niedervoltbatterie
Während die Hochvoltbatterie hauptsächlich den Motor mit Energie versorgt, ist die Niedervoltbatterie für kleinere elektrische Verbraucher verantwortlich. Dazu zählen beispielsweise die

Bordelektronik, das Autoradio und die Beleuchtung. Außerdem kann hier Energie gespeichert werden, die durch Rekuperation beim Bremsen gewonnen wird. Deshalb befindet sich das Rekuperationssystem meist direkt an den Rädern.

Definition: Rekuperation
Der Begriff „Rekuperation“ stammt aus dem Lateinischen und bedeutet Rückgewinnung. Im Elektroauto kann durch ein System, den sogenannten Rekuperator, Energie zurückgewonnen werden, die zum Beispiel während des Bremsens frei wird. Diese wird dann in elektrische Energie umgewandelt und zurück in den Akku gespeist.

Reichweite Elektrofahrzeug
Beim Elektrofahrzeug wird immer wieder die Reichweite als limitierender Faktor aufgeführt. Dies ist vor allem darin begründet, dass die Elektrofahrzeuge der ersten Generation (bis ca. 2013) Reichweiten von knapp 100 km erreichten. Aktuelle Fahrzeuge sind aber bereits bei über 200 km und Premiumfahrzeuge bereits bei über 500 km (s.a. Anhang 13.3. Reichweiten Elektrofahrzeuge). Zudem ist die Batterieentwicklung bei weitem noch nicht abgeschlossen und mit absehbaren Entwicklungen sind Reichweiten von über 1'000 km absehbar. Dies war vor weniger als 5 Jahren noch undenkbar. Damit kann festgehalten werden, dass aktuelle Elektrofahrzeuge Jahreslaufleistungen von 50'000 km problemlos erreichen (200 km x 5 Tage x 50 Wochen) können.

4.2.2 Plug-in-Hybrid Antriebe

Die Technik fusst auf der Grundüberlegung, dass Autos nicht immer mit derselben Geschwindigkeit bewegt werden (Stadtverkehr, Stau, Parkieren, Überlandverkehr). Deshalb verfügen Hybridmotoren über zwei unterschiedliche Antriebssysteme: Einen Verbrennungs- und einen Elektromotor. Bei den Plug-in-Hybrid Fahrzeugen wird die Batterie über einen zusätzlichen Stromanschluss aufgeladen, dies im Gegensatz zu den unter Punkt 4.1.5 aufgeführten Fahrzeugen.

Folgende Hybridsysteme werden dabei aktuell unterschieden.

Plug-in-**H**ybrid-**E**lectric **V**ehicle (PHEV) - paralleler Hybrid
Bei einem Hybridauto mit parallelem Hybridantrieb ist sowohl der Elektromotor als auch der Verbrennungsmotor mit dem Antriebsstrang verbunden. Je nach Ladungsstand der Batterie können sie getrennt oder gemeinsam für den Vortrieb sorgen.

Extended-**R**ange-**E**lectric-**V**ehicle (EREV) - Serieller Hybrid
Als Reichweitenverlängerer (engl. Range Extender) werden zusätzliche Aggregate in einem Elektrofahrzeug bezeichnet, die die Reichweite des Fahrzeugs erhöhen. Die am häufigsten eingesetzten Range Extender sind Verbrennungsmotoren, die einen Generator antreiben, der wiederum Hochvoltbatterie und Elektromotor mit Strom versorgt.

Bei dieser Bauweise ist lediglich der Elektromotor mit dem Antriebsstrang verbunden und der Verbrennungsmotor liefert dann über einen Generator Strom für die Akkumulatoren. Der Verbrennungsmotor ist eigentlich ein Range-Extender und dient nur als „Kraftwerk“ für die Energiegewinnung.

4.2.3 Fuel-Cell-Vehicle (FCV) Brennstoffzellenantrieb

Zu den Elektrofahrzeugen zählen auch die Brennstoffzellen-Fahrzeuge. Eine Brennstoffzelle produziert an Bord aus Wasserstoff Strom, mit dem ein Elektromotor angetrieben wird. Bei der Brennstoffzelle handelt es sich um einen Stromlieferant, der chemische Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt. Bei dieser so genannten «kalten» Verbrennung durch Oxidation lässt man Wasserstoff gezielt mit Luft-Sauerstoff reagieren, das heisst der Vorgang der Elektrolyse wird umgekehrt. Dabei kann man einen höheren Wirkungsgrad erzielen als wenn mit einem Verbrennungsmotor und einem Generator Elektrizität erzeugt wird.

Die Effizienz und der lärmarme, schadstofffreie Betrieb mit Wasserstoff sind die wichtigsten Vorteile der Brennstoffzelle. Zudem ist die Zelleneinheit klein und lässt sich für grössere Leistungen beliebig zusammenschalten.

Im Betrieb gelten Brennstoffzellen-Fahrzeuge als Zero Emission Vehicle, wenn sie den Wasserstoff in Tanks mitführen. Die Herstellung von Wasserstoff ist aber energieintensiv, so dass je nach Energieeinsatz (z.B. aktueller Strommix) der Vorteil des emissionsfreien Betriebs und der hohen Effizienz wieder eliminiert wird (s.a. 10.1.2).

5 Treibstoffarten

5.1 Herkömmliche Treibstoffe für Verbrennungsmotoren

5.1.1 Benzin

Der meistverwendete Treibstoff in der Schweiz ist Benzin. Es wird mittels Destillation und verschiedener Veredelungsprozessen aus Rohöl gewonnen und ist somit ein endlicher und nicht erneuerbarer Treibstoff.

Je nach Bauart und Verdichtungsverhältnis benötigen Benzinmotoren einen Treibstoff mit Klopffestigkeit von 95 oder 98 Oktan. Die meisten Motoren können heute mit Bleifreibenzin 95 Oktan betrieben werden. Mit Hilfe spezieller Verarbeitungsverfahren, durch Beigabe von hochoktanigen Komponenten lässt sich die Oktanzahl auf 98 erhöhen.

Benzin kann auch Biotreibstoffe enthalten, wie beispielsweise Ethanol oder auch ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether). Gemäss Norm ist ein Ethanol Anteil von bis zu 5 Volumenprozenten ohne Kennzeichnungspflicht an der Zapfsäule zulässig und mit sämtlichen Benzinfahrzeugen kompatibel.

Aus ökologischer Sicht sind der tiefe Schwefelgehalt (max. 10 mg/kg), sowie Begrenzungen des Aromaten- und Benzolgehalts im Benzin von Bedeutung.

5.1.2 Diesel

Benannt wird Diesel nach Rudolf Diesel, der als Erfinder des Dieselmotors gilt. Diesel wird aus Gasöl hergestellt. Dieses wird grossteils durch Destillation von Rohöl als Mitteldestillat gewonnen. Somit ist auch Diesel ein nicht erneuerbarer Treibstoff. Die Hauptbestandteile des Dieselkraftstoffes sind unter anderem Alkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe mit etwa 10 bis 22 Kohlenstoff-Atomen pro Molekül und einem Siedebereich zwischen 150 °C und 390 °C. Um die Cetanzahl zu heben und so die Zündwilligkeit des Dieselkraftstoffes zu verbessern, kann Tetranitromethan, Amylnitrat oder Acetonperoxid zugegeben werden, doch dies erhöht die Toxizität.

5.1.3 Erdgas (CNG - Compressed Natural Gas)

Erdgas ist ein natürliches Gas, das aus dem Erdinneren gefördert wird. Es handelt sich somit aber ebenfalls um einen fossilen Treibstoff, welcher nicht erneuerbar ist. Es besteht zu über 90 Prozent aus dem farb- und geruchlosen Naturgas Methan (CH_4), dem einfachsten Kohlenwasserstoff, der in der Natur vorkommt. Das heute genutzte Erdgas hat sich aus abgestorbenen Kleinorganismen vor mehreren Millionen Jahren gebildet. Unter Luftabschluss, hoher Temperatur und hohem Druck im Innern der Erde hat ein langsamer, chemischer Prozess zur Bildung von Erdgas geführt.

Erdgasautos zeichnen sich durch einen niedrigeren CO_2-Ausstoß und geringe Geräuschemissionen aus. Das schont die Umwelt und sorgt vor allem in Ballungsgebieten für bessere Luft und weniger Straßenlärm.

Die Erdgas-Fahrzeuge der neuen Generation erreichen ohne aufwendige Abgasnachbehandlungstechnologien die Euro 6 Abgasnorm.

5.1.4 Flüssiggass (LPG – Liquified Petroleum Gas)

Autogas oder Flüssiggass bezeichnet zum Einsatz in Fahrzeug-Verbrennungsmotoren vorgesehenes Flüssiggas, ein variables Gemisch, das hauptsächlich aus Butan und Propan besteht. Flüssiggas fällt als Nebenprodukt der Erdölraffinierung und als Begleitgas bei der Förderung von Erdöl und Erdgas an und ist somit ein fossiler Energieträger.

Bemerkung: Nicht als Autogas bezeichnet werden verdichtetes Erdgas (CNG, aus dem Englischen Compressed Natural Gas – s.a. 5.1.3).

Flüssiggas (Butan/Propan) findet Anwendung als Kraftstoff für Ottomotoren. Es verbrennt umweltfreundlicher als Benzin. Auch unter Berücksichtigung des volumenbezogenen Mehrverbrauchs verringert sich der Schadstoffausstoß von Stickoxiden um etwa 80 % und der von unverbrannten Kohlenwasserstoffen um ca. 50 %.

Flüssiggas ist in der Schweiz praktisch nicht vertreten in den meisten europäischen Ländern aber gut etabliert. Nach einer längeren Wachstumsphase stagnierte die Zahl der Autogas-Pkw und LPG-Tankstellen in den letzten Jahren und ist zurzeit sogar leicht rückläufig. Dies hängt beson-

ders mit der allgemeinen Unsicherheit bezüglich einer möglichen Steuererhöhung auf Autogas zusammen.

5.2 Bio-Treibstoffe für Verbrennungsmotoren

Heute wird fast der gesamte weltweite Bedarf an Kraftstoffen aus Erdöl hergestellt. Da Erdöl jedoch ähnlich wie andere fossile Energieträger allmählich knapper wird und seine Verwendung außerdem das klimaschädliche Kohlendioxid (CO_2) freisetzt, gibt es verstärkte Bemühungen, Kraftstoffe aus verschiedenen Formen von Biomasse zu gewinnen. Damit erhält man einerseits erneuerbare Energie, die der Menschheit also nie ausgehen kann, und andererseits theoretisch auch CO_2-neutrale Energie.

Bei den heute üblichen flüssigen Biotreibstoffen stehen Bioethanol als Benzinersatz und Biodiesel sowie HVO als Dieselersatz im Vordergrund. Biogas mit derselben Molekularstruktur wie Erdgas (Methan/CH_4) gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Die Hoffnungsträger der Zukunft sind die synthetischen Treibstoffe. Diese sind bis zum heutigen Zeitpunkt noch zu wenig ausgereift, um marktfähig zu sein. Experten erwarten eine Kommerzialisierung der synthetischen Treibstoffe in den nächsten fünf bis zehn Jahren.

5.2.1 Die drei Generationen

Bei Biotreibstoffen wird zwischen der ersten, zweiten und dritten Generation unterschieden. Zur ersten Generation gehören Pflanzenöl-Kraftstoffe, Biodiesel und Bioethanol. Während bei der ersten Generation nachwachsende Rohstoffe wie Ölsaaten oder Zuckerrohr zur Treibstoffproduktion dienen, sind es bei der zweiten Generation Abfälle und Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft wie Holz, Ernterückstände, Energiepflanzen und Papier sowie tierische Fette. Diese stehen weder mit Nahrungs- noch mit Futtermitteln in Konkurrenz. Biotreibstoffe der dritten Generation stehen in der Entwicklungsphase. Biodiesel aus Algen sowie synthetische Kraftstoffe seien als Beispiele genannt. Diese weisen eine höhere Biomasse-Produktivität pro Fläche auf als herkömmliche Energiepflanzen. Teilweise ist es jedoch schwierig, die drei Generationen klar zu trennen. So sprechen Spezialisten auch von Biotreibstoffen der ersten Generation und solchen der nächsten Generationen.

5.2.2 Politik

Wie im Positionspapier des Bundesamtes für Energie BFE festgehalten wird, hat grundsätzlich eine möglichst sparsame und rationelle Nutzung der Energie Priorität. In der Biomasse-Strategie des Bundes ist die Priorität der Nahrungsmittelproduktion vor der energetischen Nutzung von Biomasse festgehalten. Zudem hält das Bundesamt für Energie weiterhin am Prinzip fest, dass die energetische Nutzung von Biomasse weder im Inland noch im Ausland zu direkten oder indirekten Verdrängungseffekten bei der Nahrungsmittelproduktion oder der Biodiversität führen darf.

Teller-Trog-Tank - In der Schweiz gilt der Grundsatz, dass Pflanzen zuerst als Nahrungsmittel, dann als Futtermittel und erst zuletzt als Treibstoff verwendet werden sollen. Unter den derzeitigen Förderbedingungen erscheint es unwahrscheinlich, dass die ackerbaubasierte Produktion von biogenen Treibstoffen in der Schweiz künftig überhaupt eine Rolle spielen wird. Im Vordergrund stehen biogene Treibstoffe, welche aus biogenen Abfällen und Reststoffen gewonnen werden.

Die Schweiz hat in der Erarbeitung von sozialen und ökologischen Kriterien für nachhaltige biogene Treibstoffe eine internationale Vorreiterrolle eingenommen. Hierfür wurde der Roundtable on sustainablebiofuels eingerichtet.

5.2.3 Gesetzgebung

In der Schweiz findet die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU keine Gültigkeit. Mit dem Kyoto-Protokoll hat sich die Schweiz jedoch verpflichtet, die CO_2-Emissionen bis 2030 um 50 Prozent unter das Niveau von 1990 zu senken. Für die Erreichung dieses Ziels gelten in der Schweiz seit 1.1.2013 das CO_2-Gesetz und die CO_2-Verordnung, die das Parlament per 1.7.2020 revidieren muss.

Mit dem CO_2-Gesetz werden Importeure von Benzin, Diesel und Erdgas verpflichtet, zwischen 2014 und 2020 durchschnittlich 5 Prozent der CO_2-Emissionen des Verkehrssektors im Inland zu kompensieren. Der Bund schreibt folgende Kompensationsleistungen vor:

- 2% für die Jahre 2014 und 2015
- 5% für die Jahre 2016 und 2017
- 8% für das Jahr 2019
- 10% für das Jahr 2020

Für die Umsetzung dieser Kompensationspflicht setzt sich die Stiftung KLIK ein. Es handelt sich dabei um eine Kompensationsgemeinschaft, welche Projekte unterstützt, die den Ausstoss von Treibhausgasen reduzieren. Das grösste Potenzial zum Einsparen von CO_2-Emissionen bieten nach wie vor die flüssigen Biotreibstoffe.

Als weitere Förderungsmassnahme sind in der Schweiz biogene Treibstoffe seit dem 1. Juli 2008 von der Mineralölsteuer befreit, sofern sie ökologischen und sozialen Mindestanforderungen genügen. Die Kriterien umfassen die Reduktion von CO_2 und der Umweltbelastung, den Erhalt des Regenwaldes und der Biodiversität sowie die Berücksichtigung der indirekten Auswirkungen.

Im Einzelnen bedeutet das:

- Biotreibstoff, welcher aus Abfällen und Reststoffen der Land- und Forstwirtschaft und aus der Restauration (Frittenöl) gewonnen wird, ist auf jeden Fall steuerfrei.
- Treibstoffe aus Raps oder Zuckerrohr erhalten die Steuererleichterung nur, wenn im Einzelfall der Nachweis einer positiven ökologischen Gesamtbilanz erbracht wird. Bisher ist dies nicht gelungen.
- Der Anbau von Palmöl, Soja oder Getreide gilt als Bedrohung für den Regenwald und die Biodiversität. Somit erhalten diese keine Steuererleichterung.

5.2.4 Markt und Entwicklung

Der Anteil biogener Treibstoffe in der Schweiz lag im Jahr 2010 lediglich bei 0,17 %. Im Jahr 2015 stieg dieser Wert auf 1,2 Prozent des Treibstoffabsatzes. Eine weitere markante Steigerung ist absehbar. Auslöser ist das per 1.1.2014 in Kraft getretene CO_2-Gesetz. Dieses verlangt von der Mineralölwirtschaft, bis 2020 durchschnittlich 5% der CO_2-Emissionen im Verkehrssektor zu kompensieren (s.a. 5.2.3 Gesetzgebung).

5.2.5 Biodieselmarkt Schweiz

Bis vor zwei Jahren verkauften die inländischen Hersteller sowie die Importeure von Biodiesel ihre Ware zu einem grossen Teil an Betreiber von LKW-Flotten und Baumaschinen. An der Tankstelle ist reiner Biodiesel (B100) praktisch verschwunden, das Geschäft hat sich mengenmässig nicht gelohnt. Seit Herbst 2012 stiegen die Importe markant. An vielen Tankstellen wird unterdessen B7 - Mineralöldiesel mit einem nicht zu deklarierenden Anteil von 7% Biodiesel - verkauft.

Seit dem 1. Januar 2013 ist nur noch auf Altstoffen und Abfällen basierender Biodiesel von der Mineralölsteuer befreit. Die beiden Pilotbetriebe, die Überschussmengen an Raps zu Treibstoff verarbeiteten, haben ihren Betrieb per Ende 2012 den neuen Anforderungen angepasst.

Die Oberzolldirektion (OZD) hat ihre Praxis beim Erteilen der Steuererleichterung deutlich verschärft. Die Situation ist sowohl für die Behörden als auch für die Gesuchsteller unbefriedigend. Zurzeit erarbeitet der Verband in Absprache mit der OZD ein Konzept für den Nachweis der ökologischen und sozialen Mindestanforderungen sowie die Rückverfolgbarkeit über die gesamte Lieferkette von den Rohstoffen bis zur Lieferung des biogenen Treibstoffes in die Schweiz.

5.2.6 Biodieselproduktion Schweiz

In der Schweiz produzieren sechs kleinere Anlagen insgesamt rund 7000 m3 Biodiesel pro Jahr (2015). Als Rohstoff dienen ausschliesslich Altspeiseöle aus Restaurantbetrieben. Das bei der Umesterung entstehende Glycerin dient als Rohstoff in der Pharmaindustrie.

Die geplante Biodiesel-Produktionsanlage von Green Biofuel Switzerland AG mit einer Kapazität von rund 40'000 m3 kam bisher nicht über den Projektstatus hinaus.

Biodiesel ist ein biosynthetischer Kraftstoff mit pflanzlichem Ursprung, hergestellt aus verschiedenen Pflanzenölen und Methanol. Ziel ist es, diesen Bereich weiter auszubauen und die pflanzlichen Speiseöle vollständig durch Abfälle und Reststoffe zu ersetzten. Folglich zeichnet sich Biodiesel durch eine gute Ökobilanz aus. Auch die bei der chemischen Reaktion entstehenden Nebenprodukte finden in anderen Bereichen wie der Kosmetik- und Nahrungsmittelindustrie oder gar als Tierfutter Verwendung.

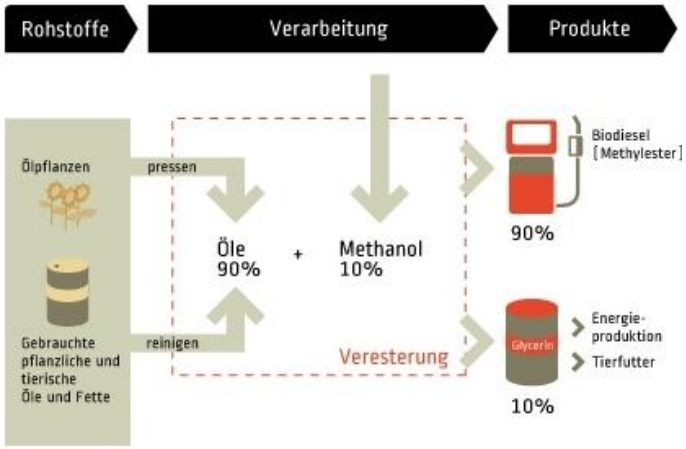


Abbildung 3 Biodieselproduktion

Analog den EU-Vorgaben und gemäss Freigabe der Automobilindustrie dürfen bis zu 7 Prozent Biodiesel im bestehenden Treibstoffnetz (Diesel) beigemischt werden. Eine technische Freigabe ist dabei nicht erforderlich. Bei höheren Beimischquoten bzw. bei reinem Biodieselbetrieb ist eine Freigabe des Herstellers erforderlich.

5.2.7 Bioethanolmarkt Schweiz

Bioethanol ist in der Schweiz beigemischt zu Benzin Bleifrei 95 oder als E85 erhältlich. Beimischungsquoten von bis zu 5% sind nicht deklarationspflichtig. E85 besteht aus 85% Bioethanol und 15% Bleifrei 95. Der Zusatz von 15% Benzin ist zur Verbesserung der Kaltstartfähigkeit notwendig. E85 eignet sich ausschliesslich für Flex-Fuel-Vehicles (FFV). Rund 50 Tankstellen bieten schweizweit E85 an, Tendenz mangels Nachfrage abnehmend.

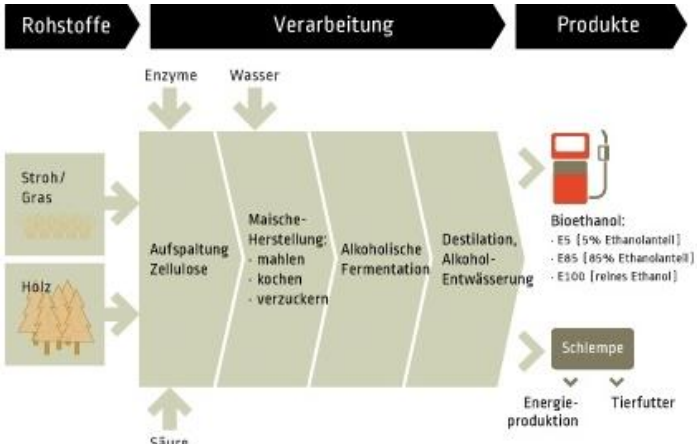


Abbildung 4 Produktion Bioethanol

Auch beim Bioethanol sind die - ausschliesslich importierten - Mengen seit 2014 stark gestiegen. Den Nachweis der ökologischen und sozialen Mindestanforderungen für Bioethanol zu erbringen, ist jedoch ungleich schwieriger als bei Biodiesel.

In der Schweiz importieren Varo Energy AG, Landor und BF Commodities SA Bioethanol auf Basis von Abfällen aus der Land- und Forstwirtschaft. Hauptabsatz ist die Beimischung von 5 Prozent Bioethanol beim Benzin Bleifrei 95. Der Markt für E85 stagniert.

Lange wurde Bioethanol ausschliesslich aus Mais, Zuckerrohr und Zuckerrüben gewonnen. Dies wurde durch die Konkurrenz mit Nahrungs- und Futtermitteln, aber auch durch die schlechte Umweltbilanz, stark kritisiert. Heute erfolgt die Produktion vermehrt mit Reststoffen wie Stroh, Holz oder Getreideabfällen. Neben einer besseren Ökobilanz verschwindet so auch das Konkurrenzproblem.

<u>Cellulose-Alkohol</u>

Es gibt Verfahren, um auch Cellulose für die Herstellung von Bioethanol nutzen zu können. Hierfür müssen die cellulosehaltigen Pflanzenteile zunächst durch eine thermische und mechanische

Vorbehandlung vorbereitet und dann mit speziellen Enzymen, teils auch mit Säuren zu Stärke und schließlich zu Zuckern verarbeitet werden. Aus den Zuckern entsteht durch Vergärung dann Ethanol.

Verschiedene Verfahren der Holzverzuckerung wurden bereits vor langer Zeit entwickelt, aber sie wurden nie wirtschaftlich interessant. An verbesserten Verfahren wird wieder gearbeitet,

aber der Aufwand ist bislang recht hoch, und die benötigten Enzyme sind teuer. Vielleicht wird es zukünftig möglich werden, die Enzyme wesentlich kostengünstiger herzustellen. Auch Stroh könnte dann besser energetisch verwertet werden.

5.2.8 Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation

Es gibt inzwischen diverse Bemühungen, Biokraftstoffe der zweiten Generation zu entwickeln, die möglichst die Nachteile der Biokraftstoffe der ersten Generation nicht mehr oder zumindest in stark verringertem Umfang haben sollen. Es soll möglich werden, dafür die gesamten Pflanzen zu nutzen, also auch z. B. die Cellulose in den Stängeln. Dies würde das Potenzial der Biokraftstoffe stark steigern. Bei Nutzung von Energiepflanzen würde der energetische Flächenertrag wesentlich gesteigert, und auch das Potenzial der Reststoffe würde viel größer.

Es sollen auch andere Formen von Biomasse für Kraftstoffe nutzbar werden, beispielsweise Holz, Klärschlamm und Algen (Makroalgen und vor allem Mikroalgen), was das Potenzial weiter steigert. Vorteilhaft wäre auch, wenn die Energieverluste bei der Herstellung der Biokraftstoffe geringer würden. Diese Ziele werden aber durchaus nicht von allen Biokraftstoffen der zweiten Generation erreicht. Es werden vorwiegend die verfügbaren Energiepotenziale erweitert, aber die Probleme der Konkurrenz mit dem Nahrungsmittelanbau und der negativen Umweltauswirkungen vom Anbau von Energiepflanzen werden oft allenfalls nur ein Stück weit gemindert.

5.2.9 Synthetische Treibstoffe

In der Schweiz sind zurzeit keine Projekte zur Produktion von synthetischen Treibstoffen bekannt.

Synthetische Treibstoffe werden mittels chemischer Reaktionen erzeugt. Als Rohstoffe dienen alle Biomassefraktionen. Sie sind mit herkömmlichen Motoren und Treibstoffsystemen anwendbar. Da synthetische Treibstoffe weder Schwefel noch Aromate und nur wenig Stickoxid und Russ enthalten, wird der Schadstoffausstoss bei deren Verwendung deutlich verringert.

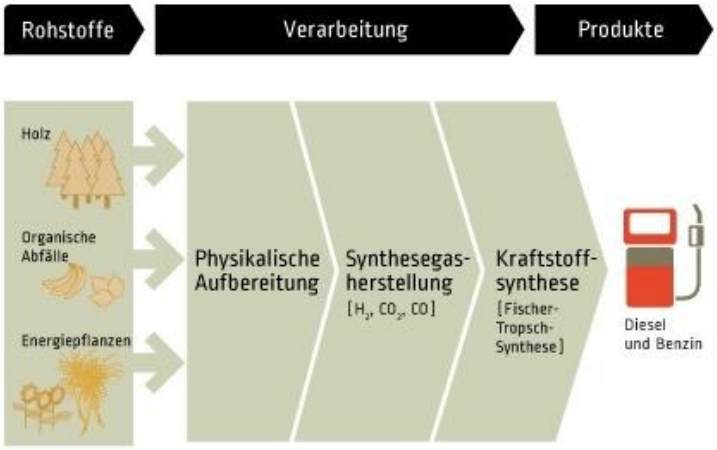


Abbildung 5 Produktion Synthetische Treibstoffe

5.2.10 Biomethan/Biogas

Biogas ist eine erneuerbare und CO_2-neutrale Energie. Es entsteht durch die Vergärung von organischen Abfallstoffen wie Grüngut oder Klärschlamm. Wesentlicher Bestandteil des Biogases bildet Methan (CH_4), das auch Hauptbestandteil von Erdgas ist.

Biogas kann unter anderem als Kraftstoff in Erdgasfahrzeugen verwendet werden. Hier ist die energetische Flächenproduktivität rund dreimal höher als bei flüssigen Biokraftstoffen. Andererseits ist Gas als Kraftstoff im Fahrzeug weniger leicht mitzuführen, und dies führt zu einer reduzierten Fahrzeugreichweite.

Damit Biogas ins Netz eingespeist werden kann, muss es auf Erdgas-Qualität aufbereitet werden. Schweizer Gasversorger zählen hier zu den Pionieren: 1997 gelang es, in Samstagern ZH weltweit erstmals Biogas ins Erdgasnetz einzuspeisen.

Im Treibstoff, der an den Schweizer Erdgas-Tankstellen bezogen werden kann, ist mindestens 10 Prozent Biogas beigemischt. Als Treibstoff ist Biogas von der Mineralölsteuer befreit, was sich positiv auf den Verkaufspreis auswirkt.

Power-to-Gas

Das Power-to-Gas-Verfahren ist eine weitere Möglichkeit, erneuerbare Gase zu produzieren. Überschüssig anfallender Strom aus Solar-, Wind- oder Wasserkraftwerken wird in Wasserstoff umgewandelt und anschliessend zu synthetischem Erdgas (Methan) verarbeitet. Das so erzeugte Methan kann direkt zum Betanken von Gasfahrzeugen verwendet werden.

Mit Unterstützung der Erdgasbranche erstellte das Institut für Energietechnik an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) eine Power-to-Gas-Anlage, um Know-how aufzubauen, wie man aus den frei verfügbaren Ressourcen Sonnenenergie, Wasser und CO_2-Emissionen klimaneutrales Methan fürs Autofahren produziert. Auch an der Empa in Dübendorf ZH, dem interdisziplinären Forschungsinstitut des ETH-Bereichs für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung, wird in einer Pilotanlage Wasserstoff und wasserstoffangereichertes Erdgas/Biogas produziert, um eine Testflotte zu betreiben.

Diese Technik könnte zukünftig eine wichtige Rolle spielen, da damit das Problem der Speicherung der nicht planbaren Stromproduktion aus Wind und Sonne gelöst werden könnte.

Kraftstoffe aus der Biomassevergasung und –verflüssigung (BtL)

Die Biomassevergasung eröffnet interessante Optionen, ist allerdings verfahrenstechnisch noch nicht genügend entwickelt. Große Hoffnungen werden in die Biomassevergasung und -verflüssigung gesetzt. Hier wird aus der Biomasse – beispielsweise aus Holz – zunächst eine Art von Synthesegas hergestellt, das Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H2) enthält. Aus diesem Gas können dann nach einer relativ aufwendigen Reinigung flüssige Kohlenwasserstoffe (vor allem Alkane) hergestellt werden. Man erhält damit Substanzen, die teils für Benzin und teils für Dieselkraftstoff nutzbar sind.

Solche Verfahren werden mit “Biomass-to-Liquid” (BtL) bezeichnet, und die erhaltenen Kraftstoffe werden entsprechend BtL-Kraftstoffe genannt. Die Energieausbeute pro Hektar Landfläche und Jahr ist noch etwas höher als bei Biogas durch Vergärung, somit viel höher als für die Biokraftstoffe der ersten Generation. Die Qualität solcher Kraftstoffe kann höher sein als diejenige von Erdölprodukten und Anpassungen der Verbrennungsmotoren wären nicht nötig; man spricht deswegen auch von Drop-in Fuels.

Eine andere Möglichkeit ist die Synthese von Biomethanol aus Synthesegas. Das Biomethanol kann in der Industrie verwendet werden, jedoch auch als Kraftstoff oder als Kraftstoffbeimischung. Methanol hat jedoch einen relativen geringen Heizwert.

Ebenfalls kann eine Methanisierung des Synthesegases erfolgen; man gewinnt Biomethan, welches u. a. als Biokraftstoff in Erdgasfahrzeugen eingesetzt werden kann.

5.2.11 Andere Biokraftstoffe

Auch an anderen Biokraftstoffen wird gearbeitet, die allerdings noch keine wesentliche Bedeutung gewinnen konnten. Es gibt Versuche, Biomasse ohne vorherige Vergasung in eine Art von Dieselkraftstoff umzuwandeln.

Aus Bioethanol kann Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether) hergestellt werden. Diese Substanz kann anstelle des Bioethanols dem Benzin beigemischt werden; sie dient also eher als Additiv zur Kraftstoffverbesserung denn als eigener Kraftstoff: Die Klopffestigkeit wird stärker erhöht als bei Beimischung derselben Menge von Ethanol. Analog gibt es Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether) aus Biomethanol.

Biobutanol ist ein schwererer Alkohol und kann ähnlich wie Bioethanol durch Vergärung von Zuckern gewonnen werden. Hierfür dienen gewisse Mikroorganismen, z. B. das Bakterium Clostridium acetobutylicum, anstelle der sonst Ethanol produzierenden Mikroorganismen. Butanol ist dem Benzin ähnlicher als Ethanol und eignet sich deswegen auch für stärkere Beimischungen.

Bio-Dimethylether kann aus Biomethanol hergestellt und Benzin oder Dieselkraftstoff beigemischt werden. Aufgrund seines tiefen Siedepunkts (ca. −25 °C) muss er ähnlich wie Flüssiggas in Drucktanks gelagert werden.

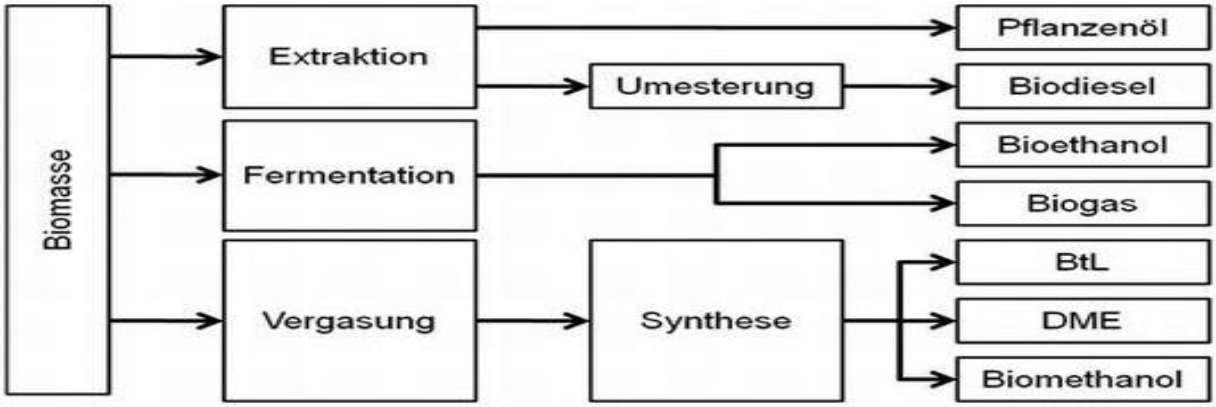


Abbildung 6 Herstellungspfade Biotreibstoffe

5.3 Strom und Stromquelle für Elektromotoren

Viele Experten setzen darauf, dass das Elektro-Auto beim Umstieg von Verbrennungsmotoren auf alternative Antriebe eine entscheidende Rolle spielen wird. Im Rahmen der Elektromobilität kommt deshalb der Stromproduktion, dem Stromverbrauch und den damit zusammenhängenden CO_2-Emissionen eine tragende Rolle zu.

5.3.1 Stromproduktion – Strommix Schweiz

Der Strommix stellt dar, aus welchen Energieträgern die bereitgestellte Energie stammt. Der Mix variiert von Versorger zu Versorger und muss mit der Herkunftsdeklaration gegenüber dem Endverbraucher dokumentiert werden.

Abbildung 7 Strommix Schweiz

Die tragende Säule der Schweizer Stromversorgung ist die Wasserkraft. Dank ihrer Topografie und dem Niederschlagsreichtum verfügt die Schweiz über die Grundlagen für diese Art der Stromerzeugung und zählt zu den Staaten mit den höchsten Anteilen an regenerativen Energien. Mehr als 500 Wasserkraftzentralen mit rund 160 Speicherseen und rund 1000 kleinere Wasserkraftwerke erzeugen jährlich im Schnitt 34 TWh Strom ca. 60 Prozent der ganzen Stromproduktion.

5.3.2 Stromverbrauch

Strom ist die Energieform, die am vielfältigsten einsetzbar ist und kann in allen Bereichen des täglichen Lebens verwendet werden. Dabei macht der Strom einen Viertel der insgesamt in der Schweiz verbrauchten Energie aus. Im Jahr 2014 wurden knapp 62 TWh Strom verbraucht. In den privaten Haushalten wird etwa ein Drittel des gesamten Stromverbrauchs konsumiert, rund 60 Prozent entfallen auf Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen, die restlichen 8 Prozent auf den Verkehr (v.a. Bahn).

5.3.3 Zusätzliche Stromverbrauch für Elektromobilität

Die steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen auf den Schweizerstrassen wird auch zu mehr Strombedarf führen. Wenn davon ausgegangen wird, dass zukünftig rund die Hälfte der Fahrzeuge elektrisch betrieben werden sollen, würde dies bedeuten, dass mit einem Mehrbedarf an Strom von knapp 10% gerechnet werden müsste. Aktuelle Studien belegen aber auch, dass mit Effizienzsteigerungen in den Haushalten wie auch in der Industrie diese 10% problemlos eingespart werden könnten. Man rechnet mit möglichen Effizienzsteigerungen von bis zu 30%. Damit könnte der Mehrbedarf an Strom mit der heutigen Strommenge abgedeckt werden.

5.3.4 CO_2 Belastung Stromproduktion

Die nachfolgende Grafik zeigt die Treibhausgasemissionen je Stromproduktionsart. Diese variieren je nach Primärenergieträger extrem stark.

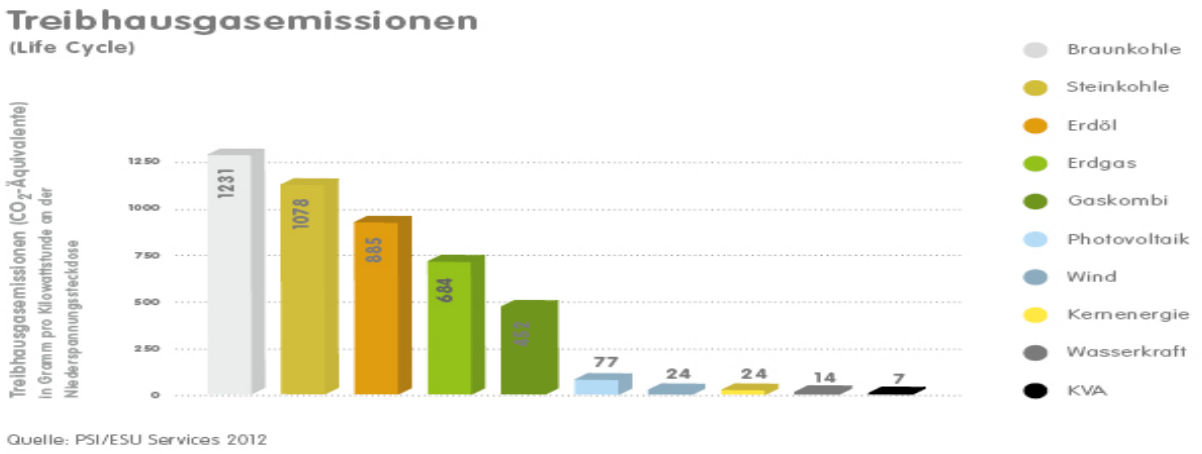


Abbildung 8 Treibhausgasemissionen Stromproduktion

5.3.5 CO_2 Belastung Elektromobilität

Das Elektro-Auto gilt als emissionsfreies Fahrzeug, ist aber nicht automatisch umweltfreundlich. Denn die Klimabilanz der Fahrzeuge hängt davon ab, aus welchen Ressourcen der Strom gewonnen wurde, mit dem das Auto betrieben wird.

Aus ökologischer Sicht weist der heutige Strommix gewichtige Vorteile auf: Wasserkraft, Kernenergie und neue erneuerbare Energien erzeugen praktisch 100 Prozent des Schweizer Stroms. Deshalb ist der aktuelle Strommix äusserst CO_2-arm. Und seine Auswirkungen auf die Umwelt sind insgesamt minim, wie massgebende Ökobilanzen belegen.

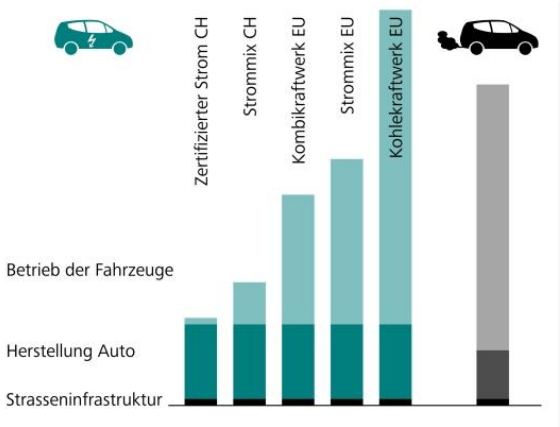


Abbildung 9 Treibhausgase je Kilometer

Es darf aber festgehalten werden, dass mittelfristig nur der Elektromotor und damit der Strom die Möglichkeit bieten, die zukünftige Mobilität nahezu CO_2-neutral zu gestalten. Dies ist aber nur möglich, wenn die Mobilität mit erneuerbarem Strom betrieben wird. Bei der Verwaltung des Kantons Bern wäre dies aber gegeben, da nur Strom aus erneuerbaren Quellen gekauft wird.

5.4 Wasserstoff

Brennstoffzellen benötigen Wasserstoff, damit sie Strom erzeugen können. Mit dem Strom wird das Fahrzeug angetrieben. Der Wasserstoff wird auf dem Fahrzeug ebenfalls in Tanks mitgeführt und muss mittels Betankung auf das Fahrzeug gebracht werden. Fahrzeuge mit Brennstoffzellen stoßen im Betrieb keine Emissionen aus.

Bei den Brennstoffzellenfahrzeugen muss aber ebenfalls berücksichtigt werden, wie und mit welchem Energieeinsatz der Wasserstoff produziert wird. Die Produktion des Wasserstoffs ist sehr energieintensiv, so dass einerseits die CO_2-Bilanz (mit heutigem Energiemix) wie aber auch die Energieeffizienz aus heutiger Sicht noch nicht besser ist als bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren.

Der Wasserstoff ist das am häufigsten vorkommende Element. Er ist hoch reaktiv und liegt somit fast ausschließlich in gebundener Form vor. Es gibt mehrere Verfahren, um den Wasserstoff in der reinen Form bereitzustellen. Einerseits ist die Produktion mittels Elektrolyse aus Wasser möglich, wobei die elektrische Energie hierfür aus fossilen oder erneuerbaren Energieträgern stammen kann. Andererseits ist die Gewinnung von Wasserstoff durch die Reformation aus wasserstoffhaltigen Verbindungen, meist aus Erdgas durch Erdgasreformation, denkbar. Des Weite-

ren ist die Wasserstoffproduktion mit Biomasse als Ausgangsrohstoff durchführbar. Beim Vergasen wird aus Biomasse ein wasserstoffreiches Synthesegas erzeugt. Bei der Vergärung entsteht aus geeigneten Ausgangsstoffen ein methanhaltiges Biogas, das zum Wasserstoff aufbereitet wird. Die folgende Abbildung zeigt die Wege der Wasserstoffbereitstellung im Einzelnen.

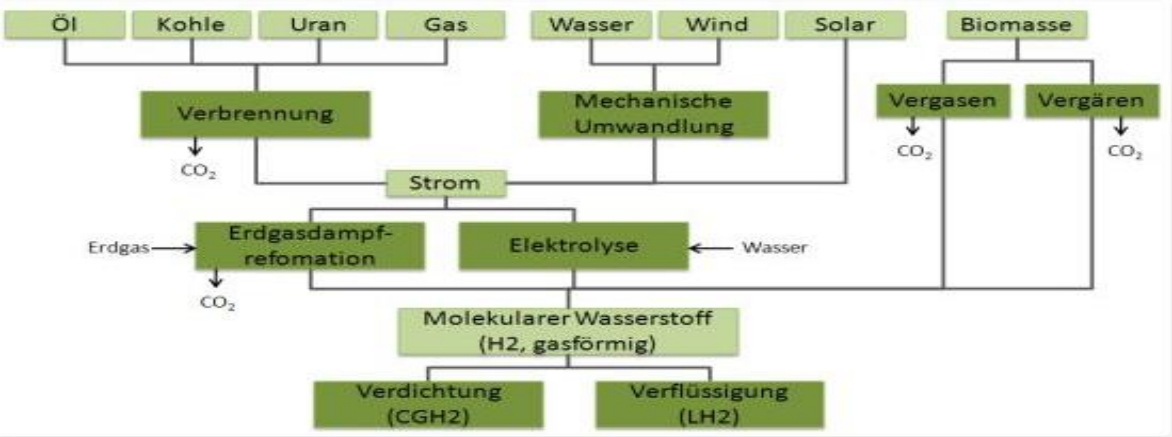


Abbildung 10 Herstellungspfade Wasserstoff

Die Entwicklung der Brennstoffzellenfahrzeuge ist heute noch in den Kinderschuhen. Zusätzlich bremst das Nichtvorhandensein eines Tankstellennetzes eine mögliche Einführung solcher Fahrzeuge. Aus heutiger Sicht muss davon ausgegangen werden, dass Brennstoffzellenfahrzeuge nicht vor 2030 auf dem Markt erfolgreich eingeführt werden können.

6 Infrastrukturen je Treibstoffart

6.1 Benzin- / Dieseltankstellen

Der grösste Vorteil der herkömmlichen Verbrennungsmotoren ist sicherlich das vorhandene Tankstellennetz. Dieses ist sowohl in der Schweiz wie auch im benachbarten Ausland gut ausgebaut.

Die Zahl der öffentlich zugänglichen Markentankstellen ist 2015 aber um 2,4 Prozent auf 3461 gesunken. Auch der Absatz pro Tankstelle ist seit Jahren rückläufig.

Über das grösste Tankstellennetz verfügen weiterhin die Avia-Unternehmen mit 604 Stationen, gefolgt von Agrola (430), BP (361), Ruedi Rüssel (339) und Migrol (310).

Inzwischen können Kunden an fast allen Tankstellen neben Benzin auch Diesel tanken. Pro Tankstelle wurden 2015 durchschnittlich 1,41 Millionen Liter Treibstoff verkauft. Am meisten Treibstoffe wurde erwartungsgemäss mit rund 3,20 Millionen Liter pro Jahr und Tankstelle an Autobahnstationen getankt und am wenigsten an unbemannten Tankstellen.

6.2 Biotreibstoffe 1. Generation

Biodiesel
Biodieseltankstellen mit 100%-igem Biodiesel existieren in der Schweiz praktisch nicht. Der Biodiesel wird in der Schweiz wie aber auch im umliegenden Ausland hauptsächlich als Beimischung verwendet und wird somit über die normalen Dieseltankstellen verkauft.

Bioethanol
Im Gegensatz zum Biodiesel gibt es in der Schweiz rund 50 E85 Tankstellen. Tendenz ist aber aufgrund mangelnder Nachfrage abnehmend. Somit wird auch Bioethanol hauptsächlich über Beimischungen verkauft.

Auch mittelfristig ist davon auszugehen, dass Biotreibstoffe der ersten Generation vor allem mittels Beimischung vertrieben werden wird. Dies ermöglicht einerseits die Reduktion der CO_2 Werte in den herkömmlichen Treibstoffen und andererseits ist es nicht erforderlich, zusätzliche Infrastrukturen aufzubauen.

6.3 Erdgas / Biogas

Inzwischen gibt es in der Schweiz etwas über 140 Gastankstellen. Der Tankvorgang ist zwar anders als bei Benzin oder Diesel, aber ebenfalls sehr sicher und einfach in der Handhabung. Auch andere europäische Länder verfügen über ein gut ausgebautes Gastankstellennetz.

Da in der Schweiz dem Erdgasnetz ein Anteil von 10 – 20% Biogas beigemischt ist, wird nicht zwischen Erdgas- und Biogastankstellen unterschieden. Erdgasfahrzeuge sind in der Schweiz mit einem Biogas-Anteil von mindestens 10 Prozent unterwegs (der durchschnittliche Biogas-Anteil im Treibstoff lag 2016 bei über 22%). Reine Biogas Tankstellen sind noch selten.

Da aber heute davon ausgegangen wird, dass die Technik Power-to-Gas zukünftig eine wichtige Rolle in der Mobilität spielen könnte, ist davon auszugehen, dass Gastankstellen zukünftig eher weiter ausgebaut werden. Dies hängt vor allem damit zusammen, das Gas die Möglichkeit bietet, als sekundärer Energieträger (Sonne/Wind wird in Gas umgewandelt) zu dienen und somit die Problematik der fehlenden Speicher entfällt. Damit käme dem Verbrennungsmotor wiederum eine wichtigere Rolle zu.

6.4 Flüssiggas

In der Schweiz gibt es zurzeit 47 Flüssiggas Tankstellen. In den umliegenden Ländern (v.a. Italien) ist aber die Infrastruktur viel besser ausgebaut. Im Moment kann nicht davon ausgegangen werden, dass in der Schweiz diese Infrastruktur weiter ausgebaut wird. Dies vor allem darum, weil Flüssiggas keine echte Alternative zu den herkömmlichen Treibstoffen bietet, da Flüssiggas ein Nebenprodukt der Erdölförderung ist und die Emissionen nur marginal verringert werden können.

6.5 Biotreibstoffe 2. Generation

Aktuell gibt es noch keine Infrastrukturen für Biotreibstoffe der 2. Generation. Der entsprechende Treibstoff käme über die normale Tankstelleninfrastruktur auf die Fahrzeuge.

Das theoretische Rohstoffpotenzial für «moderne Biotreibstoffe» reicht aber laut Berechnungen für 17% des Treibstoffbedarfs in Europa. Global ist dies noch höher.

Zudem werden die Herstellungskosten für Zellulosebasiertes Ethanol und Fischer Tropsch hergestellten Diesel bis 2020 bzw. 2025 aufgrund von Skaleneffekten so weit sinken, dass die vorgesehenen finanziellen Mechanismen in der Schweiz diese Biotreibstoffe gegenüber fossilen wirtschaftlich machen.

Dazu ist global eine beträchtliche Investition in Produktionsanlagen nötig, die aber aus heutiger Sicht durchaus realistisch scheint.

Mittelfristig (nächste 10 Jahre) ist nicht davon auszugehen, dass Biotreibstoffe eine relevante Rolle spielen. Danach hätten Sie aber das Potenzial, eine wichtige Rolle in der Mobilität zu übernehmen.

6.6 Strom

Für das Laden von Elektrofahrzeugen wird Strom benötigt, welcher über die Strominfrastruktur zur Verfügung gestellt werden muss. Grundsätzlich sind in der Schweiz die Voraussetzungen für die Elektromobilität sehr gut. Dies vor allem darum, weil Strom praktisch überall zur Verfügung gestellt werden kann.

Experten gehen davon aus, dass 90% der Ladevorgänge daheim oder bei den Firmenparkplätzen erfolgen. Dennoch wird es einer speziellen öffentlichen Ladeinfrastruktur bedürfen, nämlich vor allem für die Schnellladevorgänge. Hierbei handelt es sich um einen «Tankvorgang», bei dem die Batterie in ca. 15 Minuten bis zu 80% wieder aufgeladen werden kann. Zudem wird geprüft, in welchem Ausmass ein öffentliches Netz Ladestationen aufgebaut werden soll. Hier stellt sich auch die Frage, ob zukünftig in Wohnzonen mit Parkplätzen im Quartier, solche Stationen zur Verfügung stehen müssen. Die meisten Elektrofahrzeuge lassen sich auch über die normale Haushaltsteckdose (220 V / 10A) aufladen. Die entsprechende Ladezeit wird dadurch aber auch entsprechend verlängert.

Beim Laden von Elektrofahrzeugen wird zwischen 3 verschiedenen Ladekonzepten unterschieden:

- Sleep & Charge (Laden zuhause / Firmen Parkplatz)
  Wie bereits erwähnt wird zukünftig der grösste Teil der Ladevorgänge dort durchgeführt, wo die Fahrzeuge die meiste Zeit stehen (Firmen- und Privatparkplätze). Die dazu benötigte Ladeinfrastruktur wird von den Fahrzeugnutzern initialisiert und finanziert.

  Bei diesen Ladestationen wird zum allergrössten Teil mit Wechselstromanschlüssen gearbeitet. Die mögliche Ladeleistung ist abhängig von den Gegebenheiten vor Ort (Auslegung der Anbindung an das Stromnetz), der Ladebox und dem Ladegerät im Fahrzeug.
- Shop & Charge (Öffentliche Ladestation)
  Dieses Konzept wird im öffentlichen Raum installiert. Verantwortlich dafür sind einerseits Laden- und Einstellhallenbesitzer welche PP für ihre Kunden entsprechend ausrüsten aber auch die öffentliche Hand. Hier wird ebenfalls normalerweise mit Wechselstromanschlüssen gearbeitet.
- Coffee & Charge (öffentliche Schnellladestation)
  Hierbei handelt es sich um ein Schnellladekonzept für Elektrofahrzeuge. Es wird hauptsächlich über Gleichstromladesäulen getankt. Diese Ladesäulen sollen vor allem an wichtigen Knoten des Strassennetzes und entlang der Autobahnen errichtet werden. Finanziert wird dieses Netz von verschiedenen Interessengruppen (z.B. Projekt EVite), von Tankstellenbetreibern, von Stromanbietern und allenfalls von der öffentlichen Hand.

6.6.1 Normales Laden – Wechsel- und Drehstromladestationen.

Unter dem normalen Laden werden die Ladekonzepte Sleep & Charge und Shop & Charge subsumiert. Die Elektrofahrzeuge werden dabei an Stationen oder normalen Steckdosen mit Wechsel- oder Drehstromanschlüssen geladen. In den meisten Fällen kommt dabei eine sogenannte Wallbox zum Einsatz. Wichtig dabei ist auch, dass der korrekte Stecker- oder Steckdosentyp montiert wird.

Dabei sind folgende Ladeleistungen möglich:

2.3 kW Ladeleistung (Einphasenwechselstrom - Haushaltsteckdose):
= Phasen (1) * Spannung (230 V) * Stromstärke (10 A)

3.7 kW Ladeleistung (Einphasenwechselstrom):
= Phasen (1) * Spannung (230 V) * Stromstärke (16 A)

11 kW Ladeleistung (Drehstrom, Dreiphasenwechselstrom), Sternschaltung:
= Phasen (3) * Spannung (230 V) * Stromstärke (16 A)

22 kW Ladeleistung (Drehstrom, Dreiphasenwechselstrom), Sternschaltung:
= Phasen (3) * Spannung (230 V) * Stromstärke (32 A)

Für ein Fahrzeug mit einer 22 kWh Batterie (Beispiel Renault ZOE) bedeutet dies die folgenden Ladezeiten.

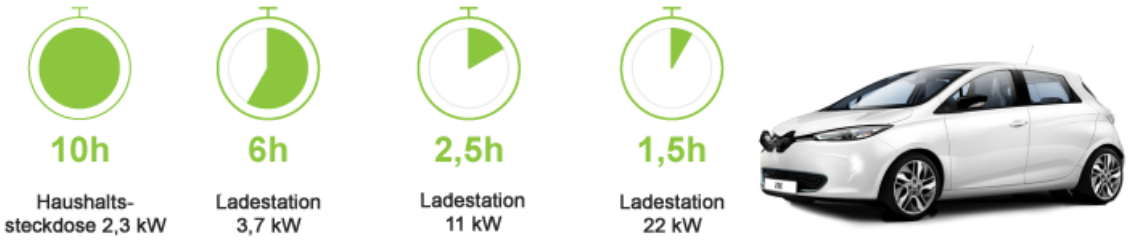


Abbildung 11 Ladezeiten 22 kWh Batterie

Für ein Fahrzeug mit einer 90 kWh Batterie (Beispiel Tesla Model S) bedeutet dies die folgenden Ladezeiten.

Abbildung 12 Ladezeiten 90 kWh Batterie

6.6.2 Schnelles Laden (unterwegs)

Unter dem schnellen Laden wird das Ladekonzept Coffee & Charge verstanden. Das heisst, mit diesen Anschlüssen ist es möglich eine Batterie innerhalb kurzer Zeit (15 – 30 Min) auf 80% zu laden.

Dabei kommen in Europa und der Schweiz verschiedene Schnelladesysteme zum Einsatz. Schnellladefähige Elektrofahrzeuge sind aber jeweils nur mit einem System ausgerüstet. Es muss also geprüft werden, wo entsprechend geladen werden kann.

Folgende vier Schnellladesysteme kommen dabei zum Einsatz:

CHAdeMO	Gleichstrom (DC)	50 kW
Combined Charging System (CCS)	Gleichstrom (DC)	50 kW
Tesla Supercharger	Gleichstrom (DC)	120 kW
Typ 2	Wechselstrom (AC)	43 kW

Die vier Systeme unterscheiden sich nicht nur in der Art der Anschlüsse, sondern auch durch die Stromart. Batterien funktionieren bekanntlich mit Gleichstrom. Dies hat den Vorteil, dass Gleichstrom-Ladestationen die Energie direkt und dadurch auch relativ schnell in die Batterie leiten können. Bei der Wechselstrom-Ladestation muss der Strom zuerst über das im Fahrzeug verbaute Ladegerät in Gleichstrom umgewandelt werden, bevor die Batterie gespiesen werden kann.

CHAdeMO

CHAdeMO ist der dienstälteste Schnellladestandard. 2010 in Japan von Tepco, Nissan, Mitsubishi und Subaru gegründet, bietet CHAdeMO heute noch die grösste weltweite Abdeckung. In Europa gibt es über 4000 Ladepunkte und in der Schweiz sind es über 140.

Die meisten Stationen bieten eine Ladeleistung von 50 kW an, es gibt aber auch solche, an denen nur mit 20 kW geladen werden kann.

Weltweit sind etwa ein Drittel aller Elektrofahrzeuge CHAdeMO-kompatibel (PKWs, ohne China). Nimmt man noch die Model S und X von Tesla hinzu, die mittels Adapter ebenfalls an CHAdeMO-Säulen laden können, so sind es über die Hälfte der weltweiten Elektrofahrzeuge.

Ende März 2017 verkündete die CHAdeMO Vereinigung die Überarbeitung des CHAdeMO Standards, welcher neu eine maximale Ladeleistung von 150 kW aufweist. Die ersten entsprechenden Ladesäulen sollen im Laufe des 2017 installiert werden. In den nächsten paar Jahren ist eine Anpassung des Standards auf eine Ladeleistung von 350 kW vorgesehen.

Combined Charging System (CCS)

Das "kombinierte Ladesystem" heisst so, weil es sowohl Wechselstrom- und Gleichstromladungen zulässt. Der obere Teil des CCS ist für die Wechselstromladung zuständig und besteht aus einem Typ 2 Stecker. Im unteren Teil des CCS hat's zwei separate Steckerpole, die Combo 2 genannt werden und die Gleichstromladung ermöglichen.

Fahrzeuge mit CCS brauchen somit nur einen einzigen (CCS-) Anschluss, während beim CHAdeMO Standard, der ja nur Gleichstrom laden kann, zusätzlich noch ein zweiter Anschluss für die Wechselstromladung benötigt wird.

Der Nachteil des CCS besteht darin, dass es später als CHAdeMO lanciert wurde und somit (noch) nicht dessen Verbreitung hat. In Europa sind's aktuell 3500 Ladepunkte. Vor allem die deutsche Autoindustrie hat sich für die Etablierung des CCS als Standard stark gemacht und so kam es, dass die Anfang 2016 in Kraft getretene, umstrittenen deutschen Ladesäulenverordnung vorschreibt, dass sämtliche Gleichstrom-Ladepunkte einen CCS bzw. Combo 2 Anschluss aufweisen müssen. Es ist also davon auszugehen, dass sich CCS in Europa langfristig als Schnellladestandard gegen den "Konkurrenten" CHAdeMO durchsetzen wird.

Analog zu CHAdeMO soll auch bei CCS die Ladeleistung erhöht werden, von aktuell 50 kW auf 350 kW. Wann dieser Ausbau genau stattfinden soll und wie flächendeckend dies geschehen soll ist zurzeit allerdings noch nicht ganz klar.

Tesla Supercharger

Tesla erkannte schon früh, dass eine flächendeckende Schnellladeinfrastruktur Voraussetzung für die erfolgreiche Verbreitung von Elektrofahrzeugen ist.

Im Gegensatz zu den anderen, traditionellen Autoherstellern, deren Aktivitäten sich lange Zeit vorwiegend darauf beschränkten, die Errichtung einer solchen Ladeinfrastruktur vom Staat zu fordern, machte Tesla aus der Not eine Tugend: Im 2012 begann man mit der Errichtung eines proprietären Gleichstrom-Schnellladenetzwerkes, dessen Nutzung bis dato ausschliesslich Tesla Fahrzeugen vorbehalten ist.

Die Fahrzeugtypen Model S und X können in Europa inzwischen an über 2000 Supercharger-Ladepunkten mit einer Leistung von bis zu 120 kW gratis aufgeladen werden. In der Schweiz stehen gegen 90 Ladepunkte an 12 verschiedenen Standorten zur Verfügung. Weitere 2-3 Standorte werden bis Ende 2017 noch dazukommen, so dass die Schweiz eine der höchsten Supercharger-Dichte in Europa aufweisen wird.

Tesla verwendet für die Supercharger den europäischen Wechselstrom-Standard Typ 2 Stecker, hat ihn jedoch so modifiziert, dass er auch für Gleichstromladungen verwendet werden kann. Dies hat den Vorteil, dass man mit einem einzigen fahrzeugseitigen Anschluss sowohl an Steckdosen, Typ 2 Ladestationen, Superchargern und CHAdeMO-Ladestationen (mittels Adapter) laden kann.

Typ 2 (AC)
Herkömmliche Typ 2 Anschlüsse liefern meistens eine maximale Ladeleistung von 11 oder 22 kW. Mehr Leistung gibt's zum Beispiel bei den 3in1 Terra Ladestationen von ABB, die man hierzulande relativ häufig antrifft. Diese bietet nebst dem Typ 2 auch einen CHAdeMO und CCS Anschluss. Dort steht für den Typ 2 eine Ladeleistung von 43 kW zur Verfügung.

Im Gegensatz zu anderen drei vorgestellten Schnellladestandards liefern Typ 2 Ladesäulen keinen Gleichstrom (DC), sondern Wechselstrom (AC). Bei der Gleichstrom-Ladestation fliesst der Strom direkt in die Batterie, während er bei der Wechselstrom-Ladestation zuerst noch vom im Fahrzeug verbauten Ladegerät in Gleichstrom umgewandelt werden muss. Dies bedeutet, dass beim Aufladen über einen Typ 2 Anschluss die Ladegeschwindigkeit nicht nur von der Ladesäule, sondern auch vom Ladegerät des Fahrzeugs abhängt.

Aktueller AC-Lademeister ist die Renault Zoe, welche über 3 Phasen mit bis zu 43 kW laden kann. Leider können einige andere Fahrzeuge wie zum Beispiel der eGolf, der Hyundai Ioniq oder der Opel Ampera-e nur über 1 oder 2 Phasen geladen werden, was eine eher dürftige AC-Ladeleistung zur Folge hat.

6.6.3 Trends bei der Schnellladeinfrastruktur

Trend 1: Immer mehr
Die Anzahl an öffentlichen Ladesäulen wächst stetig. Da sind einerseits die eher langsameren Ladesäulen mit bis zu 22 kW wie sie in Hotels, Restaurants, Einkaufsläden usw. zu finden sind. Andererseits verbreiten sich auch die Schnellladesäulen immer mehr und sind immer häufiger an Autobahnraststätten und an Durchgangsachsen zu finden.

Trend 2: Immer schneller
Von den oben beschriebenen vier Schnellladestandards haben alle eine Erhöhung der Ladeleistung in Aussicht gestellt. Die einzige Ausnahme bildet der Typ 2 Wechselstromanschluss, wo aktuell keine diesbezüglichen Pläne bekannt sind. CHAdeMO und CCS haben eine Erhöhung auf 350 kW geplant, was 7x so schnell wäre wie heute. Tesla hat für ihre Supercharger, die jetzt schon bis zu 120 kW liefern, auch eine Erhöhung der Ladeleistung auf über 350 kW angekündigt.

Wann und in welchem Ausmass die drei verschiedenen Ladesysteme ihre neuen, superschnellen Ladesäulen erstellen werden, ist im Moment noch schwierig abzuschätzen. Im Moment bietet lediglich Tesla sowohl die Fahrzeuge als auch das Ladenetz, um problemlos grosse Strecken von zig hundert Kilometern zurückzulegen. In 2-3 Jahren dürften auch die anderen Fahrzeughersteller nachgezogen haben. Bis dann sollte auch die neuste Generation Schnellladesysteme verfügbar sein, so dass die ewige Frage nach der Reichweite in den Hintergrund rücken wird und Elektroautos verschiedener Marken ohne Einschränkungen für europaweite Fahrten genutzt werden können.

6.7 Wasserstoff

6.7.1 Pilot- und Demonstrationsprojekte – Erfahrungsaufbau und Grundinfrastruktur

Seit 2011 werden von Postauto Schweiz AG ab Brugg AG fünf Brennstoffzellenbusse (Citaro-FuelCELL-Hybrid) betrieben im Rahmen des Projekt CHIC – Clean Hydrogen in European Cities. Das Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zum Sammeln von Erfahrungen mit neuen Antriebstechnologien und Infrastruktur, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen im Mobilitätsbereich zu verringern.

Im September 2015 kamen die ersten Brennstoffzellen-Personenfahrzeuge von Hyundai (ix35 Fuel Cell) zum Einsatz. Parallel dazu wird an der Empa in Dübendorf zusammen mit weiteren Partnern eine erste 700-bar-Wasserstoff-Tankstelle in der Schweiz realisiert, welche anfangs 2016 in Dübendorf in Betrieb ging. Hier werden insbesondere sicherheitsrelevante Fragen (Ex-Zonen für integrierte Wasserstofftankstellen) und Fragen zum Genehmigungsverfahren erarbeitet.

Parallel dazu und sowohl zeitlich, wie inhaltlich aufeinander abgestimmt treiben der Detailhändler Coop und der Energieversorger Axpo den Aufbau weiterer, öffentlicher Wasserstofftankstellen in der Schweiz voran. Im Gegensatz zu andern Projekten soll hier Wasserstoff zentral an einem Laufwasserkraftwerk produziert werden und an verschiedene Tankstellen in der Schweiz verteilt werden.

Die Empa hatte in Zusammenarbeit mit Bucher Schörling AG in der Vergangenheit ein Kompaktkehrfahrzeug mit Wasserstoffantrieb entwickelt (Hy.muve), das anschliessend in verschiedenen Schweizer Städten und Gemeinden erprobt wurde. In einem Folgeprojekt wurde dieses Fahrzeug in ein serienreifes Hybridfahrzeug (Gashybridisierung) weiterentwickelt. Es bestehen Ideen, dieses Serienfahrzeug mit einem Brennstoffzellenantrieb zu hybridisieren. Die Firma Swiss Hydrogen SA hat in der Vergangenheit ein Brennstoffzellenfahrzeug mit Wasserstoff- / Sauerstoffantrieb entwickelt. In Folgeprojekten wurde ein Range-Extender mit einer Wasserstoff-Luft- Brennstoffzelle entwickelt, welcher in einem ersten Prototypen im Einsatz steht. Hier bestehen Planungen und Ideen, weitere Elektrofahrzeuge (leichte Nutzfahrzeuge, Lastwagen oder allenfalls Busse) mit Brennstoffzellen-Range-Extendern zu betreiben.

Der Detailhändler Coop hat angekündigt, einen Teil Ihrer Verteilflotte künftig mit Brennstoffzellenantrieben versehen zu wollen.

6.7.2 Aufbau einer neuen Infrastruktur

Eine auf Wasserstoff basierende Mobilität benötigt die Bereitstellung von Wasserstoff als Energieträger mit einer entsprechenden Infrastruktur. Während Ladestationen für batterieelektrische Fahrzeuge relativ schnell realisiert werden können, braucht es für Wasserstoff eine längere Planung mit hohen Anfangsinvestitionskosten. Insbesondere die Abstimmung zwischen Verbrauch (Anzahl Fahrzeuge und Betankungskapazität) stellt in der Aufbauphase aus marktwirtschaftlicher Sicht eine sehr grosse Herausforderung dar.

Auf Grund der guten Speicherfähigkeit von Wasserstoff nehmen die Infrastrukturkosten jedoch mit zunehmender Nutzung (höhere Anzahl Fahrzeuge pro Tankstelle) ab und skalieren nicht eins-zu-eins mit der Anzahl eingesetzter Fahrzeuge.

6.7.3 Betankungszeiten

Mit Wasserstoff sind vergleichbare Betankungszeiten möglich, wie mit konventionellen Treibstoffen (Benzin, Diesel). Fahrzeugreichweiten von 500 km mit Volllade-/Vollbetankungszeiten im Minutenbereich setzen Übertragungsleistungen beim Lade-/Betankungsvorgang von einigen Megawatt voraus, was nur mit chemischen Treibstoffen einfach realisierbar ist.

6.7.4 Synergieeffekte von Wasserstoff

Wasserstoff lässt sich relativ einfach und über längere Zeiträume speichern. Die Produktion und Verteilung von Wasserstoff für elektrische Fahrzeuge mit Brennstoffzellensystemen muss daher nicht zeitgleich mit dem Verbrauch (Betankung) erfolgen. Der sekundäre Energieträger Wasserstoff kann vielfältig produziert und eingesetzt werden. Zusammen mit dem Einsatz in der Mobilität besteht ein Potenzial für Synergieeffekte mit anderen Sektoren (chemische Industrie, Elektrizität/Netze, Gebäude).

7 Anteile Fahrzeuge je Antriebs- / Treibstoffart

7.1 Anteile Neufahrzeuge nach Treibstoffart weltweit

So sind Autofahrer weltweit unterwegs: Jedes fünfte Neufahrzeug in Japan ist ein Hybrid, in China dominieren Benziner, Diesel sind vor allem in Europa und Indien stark. Zulieferer Bosch hat einen Überblick über die aktuelle Verbreitung der einzelnen Antriebsarten veröffentlicht. Dabei wird deutlich: Die Unterschiede zwischen den Kontinenten sind enorm.

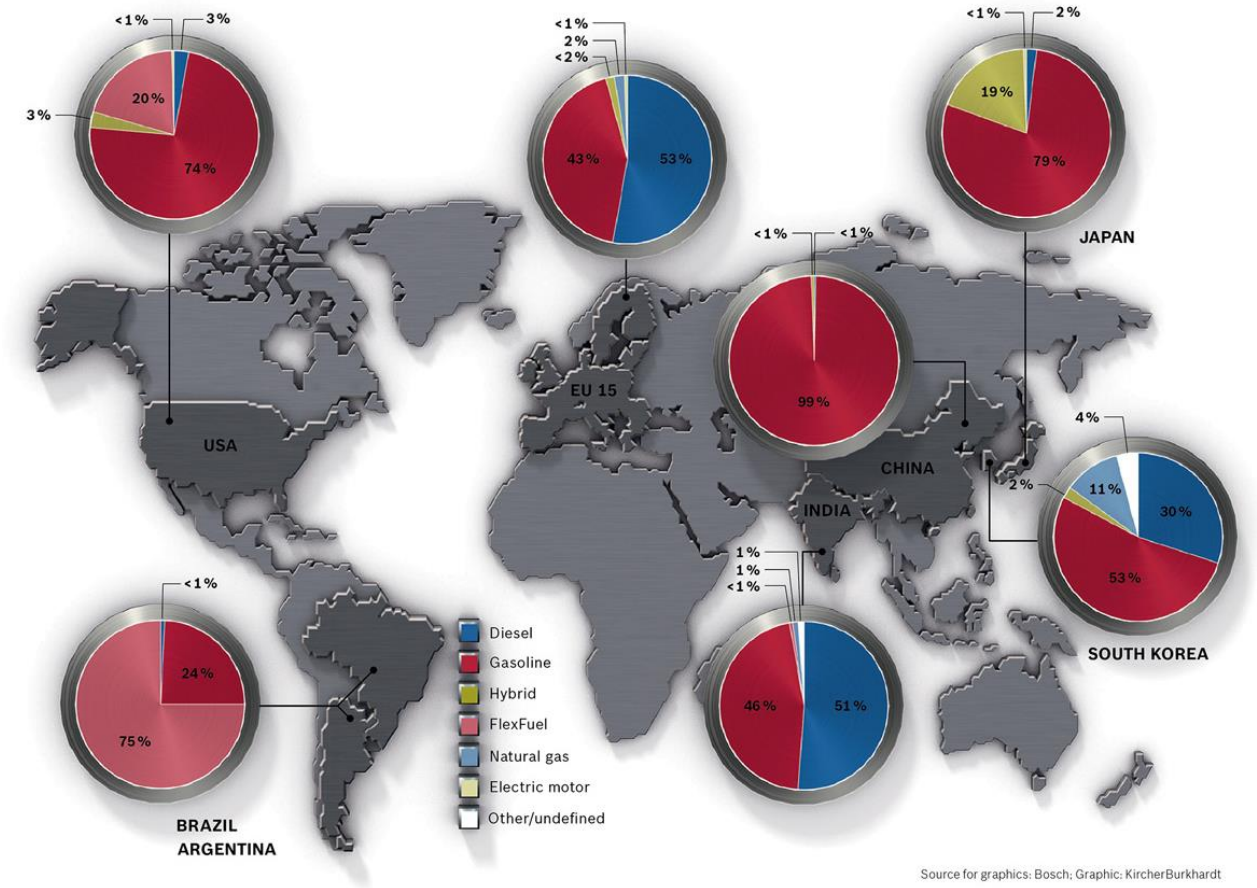


Abbildung 13 Anteile Neufahrzeuge nach Antrieb

Benziner

Global bleiben Ottomotoren die beliebteste Antriebsart. An der Spitze liegt China: Hier wählen fast 100 Prozent der Neuwagenkäufer einen Benziner. In den USA und Japan sind es jeweils ungefähr 75 Prozent. Noch treiben Motoren mit Saugrohreinspritzung mehr als jedes zweite neue Benzinfahrzeug an. Doch Downsizing wird immer beliebter und damit auch die effiziente und sparsame Benzin-Direkteinspritzung. Mit dem System sinkt der Kraftstoffverbrauch beim Downsizing um bis zu 15 Prozent. Gleichzeitig liefert das Auto dank Turboaufladung besonders bei niedrigen Drehzahlen mehr Drehmoment – und damit eine bessere Beschleunigung und mehr Fahrspaß.

Diesel

Etwa jeder zweite Neuwagen in der EU und Indien ist ein Diesel. Auch außerhalb dieser Kernmärkte wird der Selbstzünder immer beliebter. Ein Wachstumsmarkt sind beispielsweise die USA. Auch in Süd-Korea werden Selbstzünder immer beliebter. Die Vorteile kennen viele Europäer schon heute: Ein moderner Diesel verbraucht bis zu 25 Prozent weniger Kraftstoff als ein vergleichbarer Benziner und liefert bis zu 40 Prozent mehr Drehmoment.

Hybride und Elektroantriebe

In Japan hat schon fast jeder fünfte Neuwagen einen Hybridantrieb. Damit ist das Land weltweit klarer Vorreiter bei der Elektrifizierung. In wenigen Jahren werden die Zulassungen auch außerhalb Japans deutlich höher sein. Bosch prognostiziert für das Jahr 2020 einen weltwei-

ten Absatz von 6.5 Millionen Hybriden, 3.0 Millionen Plug-In-Hybriden sowie 2.5 Millionen Elektroautos (Basis: 113 Millionen verkaufte Fahrzeuge insgesamt im Jahr 2020).

Flex-Fuel

In Brasilien sind diese Antriebe, die sowohl mit Benzin als auch mit Alkohol (Ethanol) fahren können, am weitesten verbreitet. Zweitgrößter Markt für die Technologie sind die USA. Moderne Motorsysteme können sowohl reines Ethanol als auch ein beliebiges Ethanol-Benzin-Gemisch verbrennen. Autofahrer sind somit unabhängiger: Sie haben mit einem solchen Flex-Fuel-System die Chance, auf den günstigeren Kraftstoff auszuweichen.

Erdgas

Weltweit erfreut sich der Erdgas-Antrieb wachsender Beliebtheit. Seit zehn Jahren legen die Verkäufe weltweit um jährlich 25 Prozent zu. In Südkorea haben Erdgas-Fahrzeuge schon heute einen Marktanteil von elf Prozent. Erdgas ist bis zu 50 Prozent günstiger als Benzin und kann die CO_2-Emissionen um bis zu 25 Prozent reduzieren.

7.2 Anteile Neufahrzeuge nach Treibstoffart in der Schweiz

Die Schweiz weist ein ähnliches Bild auf wie die EU. Rund 40% der Neufahrzeuge sind aktuell (2016) Dieselfahrzeuge. Neue alternative Antriebe spielen im Moment noch eine untergeordnete Rolle.

Treibstoffart	1990	2000	2010	2015	2016	
					Anzahl Fz	Anteil %
Total PW Neuzul.	**322'974**	**314'482**	**296'597**	**327'143**	**319'331**	**100.0%**
Benzin	314'281	285'407	200'576	185'469	178'666	55.6 %
Diesel	8'479	28'983	90'547	127'899	125'595	39.3 %
Elektrisch	0	64	201	3'882	3'525	1.1 %
Hybrid	0	0	4'250	8'785	10'587	3.3 %
Übrige	214	28	1'023	1'108	958	0.3 %

Tabelle 3 Neufahrzeuge Schweiz nach Treibstoff

8 Gesetzliche Regelungen für Zulassungen und Verkehr

Verschiedene Länder haben aufgrund der aktuellen Entwicklungen (Klimawandel, Luft- und Gesundheitsbelastung, Dieselskandal) regiert und verschiedene Massnahmen ergriffen, welche die zukünftige Mobilität und die damit zusammenhängende Industrie stark beeinflussen werden.

8.1 CO_2-Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge

Analog zur EU hat die Schweiz im Jahr 2012 CO_2-Emissionsvorschriften für neue Personenwagen (PW) eingeführt. Dabei werden Schweizer Importeure verpflichtet, die CO_2-Emissionen der erstmals zum Verkehr in der Schweiz zugelassenen PW bis 2015 im Durchschnitt auf 130 Gramm pro Kilometer zu senken.

Jeder Importeur hat eine für seine Neuwagenflotte spezifische CO_2-Zielvorgabe einzuhalten. Wenn die CO_2-Emissionen pro Kilometer die Zielvorgabe überschreiten, wird seit dem 1. Juli 2012 eine Sanktion fällig.

Grundsätzlich gilt bis voraussichtlich 2019 weiterhin der durchschnittliche Zielwert von 130 g/km. Zudem wird ein neues, realitätsnäheres Messverfahren für die Verbrauchs- und CO_2-Werte (WLTP) von der EU übernommen werden. Dadurch werden realistischere CO_2-Messwerte erzielt und die effektive Massnahmenwirkung verstärkt.

Per 2020 ist im Rahmen des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie 2050 die Anpassung des Zielwerts für Personenwagen auf 95 g CO_2/km sowie die Einführung eines neuen Zielwerts von 147 g CO_2/km für Lieferwagen und leichte Sattelschlepper vorgesehen.

Die Beratungsfirma PA Consulting hat die voraussichtlichen Strafzahlungen je Hersteller berechnet. Dabei wurden die voraussichtlichen Neuwagenverkäufe und die abzusehende Entwicklung der Flottenzusammensetzung je Hersteller berücksichtigt. Auch die unterschiedlichen Ziele je Hersteller sind entsprechend eingeflossen.

Prognose CO2-Emissionen je Fahrzeughersteller *(Quelle PA Consulting)*

	durchschnittliche CO2-Emissionen					*Preis pro Gramm*	95 €
	Ist	**Abschätzung**	**Ziel p. Hersteller**	**Abweichung**		**Anzahl Fz**	**Kosten/Strafen**
Hersteller	2016	2021	2021	**zum Ziel**	**Kosten pro Fz**	in Stk	in Euro
Volvo	119.2	83.1	103.5	-20.4	- €	300'000	- €
Toyota	105.5	83.5	94.3	-10.8	- €	1'000'000	- €
Jaguar Land Rover	150.0	130.9	132	-1.1	- €	200'000	- €
Renault-Nissan	109.7	91.4	92.1	-0.7	- €	2'000'000	- €
Daimler	124.7	102.1	100.7	1.4	133 €	1'000'000	133'000'000 €
PSA	110.3	95.6	92.6	3	285 €	2'500'000	712'500'000 €
Ford	120.0	96.1	93	3.1	294 €	1'500'000	441'750'000 €
Hyundai-Kia	124.4	94.9	91.7	3.2	304 €	1'000'000	304'000'000 €
Volkswagen	120.0	100.3	96.3	4	380 €	4'500'000	1'710'000'000 €
BMW	121.4	104.7	100.3	4.4	418 €	1'500'000	627'000'000 €
FCA	120.0	101.2	91.1	10.1	960 €	1'000'000	959'500'000 €

Tabelle 4 Prognose CO_2 Strafen

Gemäss dieser Studie fallen für verschiedene Hersteller Zahlungen im 3-stelligen Millionenbereich an. Diese Kosten werden voraussichtlich den Konsumenten weiterverrechnet.

Darüber hinaus werden in der EU bereits neue Vorschriften diskutiert. Die zuständige EU-Kommission schlägt schärfere Kohlendioxid-Grenzwerte für Autos vor. Ab 2022 soll es dann nach der zuletzt debattierten Vorlage der Kommission bis 2030 noch einmal um 30 Prozent nach unten gehen. Für 2025 wird ein Etappenziel von minus 15 Prozent anvisiert. Über die Zahlen und Details wurde bis zuletzt gestritten. Details werden zeitnah kommuniziert werden.

8.2 Vorschriften zu Fahrzeugzulassungen

Neben den CO_2-Emissionsvorschriften haben verschiedene Länder Zulassungsvorschriften definiert, welche zukünftig einen starken Einfluss auf die Fahrzeugmärkte und somit direkt auf die Hersteller haben. In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten Vorschriften zusammengefasst.

Land	Jahr	Massnahme
China	2018	Im Jahr 2016 kündigte das Industrieministerium an, strikte Quoten für den Absatz von Elektromotoren einzuführen. **Ab 2018** müssten Hersteller demnach 8 % ihrer in China abgesetzten Fahrzeuge mit Elektromotor absetzen. Diese Quote soll jährlich gesteigert werden auf 12 % ab 2020.
Norwegen	2025	Norwegen zählt zu den Leitmärkten für Elektromobilität. Es ist gesetzlich verfügt, dass ab **2025** alle neu zugelassenen privaten Pkw, Busse und leichten Lastwagen "Nullemissionsfahrzeuge" sein müssen. Der Verbrennungsmotor ist damit faktisch verboten. Bereits heute sind ein Viertel aller Neuzulassungen Elektrofahrzeuge. Die Regierung setzte mehrere Anreize für den Kauf von Elektrofahrzeugen: Käufern werden die 25 % Mehrwertsteuer erlassen und die einmalige Abgabe der Regierungssteuer entfällt. Darüber hinaus geniessen Fahrer von Elektroautos verschiedene Privilegien im Stadtverkehr.
Niederlande	2025	Das Parlament in den Niederlanden hat im März 2016 beschlossen eine Strategie zu entwickeln, ab **2025** nur noch rein elektrische Neuwagen zu erlauben. Mit einem Aktionsplan soll der Übergang bis dorthin gestaltet werden. Neben finanziellen Anreizen durch den Staat verfügt das Land über eine sehr gute Ladeinfrastruktur: Es gibt 5'200 öffentliche und 5'850 halböffentliche Ladestationen (zum Vergleich: 4'800 Ladestationen in Deutschland).
Grossbritannien	2040	Am 26. Juli 2017 wurde bekannt, dass ab **2040** keine Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor verkauft werden sollen. In London dürfen dann auch keine mehr gefahren werden. Ziel ist es bis 2050 vollständig emissionsfrei den Verkehr zu gestallten.
Frankreich	2040	Frankreich gibt seine Pläne für ein Verbot von Diesel- und Benzinautos ab 2040 bekannt. Frankreichs Umweltminister Nicolas Hulot möchte, dass in Frankreich ab **2040** keine Autos mit Verbrennungsmotor verkauft werden dürfen.
Schweiz	??	??

8.3 Umweltzonen in Europa

Feinstaubalarm ist in Großstädten allgegenwärtig. Einige europäische Städte wollen nun dagegen steuern: Für bessere Luftqualität werden immer mehr plakettenpflichtige Umweltzonen eingeführt, sogenannte LEZ (Low Emission Zones). Eine Umweltzone ist ein geographisch definiertes Gebiet – meist in städtischen Ballungsräumen –, in dem der Betrieb nicht als schadstoffarm gekennzeichneter Kraftfahrzeuge verboten ist, was der Verbesserung der lokalen Luftqualität dienen soll. Daneben gibt es den Begriff der Null-Emissions-Zone (NEZ), in der zum Beispiel nur Elektrofahrzeuge erlaubt sind.

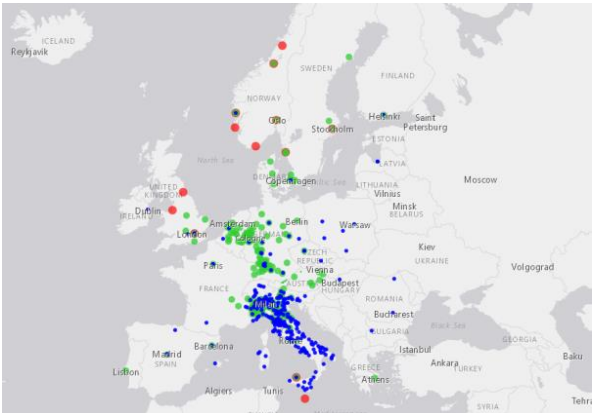


Abbildung 14 Umweltzonen Europa

Deutschland

Umweltzonen wurden in Deutschland bisher (April 2017) in 55 Städten und Regionen in 11 Bundesländern eingeführt. Die Kraftfahrzeuge, die die Umweltzonen befahren und nicht unter die Ausnahmebestimmungen fallen, müssen eine Feinstaubplakette der entsprechenden Schadstoffklasse aufweisen.

Belgien

Umweltzone in Antwerpen und Brüssel. Nur Fahrzeuge, die die Abgasnorm einhalten oder eine vorübergehende, kostenpflichtige Zulassung haben, dürfen in diese Zone fahren. Betroffen sind im ersten Schritt Dieselfahrzeuge der Euronorm 3 (ohne Rußpartikelfilter) und älter.

Grossbritannien

Die britische Hauptstadt London hat mit Wirkung ab 4. Februar 2008 eine Umweltzone für fast ganz Greater London eingerichtet und hat damit die größte derartige Zone in der Welt. Ausgenommen von der LEZ sind Fahrzeuge unter einem Gewicht von 1,205 Tonnen. Vor der Einfahrt in eine LEZ muss das Fahrzeug online registriert werden. Die Zonen werden von Kameras überwacht. Darüber hinaus muss die geforderte Abgasnorm erfüllt werden. Die Gebühr richtet sich nach dem Fahrzeugtyp. Für ein Wohnmobil zwischen 2,5 und 3,5 Tonnen beträgt sie 100 Pfund für 24 Stunden.

In der ost-englischen Stadt Norwich wurde zum 30. Juli 2008 eine Umweltzone eingerichtet. Ab 1. April 2010 dürfen Busunternehmen mit Sitz in Norwich nur noch mit Euro-3-Bussen fahren, bei allen anderen Busunternehmen müssen 50 % der Fahrzeuge den Euro-3-Standard erfüllen, wenn sie in die Umweltzone fahren wollen.

Frankreich

In einigen Städten und Regionen in Frankreich gibt es seit dem 1. Juli 2016 Umweltzonen, die sogenannten Zones à Circulation Restreinte. Diese Zonen umfassen hauptsächlich Städte beziehungsweise Ballungsgebiete mit besonders hohen Feinstaubwerten. Schrittweise wollen weitere französische Städte diese NEZ einführen. Befahren werden dürfen sie auch von ausländischen Fahrzeughaltern nur mit der richtigen Umweltvignette, dem Certificat qualité de l’air (Crit'Air).

Italien

In Italien gibt es mehrere sogenannte "zona traffico limitato" (ZTL) in verschiedenen Städten wie Bologna, Florenz, Genua, Mailand, Neapel, Pisa, Rom und Verona. Diese Zonen sollen Stau und Umweltverschmutzung vermeiden und sind mit einem Fahrverbotsschild gekennzeichnet.

Niederlande

In zahlreichen Städten der Niederlande wurden Umweltzonen eingerichtet. Die Beschränkungen gelten meist nur für LKW. Die Fahrzeuge werden nicht mit einer Plakette gekennzeichnet, sondern die Schadstoffgruppe kann über das amtliche Kraftfahrzeugkennzeichen ermittelt werden.

In Rotterdam müssen Benziner unter 3,5 t seit 2013 mindestens die Euro-1-Norm erfüllen, Diesel-Fahrzeuge mindestens Euro 3. Ab 2018 ist hier bei Diesel-Pkw die Einhaltung der Euro-4-Norm Pflicht. In Utrecht dürfen seit 2015 nur Diesel-Fahrzeuge fahren, die zumindest einen Euro-3-Motor haben. In Amsterdam gilt für Fahrzeuge mit Dieselmotor seit 2016 eine Mindestanforderung von Euro 3, ab 2018 Euro 4. Dann gelten auch Beschränkungen bei Pkw mit Ottomotor, Taxis, Reisebussen und Mopeds.

Schweden

In den Städten Göteborg, Helsingborg, Lund, Malmö, Mölndal und Stockholm wurden Umweltzonen eingerichtet. Diese sehen Beschränkungen ausschließlich für LKW und Busse über 3,5 t vor.

Dänemark

In Dänemark existieren Umweltzonen. Diese betreffen aber nur Fahrzeuge über 3,5 t.

Schweiz

??

Diese Zusammenstellung zeigt, dass der politische Druck auf den Verkehr zugenommen hat. Es ist davon auszugehen, dass solche gesetzlichen Regelungen vermehrt erlassen und Einschränkungen oder Bevorzugungen einzelner Antriebsarten häufiger werden.

9 Lieferantenstrategien

9.1 Einflüsse auf die Strategie der Fahrzeuglieferanten

Die im Kapitel 8 beschriebenen neuen Gesetze und Regelungen sind vor allem durch folgende Thematiken nötig geworden:

- Klimawandel (2 Grad Ziel)
- Gesundheit (erhöhte Schadstoffbelastung und Lärm v.a. in den Städten)
- Bevölkerungswachstum (z.T. permanente Verkehrsüberlastungen und Platznot)

Zusätzlich ermöglichen die Entwicklung der Informatik, die Vernetzung (Internet der Dinge) und die Möglichkeit der Verarbeitung von riesigen Datenmengen (Big Data) zukünftig das selbständig fahrende Auto und einfachere Möglichkeiten Fahrzeuge zu teilen (Sharing).

Diese Thematiken und Trends führen dazu, dass die Fahrzeugindustrie heute vor ihrer grössten Änderung der letzten 50 Jahre steht. Viele sprechen bereits von einer industriellen Revolution welche nötig ist, um die anstehenden Herausforderungen zu meistern. Dabei müssen die Hersteller vor allem die Themen

- Elektrische Antriebe (Null-Emissions-Fahrzeuge)
- Selbstfahrendes Auto
- Sharing

in den Griff bekommen. Damit dies gelingt müssen sie sich faktisch neu erfinden und sich vom reinen Fahrzeugproduzenten zum Mobilitätsanbieter entwickeln. Dies bedingt, dass die Produzenten ihre Strategien neu zu definieren, neue Geschäftsmodelle entwickeln und Fertigungsstrassen neu aufzubauen müssen was zu immensen Investitionen führen wird.

9.2 Beispiele von Lieferantenstrategien

Nachstehend ein kurzer Auszug aus einer Auswahl von aktuellen Strategien von Fahrzeugherstellern. Diese sind im Informationsgehalt sehr unterschiedlich, zeigen aber, dass der Stand bei den einzelnen Unternehmungen noch stark variiert.

Daimler
Mobilität wird sich in Zukunft fundamental verändern. Unsere Fahrzeuge werden zunehmend vernetzt, elektrisch und autonom. Gleichzeitig lösen wir uns immer mehr von starren Besitzmodellen.

Um diesen Wandel von der Spitze aus zu gestalten, wollen wir unser globales Kerngeschäft weiter stärken und profitabel wachsen. So schaffen wir die Basis für die erfolgreiche Erschließung neuer Geschäftsmodelle rund um die CASE-Themen. CASE steht bei Daimler für die Zukunftsthemen Vernetzung (Connected), autonomes Fahren (Autonomous), flexible Nutzung (Shared & Services) und elektrische Antriebe (Electric). Jedes einzelne dieser Themen hat das Potenzial, die gesamte Branche auf den Kopf zu stellen. Die wahre Revolution liegt aber in deren intelligenter Verknüpfung. Genau daran arbeitet Daimler.

Connected, Autonomous, Shared & Services und Electric (CASE): Wir wollen in jedem einzelnen Feld führend sein und zusätzliche Potenziale aus der Verknüpfung der vier Felder schöpfen. In den nächsten Jahren investieren wir allein bei Mercedes-Benz Cars 10 Mrd. € in den Ausbau unserer Elektro-Flotte und führen bis 2022 mehr als 10 neue Elektrofahrzeuge ein. Seit Juli 2017 fertigen wir als erster Hersteller Elektro-Lkw für den Verteilerverkehr in Kleinserie. 2018 folgen Elektro-Bus und Transporter. Unsere Transportersparte entwickelt sich vom reinen Fahrzeughersteller zum Anbieter integrierter Logistiklösungen. Die Digitalisierung und Vernetzung treiben wir auch bei Daimler Trucks kontinuierlich voran. Mit Fleetboard sind wir Pionier bei der intelligenten Vernetzung von Fahrer, Fuhrpark und Auftrag. Und Daimler Financial Services will seine marktführende Stellung bei innovativen Mobilitätdienstleistungen weiter ausbauen.

Volkswagen
Fundamentale Fragen bedürfen visionärer Antworten. Mit dem Zukunftsprogramm „TOGETHER – Strategie 2025“ hat Volkswagen den größten Veränderungsprozess seiner Geschichte eingeleitet. Die übergeordnete Vision lautet, zu einem weltweit führenden Anbieter nachhaltiger Mobilität zu werden. Der Weg dorthin soll von einem gemeinschaftlichen Miteinander und einem Austausch auf Augenhöhe geprägt sein. Denn: Eine neue Zeit verlangt nach neuen Formen der Zusammenarbeit.

Das Ziel der Konzerninitiative 2: Unter Berücksichtigung der Unternehmensziele und der CO_2-Compliance ein zukunftsorientiertes Fahrzeug- und Antriebsportfolio zu entwickeln. Bis 2020 soll zunächst – bei gleichzeitigem Ausbau elektrifizierter Modelle – das Angebot im wachsenden SUV-Segment um mehr als 20 Modelle erweitert werden. Bis 2025 steht die Entwicklung von mehr als 30 neuen E-Fahrzeugen im Fokus. Gleichzeitig will Volkswagen das konventionelle Portfolio konsequent und marktspezifisch konsolidieren.

BMW

Konsequente Fokussierung auf das Premium-Segment.

Die BMW Group ist der einzige Hersteller von Automobilen und Motorrädern weltweit, der sich mit allen Marken ausschließlich auf das Premium-Segment konzentriert.

Zielbild.

Wir sind Number ONE.

Wir begeistern Menschen in Bewegung:

Wir gestalten die INDIVIDUELLE PREMIUM-MOBILITÄT von morgen.

Volvo

Unsere Vision ist, dass bis 2020 niemand mehr in einem neuen Volvo ums Leben kommt oder schwer verletzt wird.

Als erster namhafter Autobauer hat Volvo angekündigt, schon in zwei Jahren keine neuen Modelle mehr mit reinem Verbrennungsmotor auf den Markt zu bringen. Die Schweden läuten damit den endgültigen Ausstieg aus der Benzin- und Dieseltechnologie ein. Alle Modelle, die ab 2019 neu auf den Markt kommen, werden entweder komplett elektrisch angetrieben oder sind sogenannte Hybridfahrzeuge, die sowohl mit einem Verbrennungs- als auch mit Elektromotor ausgestattet sind.

Renault (Drive the future 2017 – 2022)

Der Strategieplan der Renault Gruppe hat folgende Kernziele:

- Über EUR 70 Milliarden1 Umsatz
- Operative Marge von über 7 Prozent, was einem Wertzuwachs von 50 Prozent entspricht, wobei die Untergrenze für die Dauer des Plans bei 5 Prozent liegt
- Positiver Free Cashflow in jedem Jahr
- Monozukuri-Einsparungen von EUR 4,2 Milliarden über den gesamten Plan hinweg
- Investitionen von EUR 18 Milliarden in Forschung und Entwicklung
- Verkaufsziel von 5 Millionen Fahrzeugen, was einer Verdoppelung des aussereuropäischen Absatzes entspricht
- Führungsrolle im Bereich Elektrofahrzeuge (EV): 8 rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge, 12 Hybridmodelle
- 100 Prozent vernetzte Fahrzeuge in Schlüsselmärkten und 15 autonom fahrende Renault Fahrzeuge

10 Wichtigste Treiber und Schlussfolgerungen

Der wichtigste Treiber im Umfeld der Mobilität ist der Klimawandel. Dies zeigen einerseits die neuen Gesetze und Regelungen welche in den letzten Jahren eingeführt wurden. Direkt darauf ausgerichtet wurden auch die Strategien der Fahrzeughersteller. Der Direktor von Auto Schweiz (s.a. unten) bezeichnet das CO_2 sogar als neue Währung.

Dies bedeutet, dass vor allem der CO_2-Ausstoss wie aber auch der übrige Schadstoffausstoss zukünftig noch stärker berücksichtigt werden wird und sich vor allem Antriebe durchsetzen werden, welche hier entsprechende Verbesserungen bringen können.

10.1 Vergleich Schadstoffe je Antriebssystem

Die nachfolgenden Zusammenstellungen geben einen Überblick über die Emissionen je Fahrzeugantrieb. Dabei wird einerseits unterschieden zwischen den Emissionen nur während des Betriebes und den Emissionen Well to Wheel welche die Emissionen von der Produktion bis zum Betrieb berücksichtigen. Die Auswertungen stammen alle aus offiziellen Quellen (EMPA, PSI, IG Metall).

10.1.1 CO_2-Emission Well to Wheel

Bei der Well to Wheel Betrachtung werden sämtliche Emissionen welche von der Produktion bis zum Betrieb anfallen berücksichtigt. Die nachfolgende Tabelle bietet einen Überblick der Treibhausgasemissionen je Antriebsart.

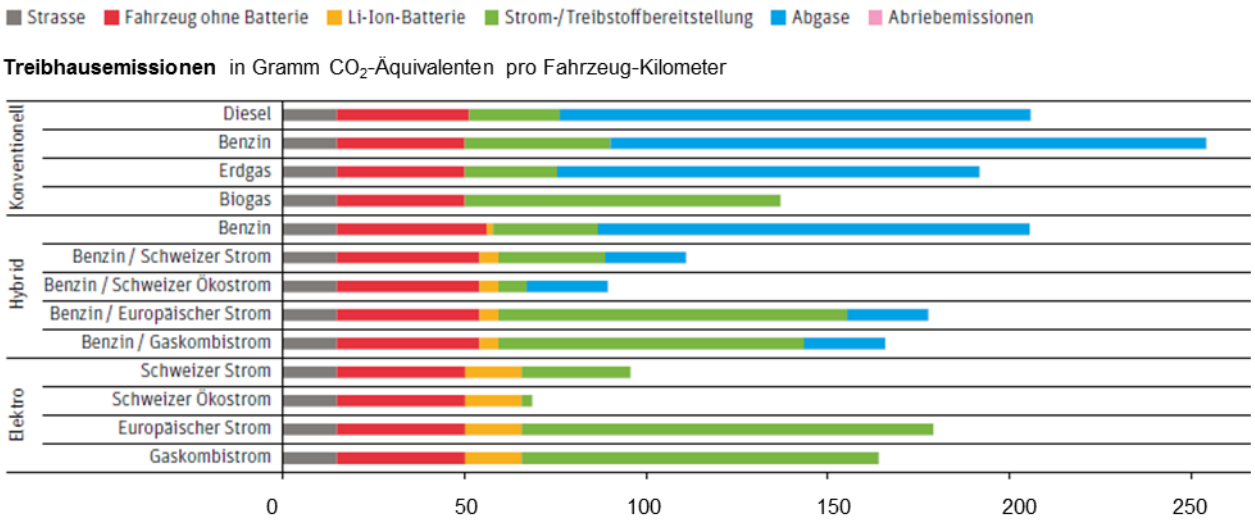


Abbildung 15 CO_2 Emissionen je Treibstoffart

<u>Elektrofahrzeuge</u>
Es kann festgehalten werden, dass das Elektrofahrzeug, sofern der Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, aus CO_2 Sicht die beste Lösung ist. Da bei der Verwaltung des Kantons Bern nur Strom aus erneuerbaren Quellen gekauft wird, wären die Voraussetzungen für Elektrofahrzeuge optimal.

<u>Plug-In Hybride</u>
Die Plug-In Hybride sind aus CO_2-Sicht die zweitbeste Wahl. Aber auch hier muss sichergestellt sein, dass die Fahrzeuge mit erneuerbarem Strom aufgeladen werden.

<u>Gasfahrzeuge</u>
Gasfahrzeuge kommen ebenfalls noch als Alternativen zu den herkömmlichen Diesel oder Benzinfahrzeugen in Frage. Sobald reines Biogas verwendet wird, ist die Bilanz noch einmal besser. Zudem soll Gas zukünftig als Energiespeicher dienen. Das heisst, nachhaltig produzierter Strom wird in Gas umgewandelt und kommt danach in Ottomotoren zum Einsatz. Dies würde die Bedeutung von Gasfahrzeugen noch einmal deutlich steigern.

10.1.2 Vergleich CO_2, NO_x und PM je Antriebsart im Betrieb

Nachfolgend werden die Schadstoffe CO_2 – Kohlenstoffdioxid, NO_x - Stickoxid und PM - Feinstaub je Antriebsart verglichen.

	Elektrische Fahrzeuge			Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren		
	Elektro	*Plug-in-Hybrid*	*Brennstoffzelle*	*Gasfahrzeug*	*Dieselmotor*	*Benzinmotor*
CO_2 Kohlenstoffdioxid	Null (mit Grünstrom) Sehr gering (mit aktuellem Strommix)	mit Grünstrom 50% niedriger als nur Benzinmotor	Null (mit Grünstrom) Sehr Hoch (mit aktuellem Energiemix)	15 % niedriger als Dieselmotor	20% niedriger als Benzinmotor	Hoch
NO_x Stickoxid	Null (mit Grünstrom) Sehr gering (mit aktuellem Strommix)	sehr gering	Null (mit Grünstrom) Sehr Hoch (mit aktuellem Energiemix)	niedriger als Benzinmotor	Hoch (aber reduziert durch Katalisator)	Gering
PM Feinstaub	Null (mit Grünstrom) Sehr gering (mit aktuellem Strommix)	niedriger als Benzinmotor	Null (mit Grünstrom) Sehr Hoch (mit aktuellem Energiemix)	sehr niedrig	Hoch (aber reduziert durch Filter)	Niedrig (aber aktuelle Messungen zeigen zu hohe Werte)

Abbildung 16 Vergleich Emissionen je Antrieb

Der Vergleich zeigt, dass bei den Verbrennungsmotoren einzig das Gasfahrzeug eine Alternative zu den elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ist.

Dies bedeutet aber nicht, dass der Verbrennungsmotor verschwinden wird. Vor allem beim Schwerverkehr wird der Verbrennungsmotor mittelfristig nur schwer zu verdrängen sein. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass zukünftig mehr Zusätze von Bio- und synthetisch hergestellten Treibstoffen zum Einsatz kommen. Dies vor allem auch aufgrund der Verpflichtung der Kraftstoffimporteure zur Emissionsreduktion.

10.2 Voraussichtliche Entwicklung Neuwagenzulassung

Nachfolgend eine Grafik, welche eine mögliche Entwicklung der Neuwagenzulassungen in der Schweiz aufzeigen soll. Die Abschätzungen wurden aufgrund der zusammengetragenen Erkenntnisse aus diesem Bericht erstellt.

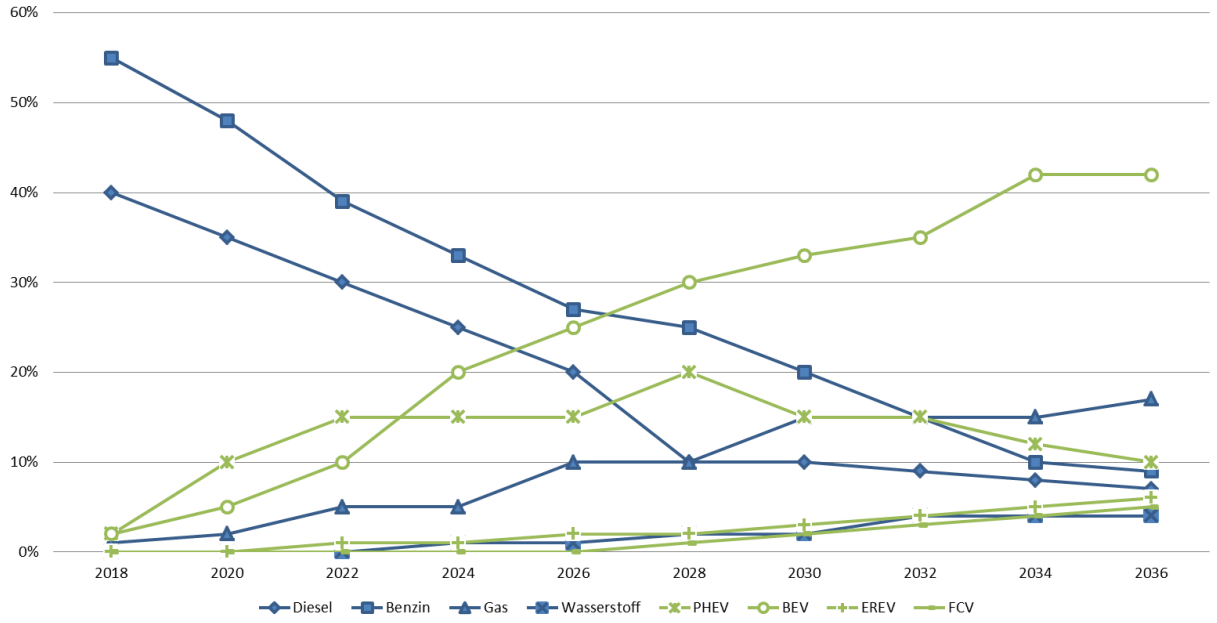


Abbildung 17 Entwicklung Neufahrzeugzulassung nach Antrieb

Die aufgezeigte voraussichtliche Entwicklung der Neuwagenzulassung begründet sich auf folgenden Überlegungen.

Verbrennungsmotoren allgemein
Die aktuell eingesetzten Verbrennungsmotoren wurden über viele Dekaden entwickelt. Effizienzsteigerungen welche massgeblich den Schadstoffausstoss reduzieren würden sind aus heutiger Sicht nicht mehr oder nur noch in geringem Masse vorhanden.

Verbrennungsmotoren haben immer einen hohen Verlust der Effizienz zur Folge, da Verbrennung immer mit Wärme und somit mit Energieverlust einhergeht. Die Effizienz der Verbrennungsmotoren liegt zwischen 15 und maximal 30%. Dies bedeutet, dass nicht einmal 1/3 der erzeugten Energie in Bewegung umgesetzt wird.

Ottomotor (Benzin u. Gas)
Es wird davon ausgegangen, dass reine Benzinfahrzeuge aufgrund der Rahmenbedingungen stark rückläufig sein werden. Der Ottomotor könnte aber zukünftig vermehrt mit Benzin mit höheren Biotreibstoffbeimischungen betrieben werden. Dazu müssen die Motoren aber noch weiter entwickelt werden. Zudem ist das Potenzial von Biotreibstoffen nicht allzu gross.

Das grösste Potenzial für den Einsatz von Ottomotoren ist der Einsatz in Zusammenhang mit Gasprodukten. Nur der Betrieb mit Gas bietet die Möglichkeit, die aktuellen Euro-Normen ohne grosse Nachbehandlung der Abgase einzuhalten. Zum Beispiel Gas, welches aus Strom aus erneuerbaren Quellen produziert wird (Power to gas). Damit würde das Gas als Energiespeicher dienen. Aber auch hier sind noch Entwicklungsschritte nötig.

Die Zulassung der Ottomotoren wiederspiegelt sich in der Kurve der Gasfahrzeuge und der Kurve der Benzinfahrzeuge. Aus heutiger Sicht hat der Ottomotor mit Gasbetrieb das grösste Potenzial bei den Verbrennungsmotoren.

Dieselmotor
Auch bei Fahrzeugen mit Dieselmotor wird davon ausgegangen, dass reiner Dieselbetrieb zukünftig die Ausnahme sein wird. Hier gibt es ebenfalls noch Potenzial mit erhöhten Beimischquoten von Biodiesel. Zudem können die Motoren auf rein synthetische Treibstoffe angepasst werden. Das Potenzial ist aber ebenfalls beschränkt und die Entwicklung noch nicht genügend weit fortgeschritten.

Bio-Treibstoffe
Biotreibstoffe sind Nischenprodukte und keine echte Alternative zu fossilen Treibstoffen. Nur die zweite Generation - also Treibstoffe aus Abfällen - ist ethisch und ökologisch vertretbar. Zum Teil sind sie nicht kompatibel mit moderner Motorentechnik, so dass Motoren entsprechen angepasst werden müssen. Zudem ist das Potenzial beschränkt. Der Aufwand für die Produktion und Bereitstellung ist noch hoch. Entsprechende Produktionsanlagen werden nicht vor 2025 erwartet.

Elektromotor allgemein
Aufgrund der aktuellen politischen und gesetzgebenden Entwicklungen, dem Umdenken in der Gesellschaft und dem technischen Fortschritt der alternativen Antriebssysteme ist davon auszugehen, dass vor allem der elektrische Antrieb deutlich an Bedeutung gewinnen wird.

Dies vor allem darum, weil nur der elektrische Antrieb überhaupt eine deutliche Reduktion der CO_2- und Schadstoffemissionen ermöglicht und deshalb auch mittels Gesetzen und Rahmenbedingungen gefördert werden wird.

Energieeffizienz
Aufgrund des steigenden Energiebedarfs wird die Energieeffizienz immer wichtiger. Die produzierte Energie muss möglichst ohne Verluste zum Einsatz gebracht werden. Der grösste Vorteil des Elektromotors ist seine Effizienz. Hier ist der elektrische Antrieb unschlagbar. Da beim Elektromotor im Betrieb praktisch kein Verlust in Wärme zu verzeichnen ist, bringt der elektrische Antrieb fast die gesamte Energie auf die Strasse (70 – 90%). Im Gegensatz zum Verbrennungsmotor wo lediglich zwischen 15 – 30% der Energie effektiv in Bewegung umgewandelt wird.

Elektroauto (BEV)
Reine Elektrofahrzeuge werden in den nächsten Jahren die stärkste Zunahme bei den Neuwagenzulassungen erfahren. Dies vor allem darum weil die beiden Hauptkritikpunkte weggefallen.

Kritikpunkt 1 – Reichweite: Ein Grund welcher immer wieder vorgeschoben wird ist die Reichweite der reinen Elektrofahrzeuge. Hier ist die Entwicklung der Batterien und somit der Energiespeicher bei weitem noch nicht abgeschlossen. Heutige Fahrzeuge erreichen bereits Reichweiten von über 400 km. Dies reicht problemlos um den grössten Teil der gefahrenen Strecken abzudecken. Heute geht man davon aus, dass sich diese Reichweite in den nächsten 5 Jahren verdoppeln lässt.

Kritikpunkt 2 – Ladezeiten: Die Batterie im Elektrofahrzeug muss jeweils an einer Steckdose geladen werden. Je nach Batteriekapazität und Ladestärke variiert dabei die Ladezeit sehr stark. Hier sind aber ebenfalls starke Entwicklungen im Gang. Dabei sollen einerseits die Netzgeräte der Fahrzeuge verbessert werden und andererseits die Ladeleistungen an den öffentlichen Ladestationen vervielfacht (bis 7x) werden. Dies würde bedeuten, dass ein Fahrzeug für eine 80% Ladung anstelle von 30 Min nur noch 5 Min benötigt. Die entsprechende Infrastruktur soll bis 2025 aufgebaut sein.

Plug-in-Hybrid
Eine Zunahme in den Neufahrzeugzulassungen wird es in den nächsten Jahren auch bei den Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV / EREV) geben. Dies ist darin begründet, dass die Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge als Übergangstechnologie zu den reinen Elektrofahrzeugen gelten.

Es wird aber auch davon ausgegangen, dass sich dieser Trend eher abflachen und allenfalls sogar zurückgehen wird. Dies vor allem darum, weil bei diesen Fahrzeugen zwei Technologien verbaut sind, was die Fahrzeuge gegenüber reinen Elektrofahrzeugen teuer macht.

Brennstoffzellenfahrzeug
Die Voraussetzung eines breiten Einsatzes von Brennstoffzellenfahrzeugen ist die Produktion und Verteilung von Wasserstoff. Der Aufbau dieser Infrastruktur ist enorm kostenintensiv, da Wasserstoff erhöhte Anforderungen an Lagerung und Betankung stellt. Aktuell gibt es nur wenige Versuchsanalgen in der Schweiz. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass Brennstoffzellenfahrzeuge höchstens langfristig (frühestens ab 2030) ein Thema sein werden. Zudem ist die Technologie zumindest aus heutiger Sicht eine teure Technologie.

Hersteller
Die Hersteller werden mittels Quoten und Zulassungsbeschränkungen faktisch dazu gezwungen, Fahrzeuge mit elektrischen Antireben anzubieten, ansonsten brechen grosse Absatzmärkte (z.B. China) weg. Dies bedeutet auch, dass eine Konkurrenzsituation entsteht, welche die Entwicklungen entsprechend vorantreiben wird.

Kosten
Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb sind heute bei den TCO-Kosten bei einer durchschnittlichen Kilometerleistung noch 1 – 3 Rp/km teurer als vergleichbare Konkurrenten mit Verbrennungsmotor. Der Unterschied ist aber in den letzten Jahren immer kleiner geworden, obwohl solche Fahrzeuge noch nicht am Massenmarkt etabliert sind. Bei hohen Kilometerleistungen ist das Elektrofahrzeug bereits heute günstiger.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich aufgrund er aktuellen Entwicklungen (v.a. Batterie) die Preise für Elektrofahrzeuge noch deutlich reduzieren werden. Im Gegensatz dazu werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren teurer, da immer aufwändigere Abgasnachbehandlungssysteme eingebaut werden müssen.

Die Preisparität wird in den nächsten drei Jahren erwartet und danach werden Elektrofahrzeuge in den Gesamtkosten (TCO) günstiger sein als herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

11 Verifizierung des Berichts

Damit die Ergebnisse aus dem Desk Research noch etwas untermauert werden, wurden verschiedene Gespräche mit Fahrzeuglieferanten, dem Direktor von Auto Schweiz und der EMPA geführt. Diese Gespräche dienen dazu, die Stossrichtungen der Automobilindustrie noch etwas besser einschätzen zu können. Nachfolgend werden diese Gespräche kurz zusammengefasst.

11.1 Gespräch mit BMW

Am 07. November 2017 fand mit dem Key Acounter von BMW Herr Stefan Inauen in Bern bei der Kapo ein Treffen zum Thema Strategie BMW statt. Teilnehmer von Seiten Kapo waren Jürg Coray, Chef Technik, Stefan Gilgen, Chef Flottenmanagement und Telekommunikation, Daniel Peter, Flottenmanagement, Hanspeter Wahlen, Flottenmanagement und Andreas Haruksteiner, ZBS Mobilität.

Herr Inauen bestätigte, dass die grössten Herausforderungen für BMW die bereits definierten und die anstehenden Schadstoffreduktionsvorschriften sind. Die CO2 Vorschriften von 95 g/km ab 2020 im Durchschnitt über die verkaufte Flotte, kann nur erreicht werden, wenn sogenannte Zero-Emission Fahrzeuge (Elektro) in grosser Zahl verkauft werden.

BMW hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, zukünftig alle Fahrzeugmodelle mit unterschiedlichen Antriebssträngen anbieten zu können. Somit könnte bei jedem Model zusätzlich zwischen (Verbrennungsmotor oder Elektromotor) ausgewählt werden. Als erstes soll per 2020 der BMW X3 als reines BEV angeboten werden. Weitere Modelle werden bis Ende 2021 folgen. Genauere Details sind aber noch nicht offiziell.

Zusätzlich neben der Elektrifizierung der Fahrzeuge hat Herr Inauen die geplanten Entwicklungen in Zusammenhang mit autonomen Fahrzeugen angesprochen. Bereits heute ist in verfügbaren Modellen ein teilautonomes Fahren möglich. Diese Entwicklungen werden weiter vorangetrieben.

Zudem wurde erwähnt, dass auch BMW davon ausgeht, dass sich das Mobilitätsverhalten zukünftig stark verändern wird und das gleiche Fahrzeug von unterschiedlichen Nutzern für unterschiedliche Einsatzzwecke gebraucht wird. Damit werden neue Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit Sharing nötig. BMW testet bereits heute mit DriveNow solche Geschäftsmodelle und stellt sich die Frage, wer zukünftig der Kunde ist.

11.2 Gespräch mit AMAG

Am 19. Dezember 2017 fand mit verschiedenen Vertretern der AMAG in Bern bei der Kapo ein Treffen zum Thema Strategie AMAG statt. Teilnehmer von Seiten AMAG waren

- Herr Sergio Calabrese, AMAG Import, Leiter Direct Sales und Fleetmanagement
- Maciej Tyblewski, AMAG Import, New Mobility Manager
- Hans Schenk, AMAG Retail, Grosskundenbetreuer

Teilnehmer von Seiten Kapo waren Jürg Coray, Chef Technik, Stefan Gilgen, Chef Flottenmanagement und Telekommunikation, Daniel Peter, Flottenmanagement, Hanspeter Wahlen, Flottenmanagement und Andreas Haruksteiner, ZBS Mobilität.

AMAG stellt ihre neue Organisationsstruktur vor und gibt einen Überblick über die geplanten neuen Fahrzeugmodelle in den nächsten 1 – 2 Jahren und einen Ausblick auf 2020.

Wichtigste Erkenntnisse:

- Das SUV Segment ist stark am Wachsen. AMAG geht sogar davon aus, dass dieses Segment zukünftig das Standardfahrzeug sein wird.
- Die Fahrzeuge werden tendenziell immer grösser
- Audi bringt bereits 2018 ein erstes selbstfahrendes Fahrzeug
- AMAG sieht eine Tendenz zu grösseren Batterien bei den Plug-in-Hybriden. Sie gehen davon aus, dass diese Fahrzeugkategorie neu eine rein elektrische Reichweite von 60-100 km haben werden
- VW will zukünftig alle Modelle mit unterschiedlichen Antrieben anbieten können (Verbrennungsmotor / Elektromotor und Gas). Dies bedeutet gleiches Chassis mit unterschiedlichem Antrieb (Baukastensystem).

- Audi forciert den e-Gas Antrieb. Das heisst, die Fahrzeuge werden mit einem Gasverbrennungsmotor ausgerüstet und Audi produziert die benötigte Menge CO_2 neutrales Gas (synthetisches Gas) und speist dies in das Erdgasnetz ein
- Problem sieht AMAG bei der Deklaration der CO_2-Verbräuche. Hier ist man in Gesprächen mit dem ASTRA. AMAG geht davon aus, dass neu bei den Neufahrzeugen nicht mehr ein Wert sondern ein Range angegeben wird.
- Aufgrund der erhöhten Anforderungen an die Abgasnachbehandlung werden die Preise, vor allem der Dieselfahrzeuge steigen.
- Bei den VW Nutzfahrzeugen wird weiterhin vor allem auf den Dieselmotor gesetzt. Der Benzinmotor fällt weg.
- AMAG geht davon aus, dass die Entwicklung von Wasserstoff/Brennstoffzellen-Fahrzeugen noch länger dauern wird. Dies vor allem aufgrund der fossilen Herstellung von Wasserstoff was einen viel zu hohen CO_2-Ausstoss mit sich bringt.

11.3 Gespräch mit Auto Schweiz (Herr Andreas Burgner)

Am 15. Dezember 2017 fand mit dem Direktor von Auto Schweiz Herr Andreas Burgener bei der Kapo ein Treffen zum Thema Strategie Automobilindustrie mit.

Teilnehmer von Seiten Kapo waren Jürg Coray, Chef Technik, Stefan Gilgen, Chef Flottenmanagement und Telekommunikation, Daniel Peter, Flottenmanagement, Hanspeter Wahlen, Flottenmanagement und Andreas Haruksteiner, ZBS Mobilität.

Herr Burgener bestätigt, dass für die Fahrzeughersteller und –importeure zurzeit ein schwieriges Umfeld ist. Dabei ist vor allem in Europa der wichtigste und somit Haupttreiber die CO_2-Problematik. Er bezeichnet das CO_2 dabei als neue "Währung". Dies heisst auch, dass vor allem dieses Thema zukünftig viel stärker in Entscheidungen berücksichtigt werden sollte. Für Herr Burgener sind die neuen CO_2-Vorschriften (95 g/km) ein wichtiger Zeitpunkt für neue Entwicklungen. Er bestätigt auch, dass dieser Wert von den Herstellern nur erreicht werden kann, wenn der Neuwagenanteil an sogenannten "Zero-Emission-Fahrzeugen" relevant gesteigert wird.

Herr Burgener sieht die Elektromobilität als eine mögliche Variante. Er sieht auch Möglichkeiten mit der Entwicklung der Gastechnik (Power to Gas) und allenfalls dem Brennstoffzellenantrieb. Wobei hier das grösste Problem die Infrastruktur bleibt. Den Plug-in-Antrieb sieht Herr Burgener auf Grund der Kosten als Überganslösung. Er kann aber nicht genau abschätzen, wohin die Reise führen wird da diese auch eine Philosophie Frage ist.

Den Schlüssel für den Durchbruch der einen oder anderen Antriebsart sieht er vor allem auch bei den Fahrzeugflotten der Firmen.

Wichtig bei der Definition der benötigten Antriebssysteme sind aus seiner Sicht das Einsatzprofil und die entsprechenden Kilometerleistungen. Bei der Definition der Fahrzeugstrategie sollten die Einsätze kategorisiert werden und je Einsatz die optimale Antriebsart ausgewählt werden.

Wichtigste Erkenntnisse:

- CO_2 ist eine neue Währung auf welche der Fokus zukünftig noch stärker ausgerichtet wird
- Es wird einen Mix von verschiedenen Antriebsarten geben
- Grundsätzlich keine neuen Erkenntnisse

11.4 Gespräch mit EMPA

Am 20. Dezember 2017 fand mit dem Nachhaltigkeitsdelegierten der EMPA, Herr Marcel Gauch bei der Kapo ein Treffen zum Thema "Mobilitätsstrategie – Meinung der Forschung aus einer längerfristigen Nachhaltigkeitsperspektive" statt.

Teilnehmer von Seiten Kapo waren Jürg Coray, Chef Technik, Stefan Gilgen, Chef Flottenmanagement und Telekommunikation, Daniel Peter, Flottenmanagement, Hanspeter Wahlen, Flottenmanagement, Bernhard Gutmann, Motorfahrzeugbetriebe und Andreas Haruksteiner, ZBS Mobilität.

Die EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt) ist ein Teil der ETH. Sie erarbeitet zukunftsfähige Lösungen auf verschiedenen Gebieten und versucht Wege in eine lebenswerte Zukunft für künftige Generationen aufzuzeigen und zu entwickeln.

Eines der Forschungsgebiete ist auch die Antriebstechnologie, in welchem bereits verschiedene Lösungen erarbeitet wurden, welche heute breit im Einsatz sind.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsforschung werden neue Lösungsansätze untersucht und die verschiedenen Möglichkeiten miteinander verglichen und aufgezeigt, welche Lösungen am sinnvollsten sind.

Herr Gauch bestätigt, dass die Inhalte des Berichts aus seiner Sicht sehr umfassend und vollständig sind.

Aufgrund seiner Forschungen ist er zudem überzeugt, dass die Zukunft der Antriebe elektrisch ist. Dies vor allem wegen der Effizienz des Elektromotors.

Es gibt aus heutiger Sicht keine andere Technologie, welche auch nur in die Nähe der Effizienz des Elektromotors kommt und auch keine andere Technologie welche das Potential hat den CO_2-Ausstoss in einem ähnlichen Mass zu reduzieren. Den Einsatz von Gasmotoren erachtet er klar als Umweg und generell macht auf langfristige Sicht der Einsatz von Verbrennungsmotoren keinen Sinn mehr.

Aus seiner Sicht ist bei der Elektrifizierung der Antriebe das Hauptproblem vor allem der Energiespeicher. Als Lösung sieht er hier vor allem die Photovoltaik mit entsprechenden Hauspeicheranlagen. Dies bedeutet aber auch, dass zukünftig bei Um- und Neubauten diese Thematik mitberücksichtigt werden muss.

Herr Gauch macht aber keine Aussagen über die mögliche Dauer bis eine vollständige Umstellung auf elektrische Antriebe vollzogen werden kann. Er geht aber auch davon aus, dass elektrische Antriebe bereits in den nächsten Jahren bei den Neuwagenzulassungen einen starken Zuwachs haben werden.

12 Fahrzeugflotte Kanton Bern

Die nachfolgenden Auswertungen basieren auf den Daten, welch per Ende Oktober 2017 aus dem Fahrzeugzulassungssystem des Kantons Bern ausgewertet werden konnten. Zu berücksichtigen ist sicher, dass es sich um Auswertungen per Ende Oktober handelt und somit nicht das ganze Jahr 2017 abgebildet ist und viele relevante Daten wie CO2-Ausstoss und Kilometerleistungen im Moment noch fehlen. Ein umfassenderes Reporting wird erst möglich sein, wenn alle Fahrzeuge im Flottenmanagementtool (Einführung 2018) erfasst sein werden (Verlauf 2019).

12.1 Anzahl Fahrzeuge je Direktion und Kategorie des Kantons Bern

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Gesamtübersicht der Fahrzeuge des Kantons nach Antriebsart. Dabei wurden die Fahrzeuge nach Direktion und der gültigen Fahrzeugkategorisierung aufgelistet.

	PW	PTFz	LW	LKW	Klein-Motfz	Zwei- u. Dreiräder	Landwirtschaft	Industrie	Anhänger	Gesamtergebnis
BVE	91		103	93	7			88	219	601
ERZ	4		2		1				4	11
FIN	3									3
GEF	26		3		1		2		6	38
JGK	12									12
JUS	1									1
POM	696	53	75	7	14	36	75	21	91	1068
VOL	77		21	1			28	2	38	167
Gesamtergebnis	**910**	**53**	**204**	**101**	**23**	**36**	**105**	**111**	**358**	**1901**

Tabelle 5 Anzahl Fahrzeuge je Direktion

Die Übersicht zeigt, dass der Kanton rund 1900 eingelöste Fahrzeuge in den unterschiedlichsten Kategorien betreibt. Der Grossteil fällt dabei auf PW (fast die Hälfte). Es werden aber unterschiedlichste Fahrzeugkategorien betrieben. Der grösste Fahrzeughalter ist die POM (Kapo) mit rund 1'000 Fahrzeugen. Ebenfalls ein grosser Fahrzeughalter ist das BVE (hauptsächlich Tiefbauamt) mit rund 600 Fahrzeugen. Grundsätzlich kann aber festgehalten werden, dass in jeder Direktion eigene Fahrzeuge betrieben werden.

12.2 Zusammensetzung der Fahrzeugflotte des Kantons Bern

Die nachfolgende Tabelle zeigt nun den Anteil der verschiedenen Antriebs-/Treibstoffarten je Fahrzeugkategorie.

Zeilenbeschriftungen	Benzin	Diesel	Erdgas	Benzin/Elektrisch	Diesel/Elektrisch	Elektrisch	Elektrisch m. Range Ex.	ohne	Gesamtergebnis
PW	217	655	3	30	1	3	1		910
PTFz		53							53
LW	14	190							204
LKW		101							101
Klein-Motfz	2	21							23
Zwei- u. Dreiräder	36								36
Landwirtschaft	4	80						21	105
Industrie	9	101				1			111
Anhänger								358	358
Gesamtergebnis	**282**	**1201**	**3**	**30**	**1**	**4**	**1**	**379**	**1901**

Tabelle 6 Anzahl Fahrzeuge je Antrieb

Hier fällt vor allem auf, dass praktisch noch keine alternativen Antriebe eingesetzt werden. Vor allem rein elektrische Antriebe sind fast nicht vorhanden.

12.3 Alter der PW-Fahrzeugflotte

Die Grafik zeigt die Anzahl der zugelassenen PW's je 1. Inverkehrssetzungsdatum.

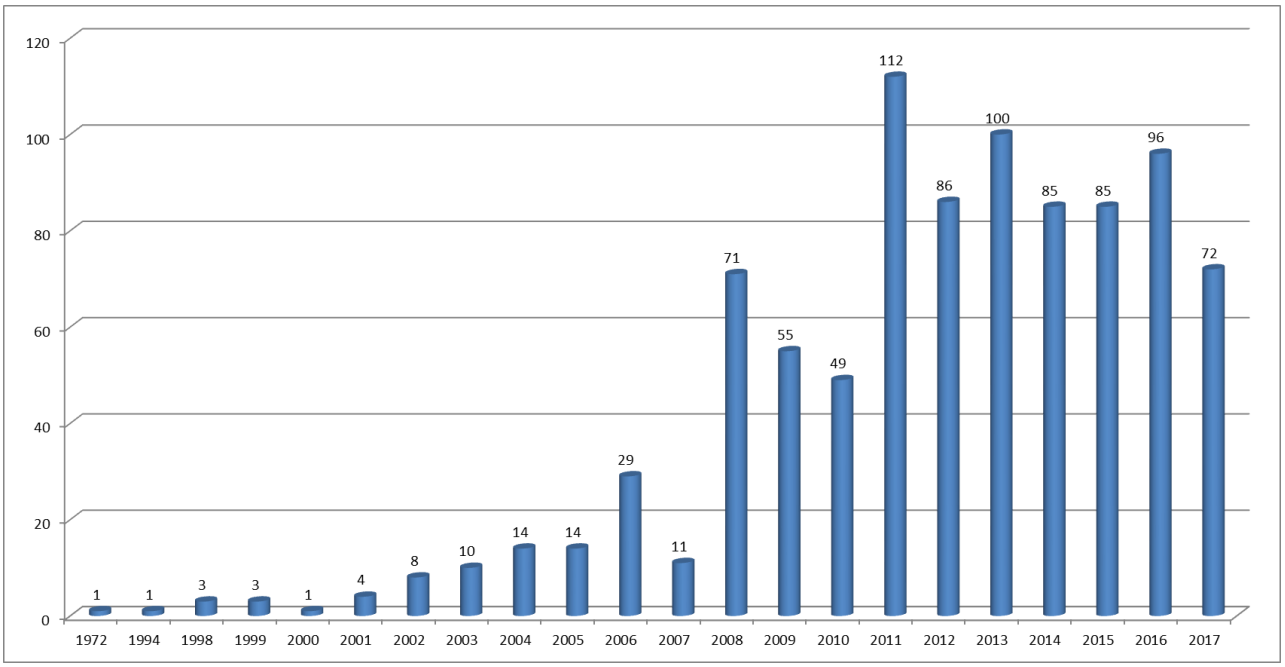


Tabelle 7 Anzahl Fahrzeug je Zulassungsjahr

Obwohl ein grosser Teil der Fahrzeuge nach 2010 zugelassen wurde, ist rund ¼ der Fahrzeuge im Einsatz, welche deutlich zu alt sind . Die Flotte hat doch einen leichten Hang zur Überalterung. Dies birgt einerseits Kostenrisiken und andererseits werden neue technische Entwicklungen zu spät in die Flotte integriert was wiederum Umweltrisiken birgt.

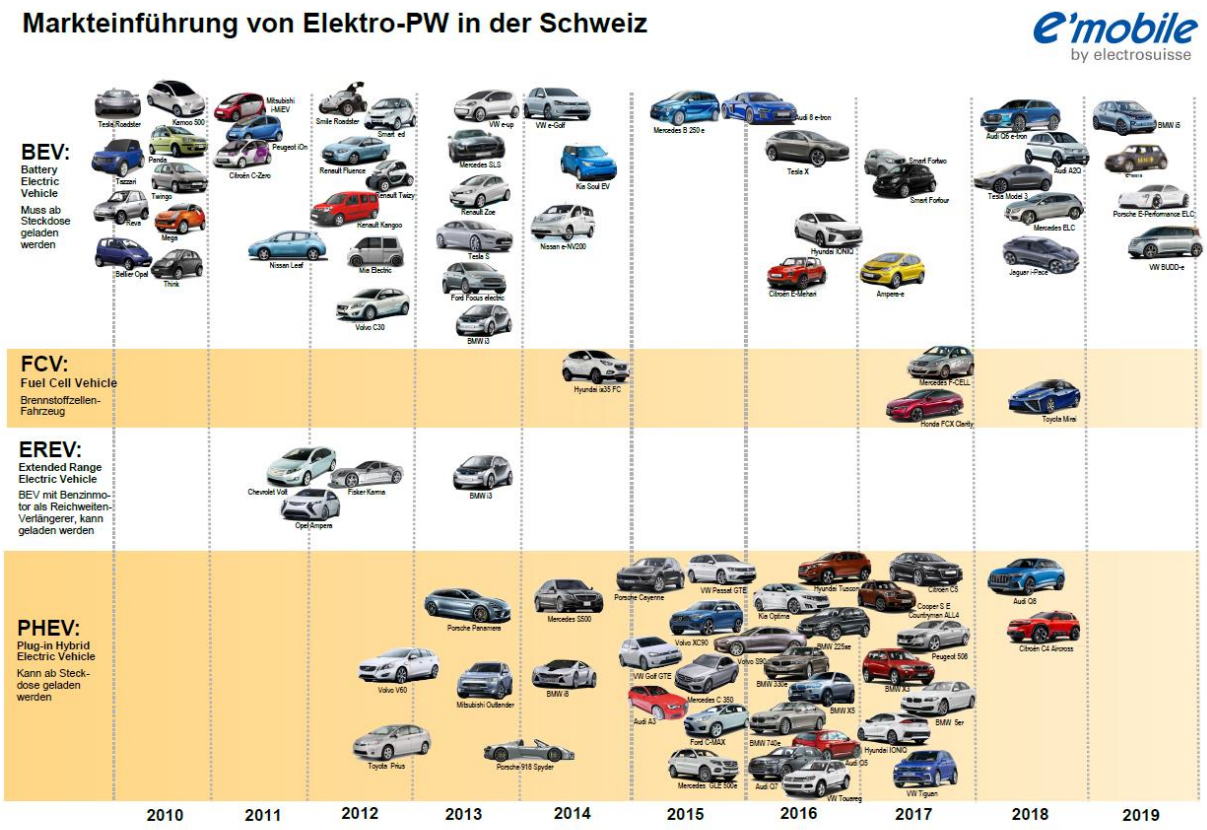
12.4 Übrige wichtige Auswertungen

Im Weiteren wären Auswertungen wie zum Beispiel CO_2-Ausstoss und Kilometerleistungen wichtig um weitere relevante Informationen zu erhalten. Dies ist aber im Moment noch nicht einfach möglich, da die nötigen Infos manuell erhoben werden müssten.

Dieses Problem sollte aber durch das neue Flottenmanagement IT-Tool welches im Verlaufe des Jahres 2018 implementiert wird behoben werden können. Sobald die Fahrzeuge zentral erfasst sind, können genauere Auswertungen durchgeführt werden.

13 Anhänge

13.1 Übersicht Fahrzeuge mit Elektromotor



13.2 Übersicht Fahrzeuge mit Erdgas/Biogas-Motor

Audi A3 g-tron Sportback

Audi A4 2.0 g-tron Avant

Audi A5 2.0 g-tron

Fiat 500L 0.9 Twinair Natural Power

Fiat Doblò 1.4 T-Jet Natural Power

Fiat Qubo 1.4 Natural Power

Fiat Panda 0.9 Twinair Natural Power

Fiat Punto 1.4 Natural Power

Skoda Citigo CNG Green tec

Skoda Octavia Combi G-TEC

Opel Zafira Tourer 1.6 CNG Turbo ecoFLEX

Opel Combo 1.4 Turbo CNG

VW eco up!

VW Golf TGI BlueMotion

VW Golf Variant TGI BlueMotion

VW New Caddy 1.4 TGI Bluemotion

Seat Leon TGI EcoFuel

Seat Leon ST TGI CNG

Seat Mii EcoFuel

VW Caddy 2.0 EcoFuel

13.3 Übersicht Reichweiten aktuelle Elektrofahrzeuge

Modellbezeichnung	elektrische Reichweite in km	Verbrauch in kWh/100 km	Leistung in kW	Leistung in PS
Tesla Model S P90D	557 km	23.3 kWh/100 km	345 kW	469 PS
Tesla Model S90D	557 km	17.7 kWh/100 km	315 kW	428 PS
Opel Ampera	500 km	16.0 kWh/100 km	111 kW	150 PS
Tesla Model S 70	455 km	20.5 kWh/100 km	235 kW	319 PS
Tesla Model S70D	420 km	18.0 kWh/100 km	244 kW	332 PS
BYD e6	400 km	12.0 kWh/100 km	90 kW	122 PS
Renault Zoe	400 km	14.6 kWh/100 km	68 kW	93 PS
BMW i3 33 kWh	312 km	12.7 kWh/100 km	125 kW	170 PS
Hyundai Ioniq Elektro	280 km	11.5 kWh/100 km	88 kW	120 PS
Mercedes SLS AMG ED	250 km		552 kW	750 PS
Nissan Leaf mit 30kWh-Batteriemodul	250 km	15.0 kWh/100 km	80 kW	109 PS
CITROEN E-Mehari	200 km	20.0 kWh/100 km	50 kW	68 PS
Mercedes-Benz B 250 e	200 km	16.6 kWh/100 km	132 kW	180 PS
BMW i3 22 kWh	190 km	12.9 kWh/100 km	125 kW	170 PS
VW E-Golf	190 km	12.7 kWh/100 km	85 kW	116 PS
Renault Fluence Z.E.	185 km	11.7 kWh/100 km	70 kW	90 PS
CITROEN Berlingo Electric	170 km	18.7 kWh/100 km	49 kW	68 PS
Peugeot Partner Electric	170 km	18.0 kWh/100 km	49 kW	67 PS
Kia Soul EV	165 km	14.7 kWh/100 km	80 kW	109 PS
Nissan e-NV200 Minivan	163 km	16.5 kWh/100 km	80 kW	109 PS
Ford Focus Electric	162 km	15.4 kWh/100 km	107 kW	146 PS
smart fortwo ED	160 km	12.9 kWh/100 km	60 kW	81 PS
VW E-Up!	160 km	11.7 kWh/100 km	60 kW	82 PS
CITROEN C-Zero	150 km	12.6 kWh/100 km	49 kW	68 PS
Mitsubishi Electric Vehicle (i-MiEV)	150 km	13.5 kWh/100 km	49 kW	68 PS
Nissan Leaf	150 km	15.0 kWh/100 km	80 kW	109 PS
Peugeot iOn	150 km	11.3 kWh/100 km	49 kW	67 PS
Smart Fortwo Brabus Cabrio ED	145 km	16.3 kWh/100 km	60 kW	81 PS
Smart Fortwo Cabrio ED	145 km	15.1 kWh/100 km	60 kW	81 PS
Nissan E-NV200 Transporter	125 km	16.5 kWh/100 km	80 kW	109 PS
Renault Kangoo Z.E.	116 km	15.5 kWh/100 km	44 kW	60 PS
Renault Twizy 45	100 km	5.8 kWh/100 km	4 kW	6 PS
Renault Twizy 80	90 km	11.0 kWh/100 km	8 kW	11 PS
BMW 330e iPerformance	40 km	12.0 kWh/100 km	133 kW	182 PS

Quelle: https://www.elektroauto-news.net/wiki/elektroauto-vergleich / Stand Okt. 2017