



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 26. Mai 2015

Vorstudie zu einer Pilot- und Demonstrationsanlage zur Verbindung von Photovoltaik und direkter Gleichstromnutzung (DC)

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Manor AG
Rebgasse 34
CH-4005 Basel
www.manor.ch

vertreten durch

ecos AG
Elisabethenstrasse 22
CH-4053 Basel
www.ecos.ch

Projektpartner:

TRITEC Project Engineering AG
Herrenweg 60
CH-4123 Allschwil

Autoren:

Marco Grossmann, ecos AG, marco.grossmann@ecos.ch
Siro de Carli, TRITEC Project Engineering AG, Siro.deCarli@tritec-energy.com

BFE-Projektbegleiter:	Dr. Michael Moser
BFE-Programmleiterin:	Dr. Yasmine Calisesi
BFE-Vertragsnummer:	SI/501043-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Die direkte Nutzung von Solarstrom (Gleichstrom) weist entscheidende Vorteile, aber auch spezifische Herausforderungen auf. Einerseits entstehen ökologische und ökonomische Mehrwerte, wie CO₂-Einsparungen, Kostensenkungsmöglichkeiten, vermiedene Umwandlungsverluste oder Effizienzgewinne. Andererseits bedarf der Bau einer solchen Anlage genaue Prozess- und Verbrauchsanalysen, sowie davon abgeleitet eine geschickte Dimensionierung und Positionierung der Gesamtanlage. Damit werden bauliche Massnahmen wahrscheinlich, welche beim Verteilzentrum Hochdorf mit geplanten Neuanschaffungen zusammen fallen könnten. Damit bietet sich die Gelegenheit, eine P&D-Anlage zu erproben, die durch ihre Innovation und Reproduzierbarkeit über das Verteilzentrum hinaus Aufmerksamkeit erregen wird. Die vorliegende Arbeit schafft die Grundlagen dafür. Die Vorstudie identifiziert geeignete DC-Verbraucher, entwirft und bewertet vier Umsetzungskonzepte und ermittelt bestehende Lücken, die in einer Umsetzung zu berücksichtigen sind. Als Verbraucher wurden rund 170 mit Gleichstrom betriebene Kommissionierungsfahrzeuge als geeignet eingestuft. Die vier Konzepte sind a) „klassischer“ Eigenverbrauch, b) DC-Direktladung, c) Aufbau eines DC-Netzes und d) Ladebahnhof. Die Studie kommt zum Schluss, dass sich alle Konzepte umsetzen lassen, allerdings mit unterschiedlichen Aufwänden und Erträgen. Für das Verteilzentrum Hochdorf wird die letzte Option empfohlen. Ein „Ladebahnhof“ stellt auswechselbare Batterien zur Verfügung, die direkt mit Solarstrom geladen werden. Erstgespräche mit einem potenziellen Lieferanten wurden geführt. Letztendlich wird das Multiplikationspotenzial innerhalb der Maus-Frères Holding als beachtlich eingestuft: Das erste Konzept kann in allen Häusern umgesetzt werden, während die spezifischeren DC-Konzepte in verschiedenen Verteilzentralen denkbar sind.

1 Ausgangslage

Die Holding Maus Frères prüft zur Zeit die Umsetzbarkeit von Photovoltaik-Anlagen auf allen geeigneten Dächern der Warenhäuser von Manor, den Verteilzentren, Jumbos und Centre Commercial. Eine erste Analyse ergab, dass über die ganze Schweiz verteilt rund 200'000 m² geeignete Dachflächen zur Verfügung stehen. Dabei ist die Produktion von Solarenergie und ein paralleler Eigenverbrauch als ein mögliches Umsetzungsszenario nicht trivial: Um den hauseigenen PV-Anlageertrag ideal nützen zu können, ist in der Regel ein Zwischenspeicher nötig, da die Produktion und der Verbrauch nur teilweise synchron verlaufen.

Während im Ausland das Thema „Eigenverbrauch vor Ort“ vielerorts bereits Praxis ist, ist dieser Einsatz der Solarenergie in der Schweiz erst seit 2014 erlaubt und fristet momentan noch aus verschiedenen technischen und netzseitigen Gründen ein Schattendasein. Um diesen Ansatz unter Schweizer Bedingungen praxisnah zu erproben, soll mit der vorliegenden Vorstudie die Grundlage geschaffen werden.

2 Ziel der Arbeit

Das Projekt hat zum Ziel, Lösungswege für Wirtschaft und Industrie zur bevorstehenden Energiewende aufzuzeigen. Dabei fokussiert das Projekt auf das Potenzial der Nutzung von Gleichstrom (DC), welcher direkt von der Photovoltaikanlage produziert und von entsprechenden Verbrauchern sehr effizient vor Ort bezogen wird. Mit der vorliegenden Vorstudie sollen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, indem am Verteilzentrum Hochdorf detaillierte Abklärungen der Gegebenheiten vor Ort getroffen werden um zu eruieren, welche Daten und Messungen vorhanden sind, welche Konzepte umsetzbar wären und wie sich diese Konzepte unter wirtschaftlichen und energetischen Gesichtspunkten verhalten. Darüber hinaus wird das Potenzial über das Verteilzentrum hinaus abgeschätzt.

3 Vorgehen/Methode

Die rund 50 Immobilien im Portfolio von Maus Frères wurden in einem ersten Schritt systematisch in Bezug auf Gleichstrom-Verbraucher analysiert. Die Vorabklärungen haben ergeben, dass sich für die Verbindung der Photovoltaik mit der Nutzung von Gleichstrom das Manor Verteilzentrum in Hochdorf (LU) eignen könnte. In diesen Gebäuden werden Gabelstapler und andere Flurförderfahrzeuge mit Gleichstrom betrieben, wodurch unter anderem ein Umwandlungsverlust in Wechselstrom vermieden werden kann. Die Vorstudie bezieht sich einerseits auf diese konkreten Gebäude, Bedingungen und Gegebenheiten, ist aber durch ihre Zielsetzung als Pilot- & Demonstrationsprojekt (P&D) für den Bau weiterer vergleichbarer Anlagen anwendbar.

Zusammenfassend kann die Vorstudie in drei Arbeitspakete eingeteilt werden:

- a) Erhebung der Basisdaten des VZ Hochdorfs (Gebäudepläne, Fahrzeug-Charakteristika und -Verbräuche, (Management- und Ablauf)-Prozesse)
- b) Analyse Basisdaten und Konzeptentwicklung (Umsetzungsmöglichkeiten, Dimensionierung Photovoltaik-Anlage, Konzeptevaluation, Erstgespräche mit potenziellen Lieferanten)
- c) Potenzialabschätzung und Validierung der Erkenntnisse

4 Ergebnisse/Erkenntnisse

4.1 Erhebung der Basisdaten des VZ Hochdorfs

Die Erhebung der vorhandenen DC-Verbraucher im VZ Hochdorf hat folgende DC-Verbraucher identifiziert:

- 250 Niederflur/Kommissionierungsfahrzeuge und Roboter (Automatisiertes Kleinteillager, AKL)
- 172 Lese/Code Geräte (sogenannte MOT Geräte)

Nebst der Anzahl der jeweiligen Geräte wurde versucht weitere Schlüssel-Charakteristika wie die räumliche Verteilung, Betriebsdauer und –zeitpunkt, Verbräuche, sowie übergeordnete Prozesse zu erfassen. Darüber hinaus wurden die vorhandenen Gebäudepläne miteinbezogen.

Schlussendlich wurden auf Grund der verschiedenen Spannungen die Lese/Code Geräte ausgeschlossen. In Halle 71, dem mittleren Gebäude im Gebäudekomplex M1, sind 82 programmgesteuerte

Roboter täglich von 06:00 bis 18:00 Uhr mit Einordnung und Umverteilung der Waren beschäftigt (so genanntes automatisiertes Kleinteillager). Die Ladezeit für die Roboter beträgt täglich mindestens 4 Stunden am Stück, die aber wegen der Einsatzzeit erst ab 18:00 Uhr beginnt. Eine Änderung dieser Zyklen ist heikel und momentan nicht denkbar, da dies unter anderem eine unverhältnismässig grosse Abstimmung mit den vor- und nachgelagerten Prozessschritten bedingte. Deshalb fällt diese Möglichkeit der direkten Nutzung des Gleichstroms zumindest momentan weitestgehend weg. Halle 71 gilt aus diesem Grund als Sonderfall und wird im Projekt nicht berücksichtigt werden. Daher fokussiert die Vorstudie auf die rund 168 Niederflurfahrzeuge.

4.2 Analyse Basisdaten und Konzeptentwicklung

4.2.1 Überblick

Die verbleibenden 168 Niederflurfahrzeuge, sowie die dazugehörige Dokumentation wurden detailliert analysiert. Zusammenfassend zeigt sich, dass:

- keine Prozesse zum Management der Fahrzeuge dokumentiert sind
- Entsprechende Verbräuche nicht erfasst werden
- Verschiedenste Typen/Hersteller der Fahrzeuge und Batterien vorhanden sind
- Jedes Fahrzeug ein zugewiesenes Ladegerät besitzt.

In der Hauptstudie sind die Prozesse, Verbräuche etc. daher zwingend zu erfassen. Erstgespräche mit einem potenziellen Batterie-Lieferanten haben ergeben, dass verschiedene Optionen zur Datenerfassung und -analyse, sowie zur Umsetzung denkbar sind. Bei den neueren Fahrzeuge sind mindestens 200 Ladezyklen auslesbar.

Makroökonomische Einflüsse haben Manor dazu veranlasst, kurzfristig (Kostensenkungs-) Massnahmen zu ergreifen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Dies führte dazu, dass die durch die Inbetriebnahme des AKL ursprünglich überzähligen Fahrzeuge nun doch als Ersatz dienen müssen und nicht als pragmatischer Zwischenspeicher genutzt werden können. Durch den Ersatz müssen tatsächlich sogar dieses Jahr zehn Fahrzeuge neu dazugekauft werden. Dies böte die Möglichkeit, dass mittels Konzept 4 (siehe Kap. 4.2.4) in einer Pilot-Anlage ein „Ladebahnhof“ für Wechselbatterien zur Zwischenspeicherung erstellt wird. Das unten stehende Bild zeigt eine solche Anlage, die von der Firma Zehnder Batterien AG in einer vergleichbaren Lagerhalle installiert wurde. Die Batterien werden dabei über Förderschienen seitlich von Hand ausgewechselt. Interne Steuerungsmechanismen garantieren optimale Prozesse.



Abb. 1: Ladebahnhof/Management System für Ladestationen

Durch die Möglichkeit der Prozessdokumentierung innerhalb der Hauptstudie wird ein geschicktes Flottenmanagement initiiert, das dazu führt, dass unter Umständen nicht die doppelte Anzahl Batterien gebraucht wird. Manor prüft diesen Ansatz zur Zeit intern. Zur Vorbereitung eines allfälligen Folgepro-

jektes wurde beschlossen, die zehn Fahrzeuge mit seitlichen Auszügen auszustatten.

4.2.2 Räumliche Analyse

Auf Basis der vorhandenen Pläne wurde ein räumliches Konzept zur idealen Verteilung der Fahrzeuge erstellt. Bei der räumlichen Verteilung ist verschiedenen Gegebenheiten Rechnung zu tragen. Die Verteilzentrale der Manor in Hochdorf besteht aus insgesamt 9 Gebäuden, die zum Teil freistehend, zum Teil aber auch als grösserer Gebäudekomplex aneinander gebaut über ein Gesamtgelände verteilt sind (M1). Drei der Gebäude (M2, M3 und M4) befinden sich nicht im Besitz der Manor, sondern sind angemietet und werden daher in dieser Studie nicht weiter mit einbezogen. Allerdings hat der Vermieter der Gebäude Interesse an einer Photovoltaikanlage signalisiert. Im Hinblick auf die Hauptstudie werden damit drei Optionen als grundsätzlich umsetzbar eingeschätzt:

- a) Regelmässige Aufladung und Transport der Batterien zwischen M1 und M2/3/4
- b) Manor kauft die Gebäude M2/3/4
- c) Abklärung Erstellung von PV-Anlage(n) auf M2/3/4 (und daraus resultierenden weiteren Optionen)

Für die Vorstudie wurde der Fokus auf den Gebäudekomplex M1 (siehe Plan unten) im südlichen Teil des Geländes gelegt.

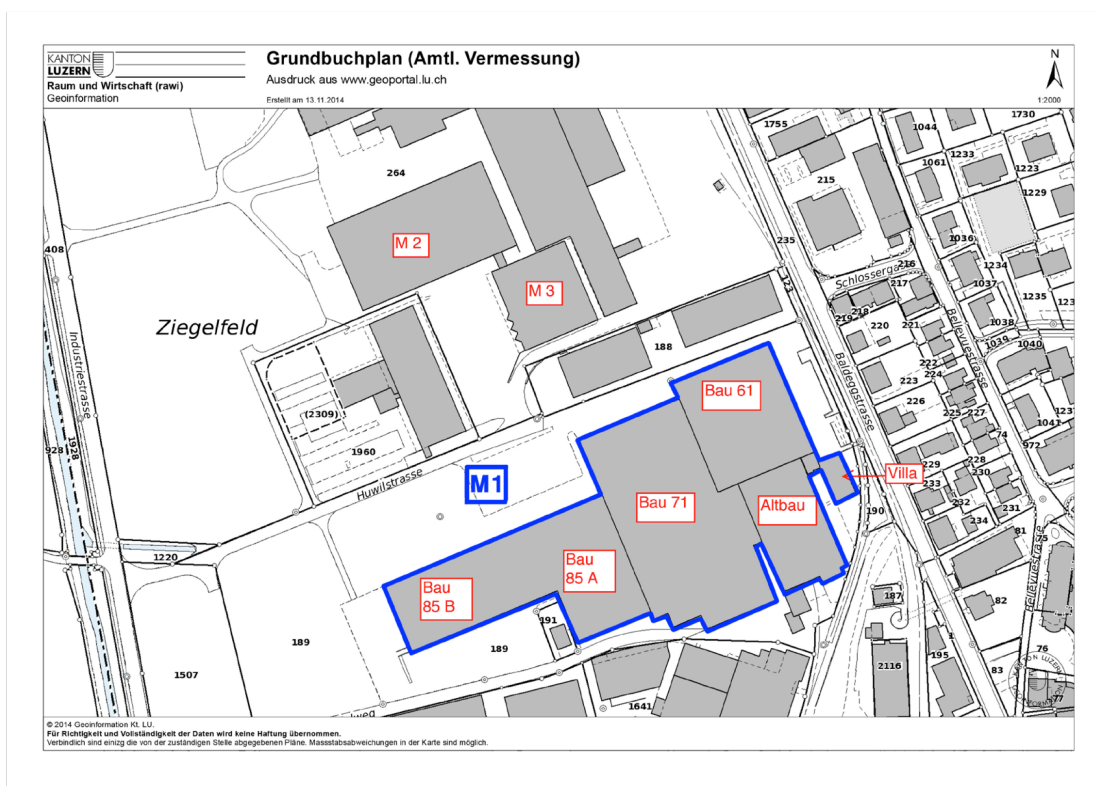


Abb. 2: Situationsplan M1, M2 und M3 (M4 liegt noch etwas weiter nördlich)

M1 besteht aus insgesamt 5 Gebäuden, von denen 4 sich sehr gut für die Installation von Photovoltaikanlagen eignen. Das etwas vorgelagerte, mit „Villa“ bezeichnete Gebäude, ist energietechnisch nicht relevant, da es weder über ein für den Bau einer Photovoltaikanlage geeignetes Dach, noch über Flurförderfahrzeuge als Verbraucher im Gebäudeinnern verfügt. Daher wird es hier nicht mitgezählt. In jedem dieser Gebäude sind verschiedene Flurförderfahrzeuge und deren Ladestationen im täglichen Gebrauch, wobei jedes Fahrzeug über eine eigene Ladestation verfügt. Diese insgesamt 193 Ladestationen (inkl. Roboter) sind auf 7 Ladestationsgruppen von 1-82 Ladestationen verteilt, was für die Konzeption der Energiezufuhr aus der Photovoltaikanlage auf dem Gebäudedach eher ungünstig ist, da die Stromleitungen an bis zu 7 verschiedene Orte verlegt werden müssten. Daher wurden Vorschläge für die Optimierung der Verteilung der Ladestationen erarbeitet, die aktuell jedoch hypothetischer Natur sind, da sie Umbauarbeiten verursachen würden.

Die vorhandenen Ladestationen in M1, aktuelle Verteilung:

Gebäude-komplex	Ladestation	Batterien
M1	2.UG Bau 85A	1 x 24 V
M1	3.UG Bau 85A	5 x 24 V 1 x 48 V
M1	2.UG Bau 85 B	10 x 24 V 1 x 48 V
M1	EG Bau 71	82 x 2 x 24 V
M1	1.OG Bau 61	4 x 24 V
M1	1.UG Altbau	54 x 24 V 5 x 48 V
M1	EG Altbau	26 x 24 V 4 x 48 V

Die vorhandenen Ladestationen in M1, hypothetischer Optimierungsvorschlag (Halle 71 wird in der Studie nicht weiter berücksichtigt, siehe Kap. 4.1):

Gebäude-komplex	Ladestation	Batterien
M1	Wand zwischen Bau 85A und 85B als neue zentrale Ladestation , zusammenlegen: 2.UG Bau 85A 3.UG Bau 85A 2.UG Bau 85 B	1 x 24 V 5 x 24 V 1 x 48 V 10 x 24 V 1 x 48 V
M1	EG Altbau Daran angegliedert: 1.OG Bau 61 Ein Stockwerk unterhalb, durch vertikalen Kabelkanal verbunden.	26 x 24 V 4 x 48 V 4 x 24 V
M1	1.UG Altbau	54 x 24 V 5 x 48 V

Die von Manor durchgeführten (Kostensenkungs-) Massnahmen haben während dem Verlauf der Studie zum Entscheid geführt, dass 2015 zehn Fahrzeuge neu dazugekauft werden müssen. Diese Neuanschaffungen könnten optimal für ein Pilot&Demonstrations-Projekt (P&D) genutzt werden. Bei dieser neuen Variante wird von der Firma Zehnder Batterien AG ein so genannter Ladebahnhof installiert. Im Ladebahnhof werden nur die Batterien aufgeladen. Eine Kommunikation unter den Ladegeräten und eine eindeutige Identifikation der Batterien optimiert die Ladung und Nutzung der Batterien. So werden immer nur die vollgeladenen Batterien für den manuellen Austausch angeboten. Auch wird die Zyklenzahl auf die Batterien verteilt, weswegen alle gleich schnell altern. Pro Fahrzeug können mehrere Batterien zur Verfügung stehen. So kann eine im Ladebahnhof geladen werden, während die

zweite im Einsatz ist. Einige Fahrzeuge müssen heute durch die beschränkte Kapazität der Batterie im Verlauf des Tages getauscht werden. In Zukunft reicht der Tausch der Batterie. In Zusammenarbeit mit Zehnder Batterien wird in der Hauptstudie ein detailliertes Konzept ausgearbeitet werden, das neben den Einsatzmöglichkeiten der Batterien auch eine optimierte Prozessdokumentierung und ein geeignetes Flottenmanagement beinhalten wird.

4.2.3 Dachanalyse

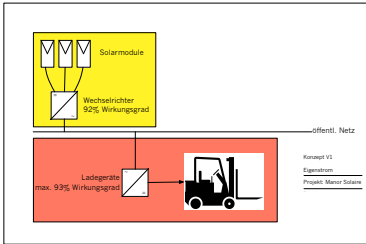
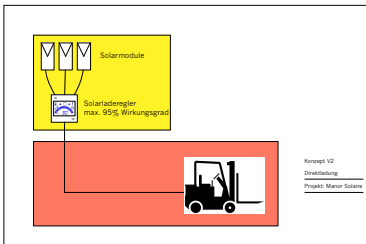
Eine erste Messung der gesamten nutzbaren Dachfläche von M1, also der Dächer der Gebäude Bau 85A, Bau 85B, Bau 71 und Bau 61, ergibt eine Totalleistung von 1'508.91 kWp (siehe Tabelle unten). Das Dach des als Altbau bezeichneten Gebäudes ist wegen seiner Form für die Verlegung von Solarmodulen nicht geeignet und wird deshalb nicht mitgerechnet. Dabei ergibt sich das unten stehende Bild. Das Dach wurde renoviert und für PV-Anlagen optimiert. Pöry hat eine zusätzliche Belastung von 30 kg/m² bestätigt.



Anzahl Module	5.694	
Leistung der Module	265	Wp
Totalleistung	1.508,91	kWp
Wirkungsgrad	80,0	%
Mehrertrag durch Orientierung	0,0	%
Verlust	0,5	%
Installationskosten	1,500	CHF/Wp
	2.263.365,00	CHF
Extrakosten	0,00	CHF
Totale Installationskosten	1,500	CHF/Wp
	2.263.365,00	CHF

4.2.4 Entwickelte Umsetzungskonzepte

Auf Grund der gewonnen Basisdaten wurden vier Konzepte entwickelt, mittels deren sich eine direkte Nutzung des Solarstroms umsetzen lässt. Diese vier Ansätze werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Gegenüberstellung der 4 Umsetzungskonzepte Legende Roter Bereich = bestehend Gelber Bereich = Neuinvestition Grüner Bereich = optional		
Konzept 1: Eigenstromverbrauch	Aufbau 	Beschreibung Beim Konzept 1 handelt es sich um die Eigennutzung des durch die Photovoltaikanlage auf dem Dach produzierten Stroms. Der Gleichstrom wird dabei von mehreren Wechselrichtern in Wechselstrom umgewandelt und ins Netz gespiesen. Die bereits vorhandenen Ladegeräte beziehen den benötigten Strom aus dem Stromnetz. Die Differenz aus eingespiessenem und bezogenem Strom wird direkt mit dem zuständigen Energiedienstleister abgerechnet. Zusätzliche Investitionen würden für die Solarmodule und die rund 25 Wechselrichter anfallen.
Konzept 2: Direktladung	Aufbau 	Beschreibung Konzept 2 beschreibt die direkte Nutzung des auf dem Dach produzierten Stroms. Es werden keine Wechselrichter benötigt, da die angeschlossenen Solarladeregler den Gleichstrom direkt von der Photovoltaikanlage an die Fahrzeuge zur Ladung weiterleiten. Aus diesem Grund ist hier auch kein Netzanschluss geplant (nur die überzähligen Fahrzeuge werden auf diese Weise geladen, alle anderen an den normalen Ladestationen). Zusätzliche Kosten verursachen die Solarmodule, die rund 193 nötigen Solarregler, sowie nötige bauliche Massnahmen.

Gegenüberstellung der 4 Umsetzungskonzepte

Legende

Roter Bereich = bestehend

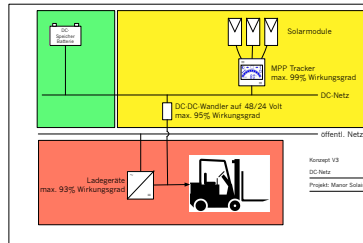
Gelber Bereich = Neuinvestition

Grüner Bereich = optional

Konzept 3:

DC-Netz

Aufbau



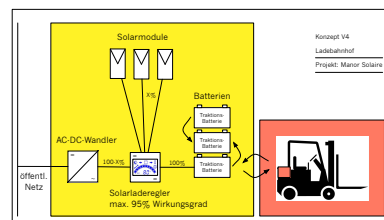
Beschreibung

Konzept 3 ist eine etwas komplexere Variante mit dem Schwergewicht auf einem DC-Netz. Hier wird der durch die Photovoltaikanlage auf dem Dach produzierte Strom durch einen separaten MPP Tracker optimiert und in ein DC-Netz eingespeisen. Von dort gelangt der Gleichstrom zu den Ladegeräten, die die Fahrzeuge aufladen. Optional können zusätzlich im DC-Netz ein oder mehrere DC-Speicher-Batterien genutzt werden. Investitionen werden notwendig auf Grund der Solarmodule, der sep. MPP Tracker, des DC-DC-Wandlers und optional der DC-Speicherbatterie.

Konzept 4:

Ladebahnhof

Aufbau



Beschreibung

Im Zentrum des vierten Konzeptes steht ein neu zu errichtender Ladebahnhof, bestehend aus einer Reihe von Ladegeräten mit dazugehörigen Batterien. Die Batterien sind max. in doppelter Anzahl vorhanden, so dass sie zur Aufladung, resp. Benutzung, jeweils ausgewechselt werden können. Bei diesem Konzept gelangt der von der Photovoltaikanlage produzierte Strom zuerst durch einen Solarladeregler, dann direkt zu den Ladegeräten. Falls die Solaranlage, z.B. an dunkleren Wintertagen, nicht 100% des benötigten Stromes liefert, wird mit einem AC-DC-Wandler nachgeholfen, so dass die Batterien zu jeder Zeit zuverlässig geladen werden.

4.2.5 Wirtschaftlichkeitsrechnung

4.2.5.1 Konzept 1a: Variante maximale Belegung

Eine maximale Nutzung der Dachfläche, von der diese Studie ausgeht, ergibt eine Leistung von 1'500 kWp. Die Zeit des maximalen Verbrauchs liegt gemäss Verbrauchstabelle im Winter. Um den grösstmöglichen ökologischen Nutzen zu erzielen, soll möglichst viel Stromverbrauch durch die Solaranlage gedeckt werden, was zu einem Überschuss im Sommer führt, der wiederum ins Netz eingespeisen werden kann (Tarif noch unklar.) Auf diese Weise kann etwa $\frac{3}{4}$ des Jahresstrombedarfs durch Solarstrom gedeckt werden.

Zusammenfassung

Leistungswerte

Anlage-Gesamtleistung	1'500 kWp
Gesamtarbeitswert pro Jahr	1'410'000 kWh
Durchschn. spez. Jahresertrag	940 kWh/kWp
Anlage-Nutzdauer/Vergütungslaufzeit	30 Jahre

Finanzielle Basiswerte

Investitionsbetrag	2'250'000 CHF
Fremdfinanzierungsquote	80%
Zinssatz Fremdfinanzierung	3.25%
Eigenkapital	450'000 CHF
Eigenkapital- bzw. Zielrendite	8.00%

Nettoertrag / kWh im Basisjahr	12.0 Rp.
Anlage-Gesamtertrag Basisjahr	169'200 CHF

Rentabilitätskennzahlen

Break-even bei nominalen Werten	15 Jahre
Break-even bei abdiskontierten Werten	25 Jahre

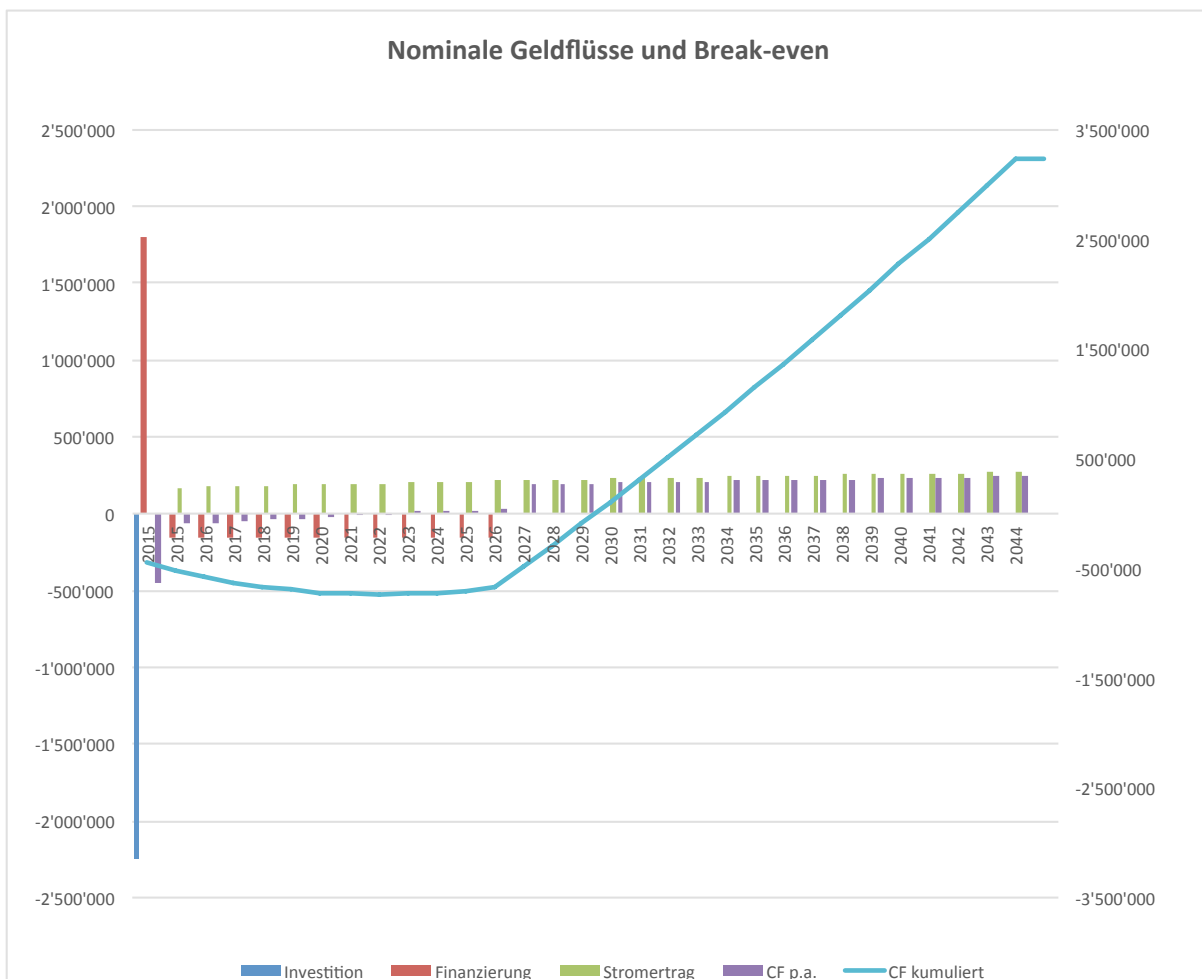


Abb. 3: Nominale Geldflüsse Konzept 1a, inkl. 3% Strompreissteigerung pro Jahr

4.2.5.2 Konzept 1b: Variante optimiert für Eigenstromnutzung

Soll die Solaranlage für die Eigenstromnutzung ausgelegt werden, muss die Grösse dem Verbrauch angepasst werden. So soll die Kurve der Solarleistung unterhalb der minimalsten Stromverbrauchs-kurve liegen. Diese wurde durch Erhebung der jeweiligen ¼-Stundenwerte errechnet. Aufgrund dieser Kurve muss die Anlage 520 kWp gross sein.

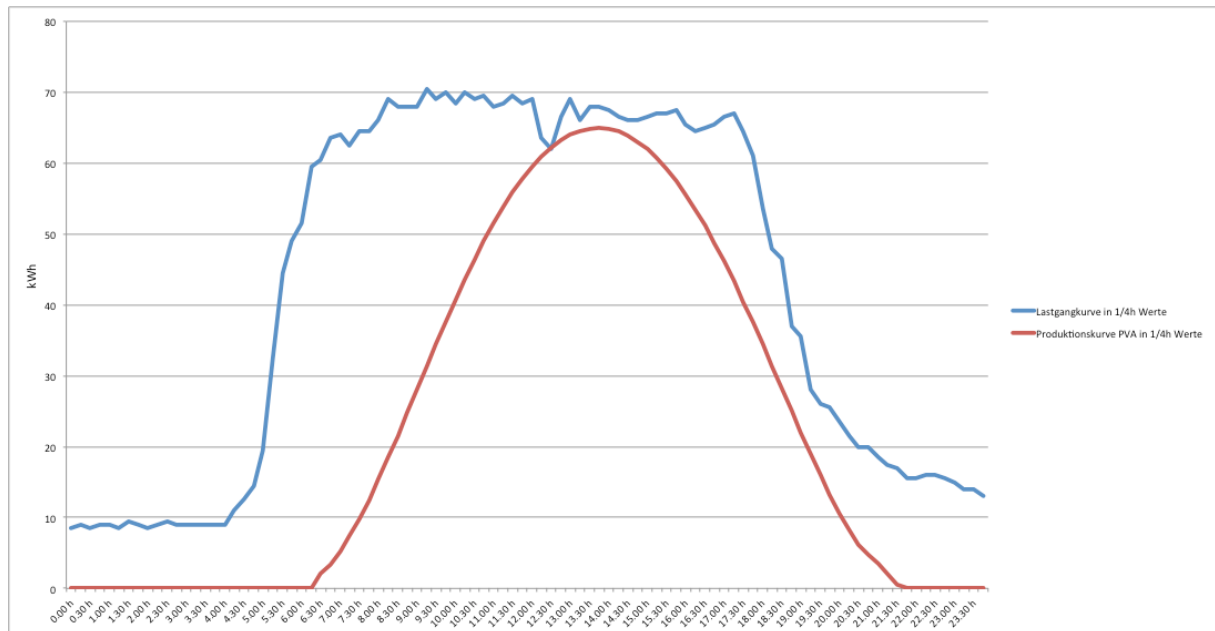


Abb. 4: Lastgangkurve aller Viertelstundenwerte

Zusammenfassung

Leistungswerte

Anlage-Gesamtleistung	520 kWp
Gesamtarbeitswert pro Jahr	488'800 kWh
Durchschn. spez. Jahresertrag	940 kWh/kWp
Anlage-Nutzdauer/Vergütungslaufzeit	30 Jahre

Finanzielle Basiswerte

Investitionsbetrag	806'000 CHF
Fremdfinanzierungsquote	80%
Zinssatz Fremdfinanzierung	3.25%
Eigenkapital	161'200 CHF
Eigenkapital- bzw. Zielrendite	8.00%

Nettoertrag / kWh im Basisjahr	15.5 Rp.
Anlage-Gesamtertrag Basisjahr	75'764 CHF

Rentabilitätskennzahlen

Break-even bei nominalen Werten	12 Jahre
Break-even bei abdiskontierten Werten	15 Jahre

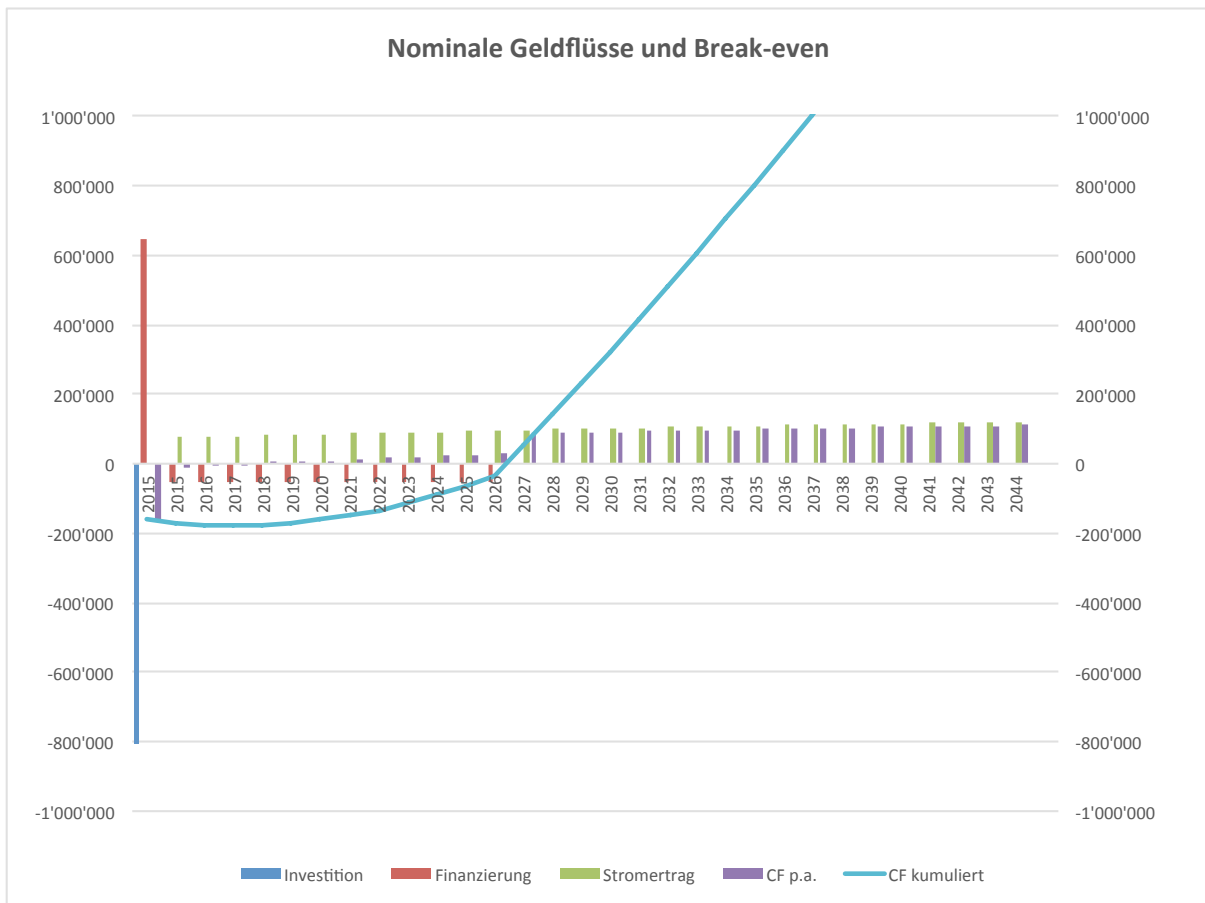


Abb. 5: Nominale Geldflüsse Konzept 1b, inkl. 3% Strompreissteigerung pro Jahr

4.2.5.3 Konzept 2: Direktladung

Dieses Konzept setzt voraus, dass genügend überzählige Stapler als Speicher für den Solarstrom vorhanden sind. Beim Start der Vorstudie ging man durch den Einsatz eines neuen automatisierten Kleinteillager (AKL) davon aus, dass genügend überzählige Fahrzeuge vorhanden sein werden. Leider hat sich während der Vorstudie gezeigt, dass dies zurzeit nicht gewährleistet werden kann. Entsprechend der Zielsetzung der Supply Chain Manor, zu möglichst niedrigen Kosten einen optimalen Service erbringen, wurden Warenflüsse in den Nonfood-Verteilzentralen neu organisiert, was sich unter anderem auch in einem veränderten Ressourcenbedarf (Fahrzeuge und weitere Arbeitsmittel) niedergeschlagen hat. Manor wird intern klären, ob es Möglichkeiten betreffend eines neuen Flottenmanagements gibt. Erste äusserst vielversprechende Ideen wurden bereits ausgetauscht und in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben.

4.2.5.4 Konzept 3: DC-Netz

Für den Stromverbrauch der Flurförderfahrzeuge stehen keine exakten Daten zur Verfügung. Geschätzt werden aber etwa 1'665 kWh pro Arbeitstag. Leider ist auch der genaue Ladezeitpunkt der Stapler nicht bekannt. Gemäss Erhebung fällt die Ladezeit auf die Mittagspause und den Nachmittag.¹ Mit einer entsprechenden Solaranlage von 380 kWp können bis maximal 1000 kWh pro Tag abgedeckt werden. Durch die Verschiebung zwischen dem Zeitpunkt der Sonneneinstrahlung und dem Verbrauch kann man dies nicht weiter optimieren. Eine weitere Option, die in dieser Studie allerdings nicht beurteilt wird, ist die Netzeinspeisung des unverbrauchten Solarstrom-Überschusses. Bei einer Überschusseinspeisung könnte die Anlage auch grösser als die geplanten 380 kWp sein.

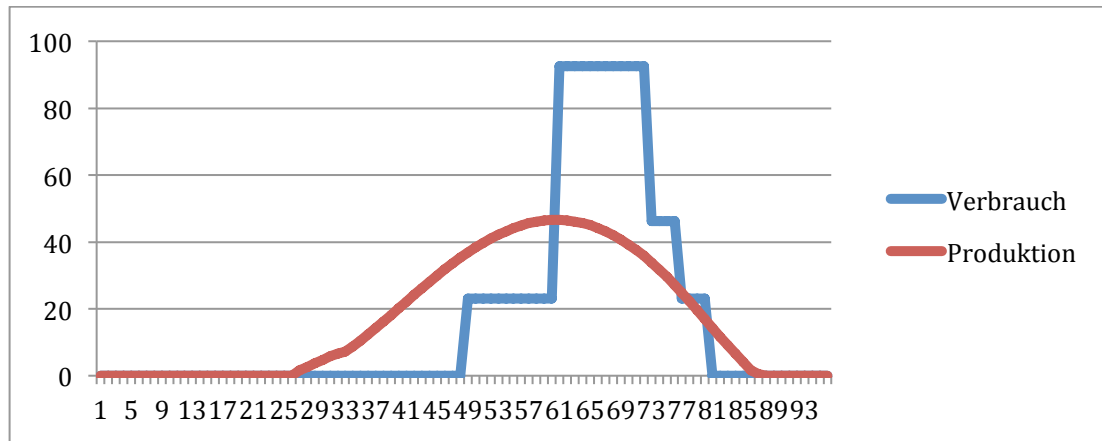


Abb. 6: Mit 3% Strompreissteigerung pro Jahr

¹ Folgende Annahmen wurden getroffen:

1. Von 12:00-15:00h werden 25% der Fahrzeuge geladen.
2. Ab 15:00h werden alle Stapler geladen.
3. Spätestens um 19:00h sind die Batterien voll, die Ladegeräte regeln den Strom zurück und der Verbrauch geht gegen 0.

Zusammenfassung

Leistungswerte

Anlage-Gesamtleistung	380 kWp
Gesamtarbeitswert pro Jahr	230'280 kWh
Durchschn. spez. Jahresertrag	606 kWh/kWp
Anlage-Nutzdauer/Vergütungslaufzeit	30 Jahre

Finanzielle Basiswerte

Investitionsbetrag	608'000 CHF
Fremdfinanzierungsquote	80%
Zinssatz Fremdfinanzierung	3.25%
Eigenkapital	121'600 CHF
Eigenkapital- bzw. Zielrendite	8.00%

Nettoertrag / kWh im Basisjahr	15.5 Rp.
Anlage-Gesamtertrag Basisjahr	35'693 CHF

Rentabilitätskennzahlen

Break-even bei nominalen Werten	19 Jahre
Break-even bei abdiskontierten Werten	>30 Jahre

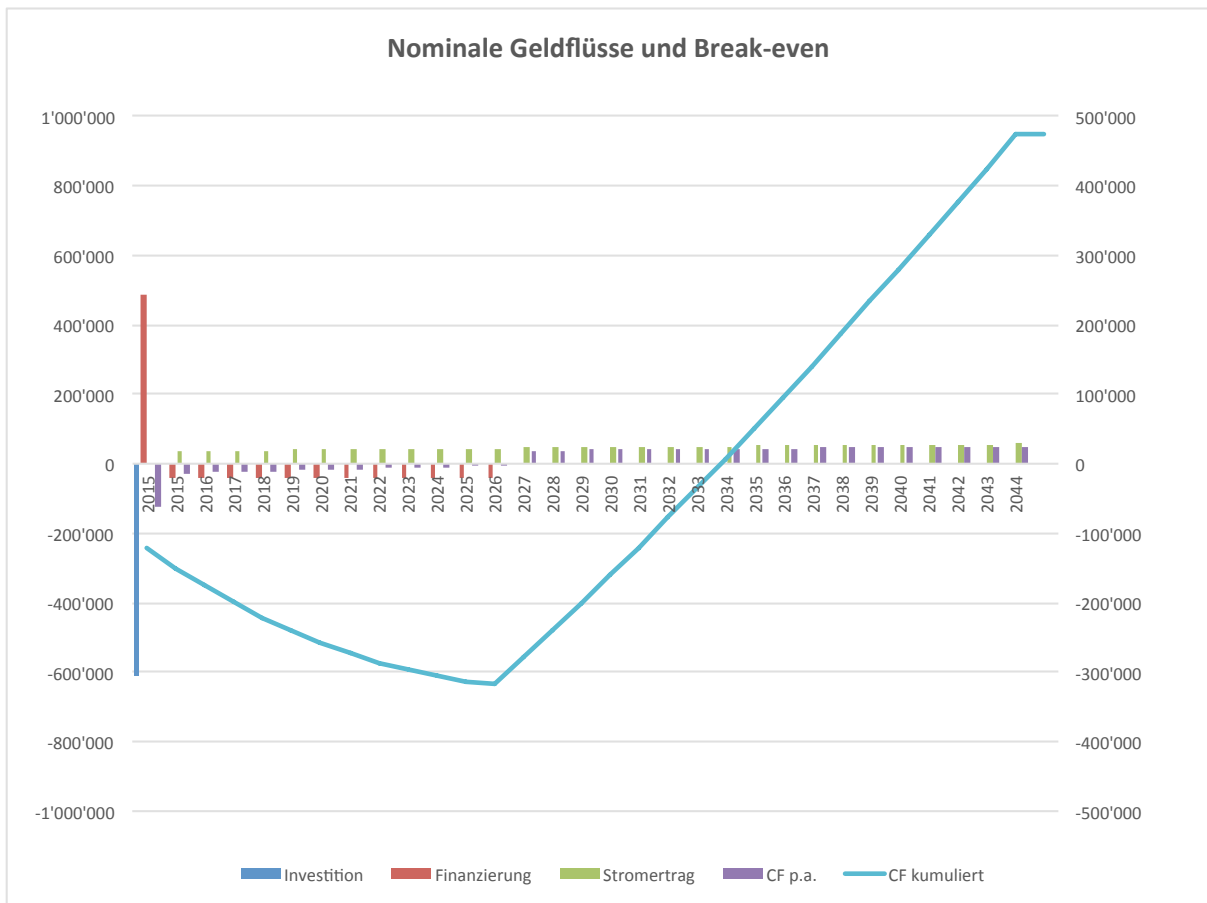


Abb. 7: Nominale Geldflüsse Konzept 3, inkl. 3% Strompreissteigerung pro Jahr

4.2.5.5 Konzept 4: Ladebahnhof

Momentan können wir nur Aussagen bezüglich der Solarerweiterung machen. Wir gehen davon aus, dass der Umbau des Ladebahnhofs auf solar nur bedingt teurer wird. Es ist noch nicht abgeklärt, ob wir für diese Eigenstromnutzung eine Einmalvergütung erhalten. Falls diese zugestanden wird, kann man mit folgender Investition rechnen.

Zusammenfassung

Leistungswerte

Anlage-Gesamtleistung	20 kWp
Gesamtarbeitswert pro Jahr	18'000 kWh
Durchschn. spez. Jahresertrag	900 kWh/kWp
Anlage-Nutzdauer/Vergütungslaufzeit	30 Jahre

Finanzielle Basiswerte

Investitionsbetrag	42'000 CHF
Fremdfinanzierungsquote	80%
Zinssatz Fremdfinanzierung	3.25%
Eigenkapital	8'400 CHF
Eigenkapital- bzw. Zielrendite	8.00%

Nettoertrag / kWh im Basisjahr	15.5 Rp.
Anlage-Gesamtertrag Basisjahr	2'790 CHF

Rentabilitätskennzahlen

Break-even bei nominalen Werten	13 Jahre
Break-even bei abdiskontierten Werten	16 Jahre

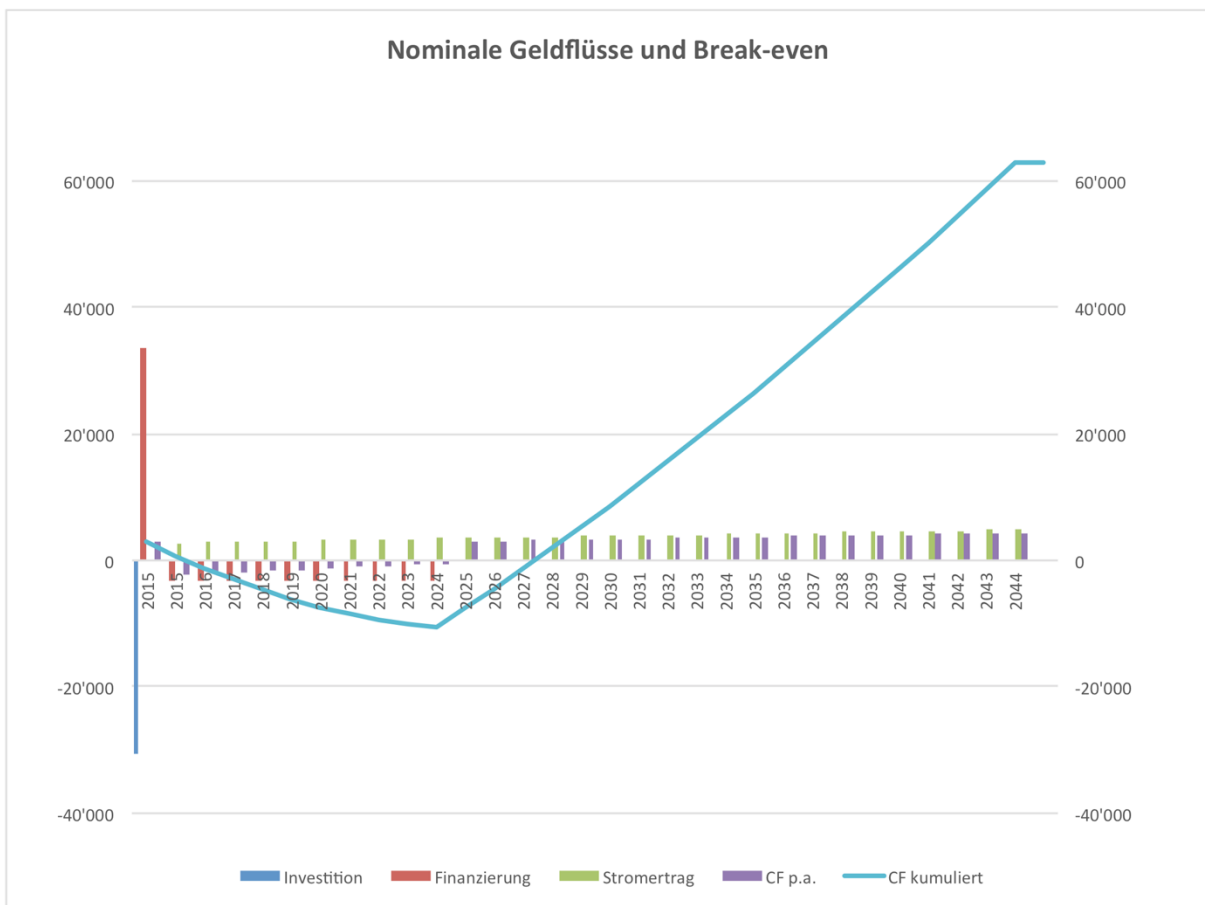


Abb. 8: Nominale Geldflüsse Konzept 4, inkl. 3% Strompreissteigerung pro Jahr

4.3 Potenzialabschätzung und Validierung der Erkenntnisse

Um das Potenzial über das VZ Hochdorf hinaus abschätzen zu können, wurden in einem ersten Schritt durch Gespräche mit Vertretern von Manor und Maus Frères und durch eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsrechnungen aller Dächer eine Auswahl möglicher Häuser erstellt. Durch einen Fragebogen wurde das Potenzial von DC-Verbrauchern in den in der Auswahl enthaltenen Häusern ermittelt. Dabei zeigt sich für das Immobilienportfolio von Maus Frères folgendes Bild:

- Das Konzept 1 könnte in allen Häusern im Besitz von Manor umgesetzt werden, welche eine nutzbare Dachfläche zur Verfügung haben. Gemäss Vorabklärungen mit der Bauabteilung der Maus Frères sind dies 32 Gebäude.
- Bei Manor eignet sich nebst dem VZ Hochdorf das VZ Möhlin mit seinen 96 Flurförderfahrzeugen für alle drei Konzepte.

- Jumbo kann nicht oder nur über Umwege genutzt werden, da das Unternehmen den Grossteil der entsprechenden Räumlichkeiten mietet. Bei jenen Gebäuden, bei denen Jumbo Eigentümer ist, sind nie mehr als sechs DC-Verbraucher vorhanden, was eine Nutzung des Konzeptes 4 grundsätzlich möglich macht, da ein Ladebahnhof auch schon mit sehr wenigen DC-Verbrauchern realisiert werden kann.
- Analoges gilt für Athleticum. Auch hier ist ein Ladebahnhof durchaus denkbar.
- Die Centre Commercial von Maus Frères kommen auf Grund der Besitzverhältnisse nicht in Frage.

Ein mit dem Leiter der Verteilzentrale Hochdorf geführtes Interview hat zu folgenden Erkenntnissen geführt: Die übergeordnete Facility Verantwortlichkeit für die Gebäude des VZ Hochdorf liegt bei der Maus Frères SA. Die Manor-Gruppe hat im Sinne einer Matrix-Organisation diesen Bereich in Fach- und Führungsebenen aufgeteilt, wobei die Dokumentationen, Abläufe und Verantwortlichkeiten (intern und extern) mit dem Tool „Speedikon“ gemanaged werden.

2006 wurde im Rahmen der FTS (Führerloses Transport System) -Ablösung in zwei Gebäudeteilen eine Transportanlage erstellt, sowie das halbautomatische HRL (HochRegalLager) mittels Retrofit automatisiert. Diese Änderungen wurden im Rahmen des Lebenszyklus von Anlagen vorgenommen und waren in diesem Sinne Ersatzinvestitionen. Hauptziel war, mittels Ersatzinvestitionen das Risiko des Betriebsausfalls zu verhindern, resp. zu minimieren.

Der Leiter der Verteilzentrale bestätigt die Aufnahme des Betriebes des automatischen Kleinteillagers (AKL) in Bau 71 Ende August 2014. Die Hochfahr-Phase ist seit Januar 2015 abgeschlossen, so dass die im Konzept definierten Effizienzgewinne und Rotationsverbesserungen hinsichtlich Kernprozess-Erledigung im Tagesgeschäft realisiert werden können. Das AKL Hochdorf erreicht ohne Schichtarbeit eine Auslastung von rund 90%, wobei eine hohe Auslastungsvolatilität innerhalb einer Arbeitswoche besteht. Die saisonalen Schwankungen bewegen sich von 85% im Frühling zu 100% im Sommer, der Wert fällt dann im Herbst auf 80% und steigt im Winter wieder auf 100%.

Mit der Einführung des Tools Speedikon ist der Teil Maintenance/Invest/ Forecast gut dokumentiert; hinsichtlich Ressourcenverbrauch ist ein kaskadierteres Monitoring geplant. Zu den dokumentierten Prozessen gehören Supply Chain – Freihandelsabkommen, versch. Verkehrswege, Short Cycle Countries, Automatisierungen, Robotik – und die Intralogistik mit IT, Automatisierungen und Robotik. Durch die ökonomischen und ökologischen Überlegungen und vor allem auch die interessanten ergonomischen Auswirkungen kann von einem Erfolg der Einführung des AKLs Hochdorf geredet werden, der möglicherweise auch zu entsprechenden Einführungen an anderen Standorten führen könnte. Während der Einführung des AKLs wurde festgestellt, dass ein Teil der frei gewordenen Kommissionier-Fahrzeuge bereits älter waren und im Sinne der Ersatzinvestitions-Optimierung nicht mehr ersetzt werden konnten. Entsprechend der Zielsetzung der Supply Chain Manor, zu möglichst niedrigen Kosten einen optimalen Service zu erbringen, wurden Warenflüsse in den Nonfood-Verteilzentralen neu organisiert, was sich unter anderem auch in einem veränderten Ressourcenbedarf (Fahrzeuge und weitere Arbeitsmittel) niedergeschlagen hat. Entsprechend konnte - entgegen der im Konzept ursprünglich getroffenen Annahme - die Freistellung überzähliger Fahrzeuge im Zuge der Einführung des AKLs nicht realisiert werden.

Um die vier Konzepte besser miteinander vergleichen zu können, wurden in der folgenden Tabelle die Stromeinsparung, die Umsetzbarkeit und die Kosten/Investitionen übersichtlich dargestellt.

Potenzialschätzung der 4 Konzepte am VZ Hochdorf			
Konzept 1(b) Eigenstrom- verbrauch	Stromeinsparung 488'000 kWh / Jahr CH Konsummix 148 g CO ₂ / kWh 72 t CO ₂	Umsetzbarkeit Sehr gut, alles dafür vorbereitet	Kosten/Investitionen CHF 806'000.00
Konzept 2 Direktladung	Stromeinsparung 342'000 kWh / Jahr 50 t CO ₂	Umsetzbarkeit Wenn genügend Fahrzeuge vorhanden sind, ist dieses Konzept mit wenig Aufwand umsetzbar, eine Anpassung der Prozesse wird allerdings notwendig.	Kosten/Investitionen ca. 600'000.00, je nach baulichen Massnahmen.

Potenzialschätzung der 4 Konzepte am VZ Hochdorf			
Konzept 3 DC-Netz	Stromeinsparung 342'000 kWh / Jahr 50 t CO ₂	Umsetzbarkeit Konzept 3 macht die Entwicklung neuer Ladegeräte erforderlich, die Anpassung des Gebäudes ist gut skalierbar, aber aufwändig.	Kosten/Investitionen ca. 880'000.00, je nach baulichen Massnahmen.
Konzept 4 Ladebahnhof	Stromeinsparung Je nach Prozessgestaltung bis zu 60%, respektive 342'000 kWh/Jahr. Genauere Aussagen können erst in der Hauptstudie gemacht werden.	Umsetzbarkeit Durch Unabhängigkeit von Fahrzeugen sehr einfach zu erstellen. Prozessanpassung und Neuananschaffungen nötig.	Kosten/Investitionen Eine genaue Kalkulation kann erst in einer Hauptstudie abschliessend erstellt werden. Die Neuananschaffung von min. 9 Stationen im 2015 ist beschlossen. Testanlage mit 1 Ladebahnhof.
Potenzialschätzung aller Gebäude von Manor Solaire			
Konzept 1 Eigenstromverbrauch	Stromeinsparung 7'840'000 kWh / Jahr 1'960 t CO ₂	Umsetzbarkeit Bei 32 Gebäude wurde die Machbarkeit nachgewiesen.	Kosten/Investitionen ca. 12'000'000.00
Konzept 2 Direktladung	Stromeinsparung mind. 342'000 kWh / Jahr mind. 85 t CO ₂	Umsetzbarkeit Hier kommt nur noch das Verteilzentrum Möhlin in Frage.	Kosten/Investitionen mind. ca. 600'000.00, je nach baulichen Massnahmen.
Konzept 3 DC-Netz	Stromeinsparung mind. 342'000 kWh / Jahr mind. 85 t CO ₂	Umsetzbarkeit Hier kommt nur noch das Verteilzentrum Möhlin in Frage.	Kosten/Investitionen mind. ca. 880'000.00, je nach baulichen Massnahmen.
Konzept 4 Ladebahnhof	Stromeinsparung Je nach Prozessgestaltung und Standort unterschiedlich.	Umsetzbarkeit Nur bei Anschaffung neuer Fahrzeuge und einer Mindestmenge für lohnenden Einsatz eines Ladebahnhofes.	Kosten/Investitionen Voraussetzung ist Investition in Neufahrzeuge. Kalkulation in Hauptstudie.

5 Diskussion/Würdigung der Ergebnisse/Erkenntnisse

Die Herstellung von Gleichstrom mittels Solarenergie und die Nutzung dieses Stroms vor Ort bieten entscheidende Vorteile: Der aus der Photovoltaikanlage gewonnene Gleichstrom kann zur Aufladung der verschiedenen Fahrzeuge direkt genutzt werden. Eine Umwandlung von Gleich- zu Wechselstrom, wie sie für den normalen Hausgebrauch benötigt werden würde, bedeutet immer auch einen 5%-igen Verlust. Dieser Verlust fällt bei der direkten Nutzung des Gleichstroms weg.

Weitere Verluste entstehen durch den Stromtransport im Wechselspannungsnetz und die Umwandlung in Gleichstrom bei der Ladung der Batterien. Diese Verluste können durch die direkte Nutzung des Gleichstroms ebenfalls umgangen werden, was einer Einsparung von weiteren rund 15% gleichkommt.

Durch den direkten Stromverbrauch vor Ort ohne Umwandlung ergibt sich eine Einsparung von bis zu 20%.

Im Folgenden werden die vier entwickelten Konzepte summarisch gegenüber gestellt.

Kritische Würdigung der 4 Umsetzungskonzepte		
Konzept 1: Eigenstromverbrauch	Vorteile Die Photovoltaikanlage, die Ladung der Ladestationen und der Betrieb der Flurförderfahrzeuge funktionieren unabhängig von einander, d.h. es sind weder Betriebsumstellungen noch Umbauarbeiten erforderlich. Die Anlage kann rasch installiert und in Betrieb genommen werden. Die Erstellung der Anlage nach Konzept 1 ist energietechnisch lohnenswert, wenn auch nicht optimal, da Stromverluste von ca. 20% unvermeidbar sind.	Nachteile Bei der Umwandlung von Gleich- zu Wechselstrom und vor allem durch den Transport (Leitungsverluste und Trafo) können zusätzliche Verluste von 20% entstehen.
Konzept 2: Direktladung	Vorteile Mit dieser Variante kann eine maximale Nutzung des produzierten Stroms erreicht werden, da keine Umwandlung durch Wechselrichter erforderlich ist und keine Verluste durch lange Transportwege entstehen. Das Maximum des durch Photovoltaik sauber produzierten Stroms kann genutzt werden. Die energietechnische Situation könnte als optimal bezeichnet werden, wenn die dafür benötigten überzähligen Fahrzeuge (Aufladen und Einsatz im Wechsel) zur Verfügung stehen.	Nachteile Für die optimale Umsetzung dieses Konzeptes werden bauliche Massnahmen und eventuelle kleinere Umstellungen im Betriebsablauf notwendig. Wenn die Batterien jeweils aufgeladen sind, kann die überschüssige Solarenergie nicht mehr verwendet werden. Bei zu geringer PV-Produktion werden die Fahrzeuge an den normalen Ladestationen geladen.
Konzept 3: DC-Netz	Vorteile Mit dem Konzept 3 kann eine flexible Verteilung des Stroms an verfügbare Fahrzeuge erreicht werden. Diese Variante bietet eine grösstmögliche Stromnutzung, da auf das öffentliche Netz und den damit verbundenen Verlust verzichtet werden kann. Die Erstellung der Anlage nach Konzept 3 ist energietechnisch optimal.	Nachteile Konzept 3 bedingt die Entwicklung neuer Ladegeräte und deren Mehrkosten. Die hohe Spannung des neu zu erstellenden DC-Netzes erfordert entsprechende Sicherheitsvorkehrungen. Für die ideale Nutzung dieser Variante werden bauliche Massnahmen notwendig.
Konzept 4: Ladebahnhof	Vorteile Mit dieser Variante kann eine maximale Nutzung des produzierten Stroms erreicht werden, da keine Umwandlung durch Wechselrichter erforderlich ist und keine Verluste	Nachteile Erforderlich ist eine gezielte Neuananschaffung aller Komponenten: Stapler, Wechsel-Batterien, Ladebahnhof mit Solaranlage.

Kritische Würdigung der 4 Umsetzungskonzepte		
	durch lange Transportwege, ausser beim Zuschuss, der aus dem Netz bezogen wird, entstehen. Die neue Generation von Batterien, die hier zur Anwendung kommen – 100 % Kapazität, recyclingfähige Bleitechnik -, und damit das Gesamtkonzept des Ladebahnhofes, werden durch die Einbindung in ein P&D-Projekt eine positive Signalwirkung haben. Die energietechnische Situation kann als optimal bezeichnet werden.	

Am VZ Hochdorf:

Obwohl die Erstellung einer Photovoltaikanlage mit dem Konzept 1 sich sowohl finanziell, als auch energietechnisch auszahlen würde und daher durchaus empfohlen werden kann, muss abschliessend festgehalten werden, dass das Konzept 3 mehr Vorteile auf verschiedenen Gebieten bringt und deshalb gegenüber Konzept 1 bevorzugt werden muss. Die Hauptgründe sind die maximale Stromnutzung durch die Verminderung der Verluste, die bei den Konzepten 1 und 2 entstehen würden. Der Fokus liegt dabei nicht auf der Energieeinsparung, sondern auf der effizienten Nutzung der Batterien. Die Nachteile bestehen neben eventuellen Umstellungen im Betriebsablauf aus kurzfristig nötigen baulichen Massnahmen und den Ausgaben für die Neuanschaffungen.

Die Potenzialschätzung im vorangegangenen Kapitel zeigt, dass die Gelegenheit, die sich durch den Kauf der neuen Fahrzeuge bietet, optimal für das innovative Konzept 4 genutzt werden kann, das eine maximale Stromnutzung gewährleistet. Die Variante Ladebahnhof, die auch als Pilot&Demonstrations-Projekt ausgearbeitet werden kann, erfüllt so eine Leuchtturmfunktion weit über die Grenzen der direkten Nutzung hinaus.

Die Erläuterungen zur erfolgreichen Einführung des AKL Hochdorf geben Anlass für weiterführende Überlegungen, die unter Einbezug einer Verbindung weiterer zu erstellender AKLs und der Stromgewinnung durch Photovoltaikanlagen in der Hauptstudie aufgegriffen werden könnten.

6 Schlussfolgerungen, Ausblick, nächste Schritte nach Projektabschluss

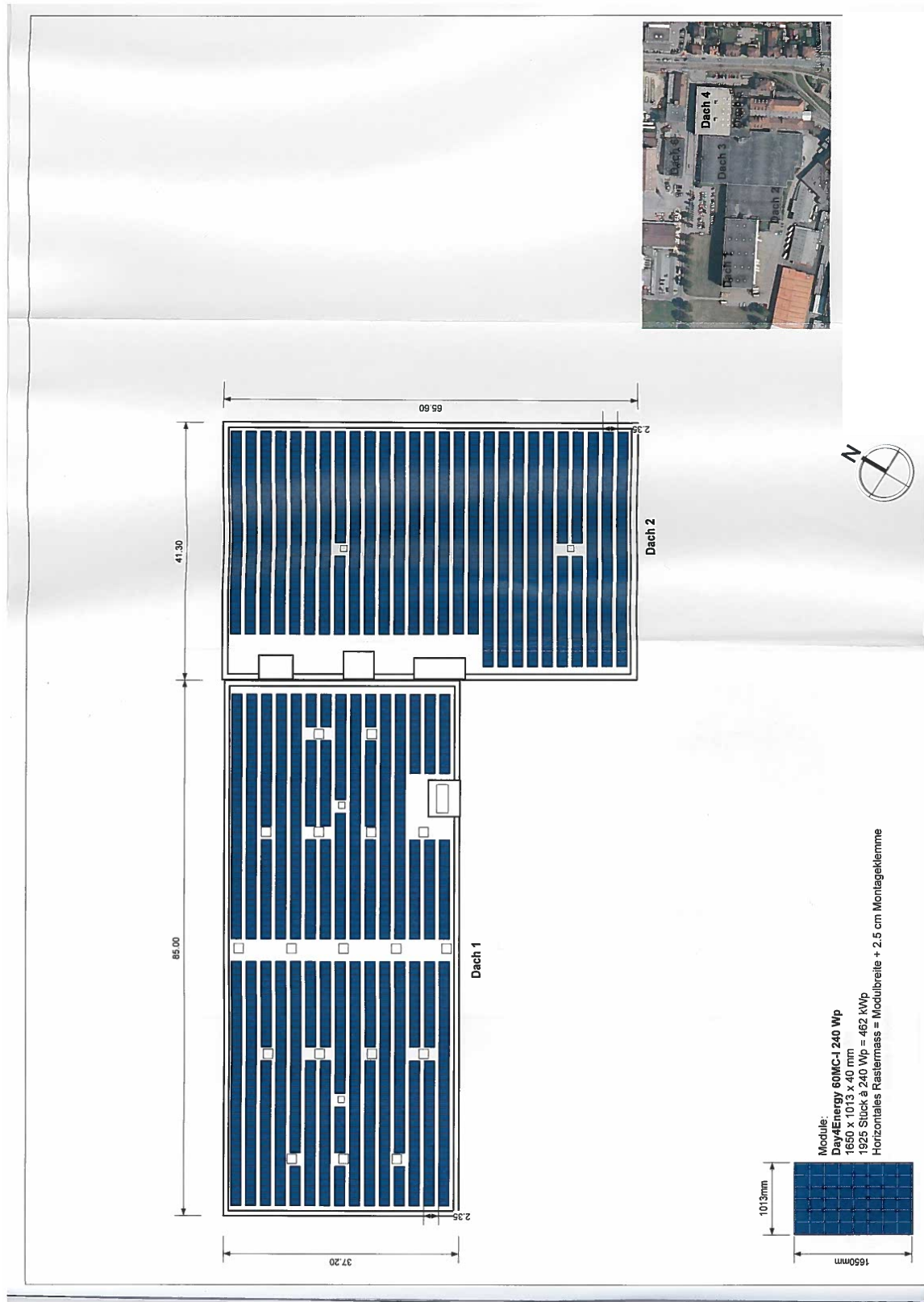
Die Vorstudie schliesst mit der Schlussfolgerung, dass grundsätzlich alle vier entwickelten Konzepte sowohl unter wirtschaftlichen, als auch energetischen Gesichtspunkten Sinn machen. Die Konzepte 2, 3 und 4 zeichnen durch die direkte Nutzung des DC-Stroms einen hohen Innovationsgrad aus und erscheinen uns daher innerhalb einer Hauptstudie förderungswürdig. Die Gegenüberstellung der Konzepte und die Planung von Manor zur Neubeschaffung von zehn Fahrzeugen lässt uns Konzept 4 favorisieren. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass innerhalb der Hauptstudie detaillierte Abklärungen zur Prozesserfassung (inkl. Verbräuche, peak-shaving Möglichkeiten) zu treffen sind. Wir stellen uns vor, innerhalb der Hauptstudie einen „Ladebahnhof“ mit den neuen Fahrzeugen zu installieren und zu betreiben. Dadurch könnte das Konzept 4 praxisnah erprobt werden. Zehnder Batterien als potenzieller Partner für die Hauptstudie hat ein entsprechendes Interesse signalisiert. Eine solche Anlage würde etwa 140m² Dachfläche beanspruchen und könnte mit einem eher kleinen finanziellen Aufwand erstellt werden.

Zuletzt hat die Vorstudie gezeigt, dass der Detailhandel einem dynamischen Umfeld ausgesetzt ist. Änderungen in diesem Bereich können kurzfristige Massnahmen auf Unternehmens- und Betriebsebene nach sich ziehen. Diesem Umstand ist auch in der Hauptstudie Rechnung zu tragen.

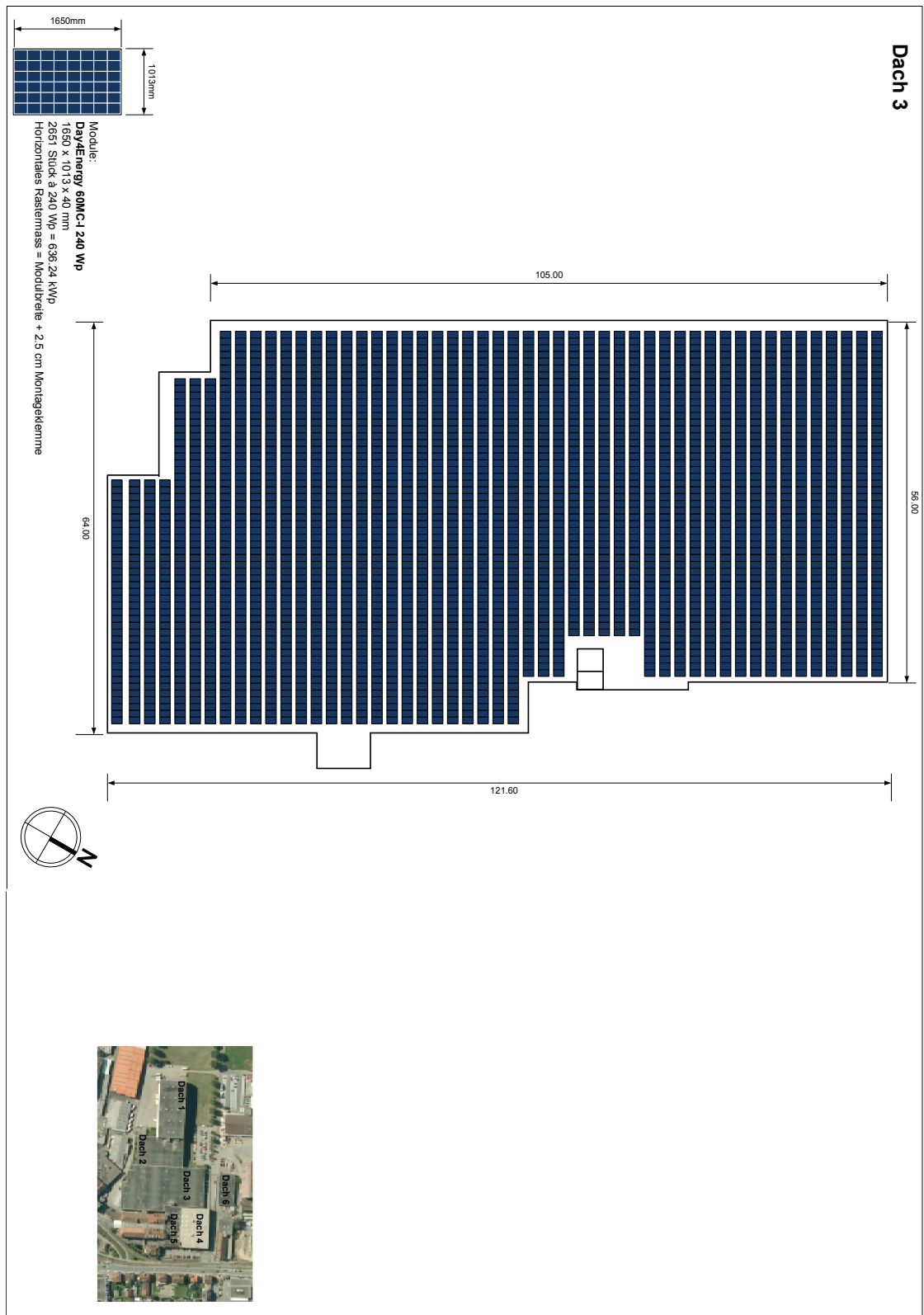
Die Projektpartner werden als nächsten Schritt die Möglichkeiten und Bereitschaft zu einer Hauptstudie klären.

7 Anhang

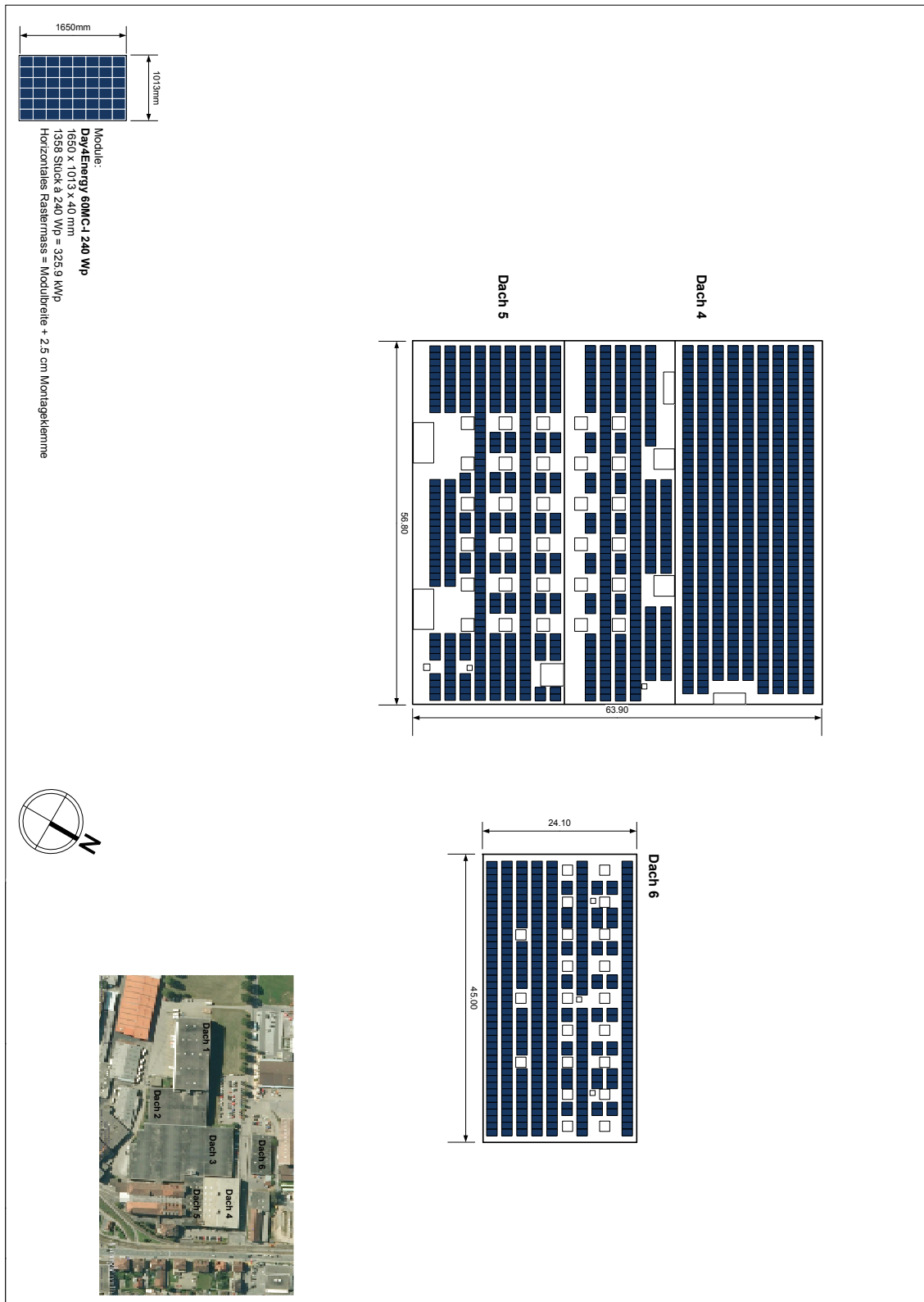
Anhang 1: Dachpläne



Dach- und maximaler Belegungsplan PV Dach 1 und 2



Dach- und maximaler Belegungsplan PV Dach 3



Dach- und maximaler Belegungsplan PV Dächer 4 - 6

Anhang 2: Rohdaten erfasste Fahrzeuge

[illegible]

Rohdaten 1: Erfasste Fahrzeuge

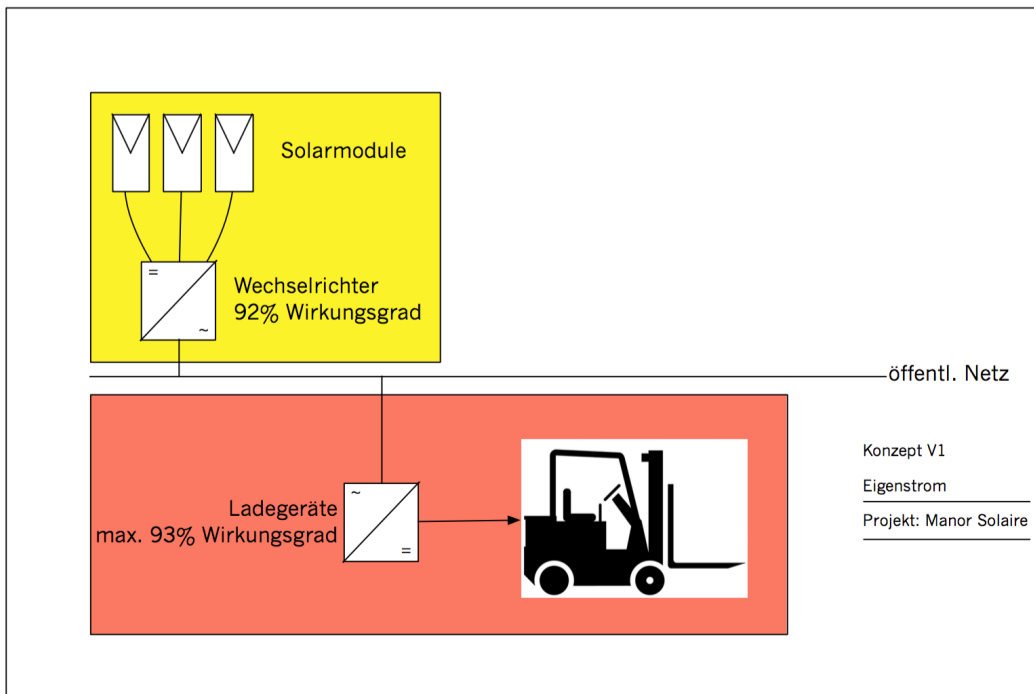
Pos.	MOT Geräte Typ	Talkman	Bermerkung	Belegt/Frei	Standort	BL
104 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
105 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
106 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
107 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
108 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
109 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
110 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
111 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
112 M	WA-MOT / 7535 G2			B	M1 / Büro Spedie LKW	AR
1 T		1		B	M1 / EG	RO
11 T		11		B	M1 / EG	RO
113 M	WAP (Retouren)			B	M1 / EG	RO
117 M	WE MOT			B	M1 / EG	RO
118 M	WE MOT			B	M1 / EG	RO
119 M	MOT MA1 EG 1			B	M1 / EG	RO
13 T		13		B	M1 / EG	RO
16 T		16		B	M1 / EG	RO
26 T		26		B	M1 / EG	RO
30 T		30		B	M1 / EG	RO
32 T		32		B	M1 / EG	RO
33 T		33		B	M1 / EG	RO
34 T		34		B	M1 / EG	RO
36 T		36		B	M1 / EG	RO
37 T		37		B	M1 / EG	RO
4 T		4		B	M1 / EG	RO
40 M	MOT EG Gsponer/Stutz			B	M1 / EG	RO
40 T		40		B	M1 / EG	RO
41 M	MOT EG Gsponer/Stutz			B	M1 / EG	RO
43 M	MOT Stapler			B	M1 / EG	RO
5 M	Handmot			B	M1 / EG	ES EG
5 T		5		B	M1 / EG	RO
55 T		55		B	M1 / EG	RO
58 T		58		B	M1 / EG	RO
60 T		60		B	M1 / EG	RO
73 T		73		B	M1 / EG	RO
91 M	MOT Lehrling OG			B	M1 / EG	RO
99 M	MOT Reserve OG			B	M1 / EG	RO
14 T		14		F	M1 / Informatik	HG
55 M	MOT 7535		Informatik	B	M1 / Informatik	HG
56 M	MOT 7535			B	M1 / Informatik	HG
57 M	MOT 7535		mahq459	F	M1 / Informatik	HG
58 M	MOT 7535		mahq461	F	M1 / Informatik	HG
59 M	MOT 7535		mahq463	F	M1 / Informatik	HG
60 M	MOT 7535		mahq456	F	M1 / Informatik	HG
61 M	MOT 7535		mahq453	F	M1 / Informatik	HG
62 M	MOT 7535		mahq460	F	M1 / Informatik	HG
62 T		62		F	M1 / Informatik	HG
63 M	MOT 7535		mahq455	F	M1 / Informatik	HG
64 M	MOT 7535		mahq452	F	M1 / Informatik	HG
65 M	MOT 7535		mahq458	F	M1 / Informatik	HG
66 M	MOT 7535		defekt?	F	M1 / Informatik	HG
67 M	MOT 7535		defekt?	F	M1 / Informatik	HG
74 T		74		F	M1 / Informatik	HG
82 T		82		F	M1 / Informatik	HG
83 T		83		F	M1 / Informatik	HG
84 T		84		F	M1 / Informatik	HG
85 T		85		F	M1 / Informatik	HG
86 T		86		F	M1 / Informatik	HG
87 T		87		F	M1 / Informatik	HG
88 T		88		F	M1 / Informatik	HG
89 T		89		F	M1 / Informatik	HG
92 M	MOT pro mahq419		defekt?	F	M1 / Informatik	HG
93 M	MOT pro mahq421		defekt?	F	M1 / Informatik	HG
94 M	MOT pro mahq434		defekt?	F	M1 / Informatik	HG
95 M	MOT pro mahq442			F	M1 / Informatik	HG
96 M	MOT pro mahq446			F	M1 / Informatik	HG
97 M	MOT pro mahq448			F	M1 / Informatik	HG
98 M	MOT pro mahq449			F	M1 / Informatik	HG
114 M	WAP REP MA Eg 1			B	M1 / OG	RO
115 M	WAP REP MA Eg 2			B	M1 / OG	RO
116 M	WAP REP MA Eg 3			B	M1 / OG	RO
42 M	MOT Reparaturen			B	M1 / OG	RO
44 M	MOT Stapler			B	M1 / OG	RO
47 T		47		B	M1 / OG	RO
53 T		53		B	M1 / OG	RO
65 T		65		B	M1 / OG	RO
71 T		71		B	M1 / OG	RO
90 M	MOT JIT MA1 EG2			B	M1 / OG	RO
1 M	1x MOT Extern			F	M1 / UG	PB
10 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
10 T		10	AKL MA	B	M1 / UG	PB
100 M	nur Station		Konf. Nov. 13	F	M1 / UG	ES CD
101 M	nur Station		Informatik	F	M1 / UG	ES CD

11 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
12 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
13 M	Handmot		defekt	F	M1 / UG	ES UG
14 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
15 M	Handmot		zz. Lernende	B	M1 / UG	ES UG
15 T		15	AKL MA	B	M1 / UG	PB
16 M	Handmot		AZO UG	B	M1 / UG	ES UG
17 M	Handmot			B	M1 / UG	ES OG
17 T		17	AKL MA	B	M1 / UG	PB
18 M	Handmot			B	M1 / UG	ES Ra.
18 T		18	N	B	M1 / UG	PB
19 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
19 T		19	N	B	M1 / UG	PB
2 M	1x MOT Integriert			F	M1 / UG	PB
20 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
20 T		20	AKL MA	B	M1 / UG	PB
21 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
21 T		21	AKL MA	B	M1 / UG	PB
22 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
23 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
24 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
24 T		24		F	M1 / UG	PB
25 M	Handmot			B	M1 / UG	ES CD
26 M	Handmot		Frau Diallo	B	M1 / UG	ES CD
3 M	5x Stapler-MOT			B	M1 / UG	PB
3 T		3	AKL MA	B	M1 / UG	PB
41 T		41	AKL MA	B	M1 / UG	PB
42 T		42	AKL MA	B	M1 / UG	PB
45 M	MOT (Extern)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
45 T		45	AKL MA	B	M1 / UG	PB
46 M	MOT (Extern)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
47 M	MOT (Extern)		N	B	M1 / UG	PB
48 M	MOT (Extern)		N	B	M1 / UG	PB
49 M	MOT (Handgriff)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
49 T		49	AKL MA	B	M1 / UG	PB
50 M	MOT (Handgriff)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
50 T		50	AKL MA	B	M1 / UG	PB
51 M	MOT (Handgriff)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
52 M	MOT (Integriert)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
52 T		52	N	B	M1 / UG	PB
53 M	MOT (Integriert)		AKL MA	B	M1 / UG	PB
54 M	MOT (Integriert)		N	B	M1 / UG	PB
54 T		54	N	B	M1 / UG	PB
57 T		57		F	M1 / UG	PB
59 T		59		F	M1 / UG	PB
6 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
61 T		61	N	B	M1 / UG	PB
64 T		64	N	B	M1 / UG	PB
67 T		67	AKL MA	B	M1 / UG	PB
69 T		69	AKL MA	B	M1 / UG	PB
7 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
7 T		7	AKL MA	B	M1 / UG	PB
70 T		70	AKL MA	B	M1 / UG	PB
72 T		72		F	M1 / UG	PB
75 T		75		F	M1 / UG	PB
76 T		76	N	B	M1 / UG	PB
77 T		77	N	B	M1 / UG	PB
78 T		78		F	M1 / UG	PB
79 T		79		F	M1 / UG	PB
8 M	Handmot			B	M1 / UG	ES Ra.
8 T		8	N	B	M1 / UG	PB
87 M	Mot inkl.			B	M1 / UG	ES CD
88 M	Mot inkl.			B	M1 / UG	ES CD
89 M	Mot inkl.			B	M1 / UG	ES CD
9 M	Handmot			B	M1 / UG	ES UG
9 T		9	AKL MA	B	M1 / UG	PB
102 M	seit ca. 2-3Mt in der EDV			B	Manor 2	CK
103 M	seit ca. 2-3Mt in der EDV			B	Manor 2	CK
12 T		12		B	Manor 2	CK
2 T		2		B	Manor 2	CK
22 T		22		B	Manor 2	CK
23 T		23		B	Manor 2	CK
25 T		25		B	Manor 2	CK
27 M	Jolanda / keine Nr.			B	Manor 2	CK
27 T		27		B	Manor 2	CK
28 M	mahq315			B	Manor 2	CK
28 T		28		B	Manor 2	CK
29 M	mahq377			B	Manor 2	CK
29 T		29		B	Manor 2	CK
30 M	mahq381			B	Manor 2	CK
31 M	mahq386			B	Manor 2	CK
31 T		31		B	Manor 2	CK
32 M	mahq396			B	Manor 2	CK
33 M	mahq397			B	Manor 2	CK
34 M	mahq407			B	Manor 2	CK
35 M	mahq416			B	Manor 2	CK
35 T		35		B	Manor 2	CK
36 M	mahq432			B	Manor 2	CK
37 M	mahq439			B	Manor 2	CK

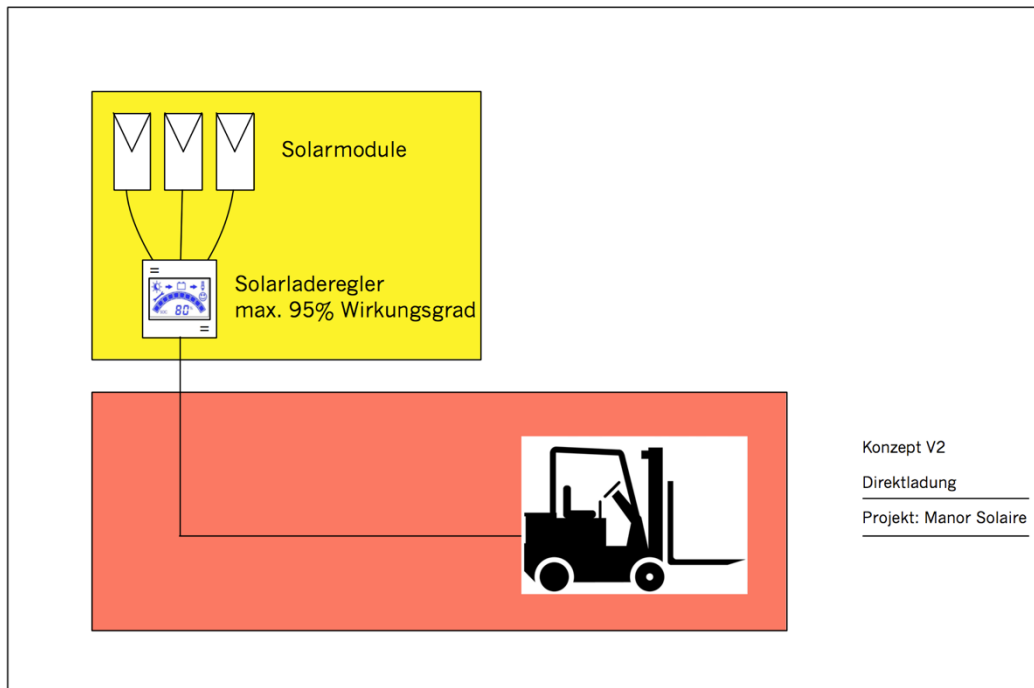
38 M	mahq443			B	Manor 2	CK
38 T		38		B	Manor 2	CK
39 M	mahq445			B	Manor 2	CK
39 T		39		B	Manor 2	CK
4 M	Adrian / keine Nr.			B	Manor 2	CK
43 T		43		B	Manor 2	CK
44 T		44		B	Manor 2	CK
48 T		48		B	Manor 2	CK
51 T		51		B	Manor 2	CK
56 T		56		B	Manor 2	CK
63 T		63		B	Manor 2	CK
66 T		66		B	Manor 2	CK
68 T		68		B	Manor 2	CK
68 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
69 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
70 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
71 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
72 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
73 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
74 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
75 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
76 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
77 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
78 M	MOT 7535		Ersatz EDV-Büro	B	Manor 3	HH
79 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
80 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
81 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
82 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
83 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
84 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
85 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
86 M	MOT 7535			B	Manor 3	HH
46 T		46		F		
6 T		6		F		
80 T		80		F		
81 T		81		F		

Rohdaten 2: Erfasste Mot-Geräte

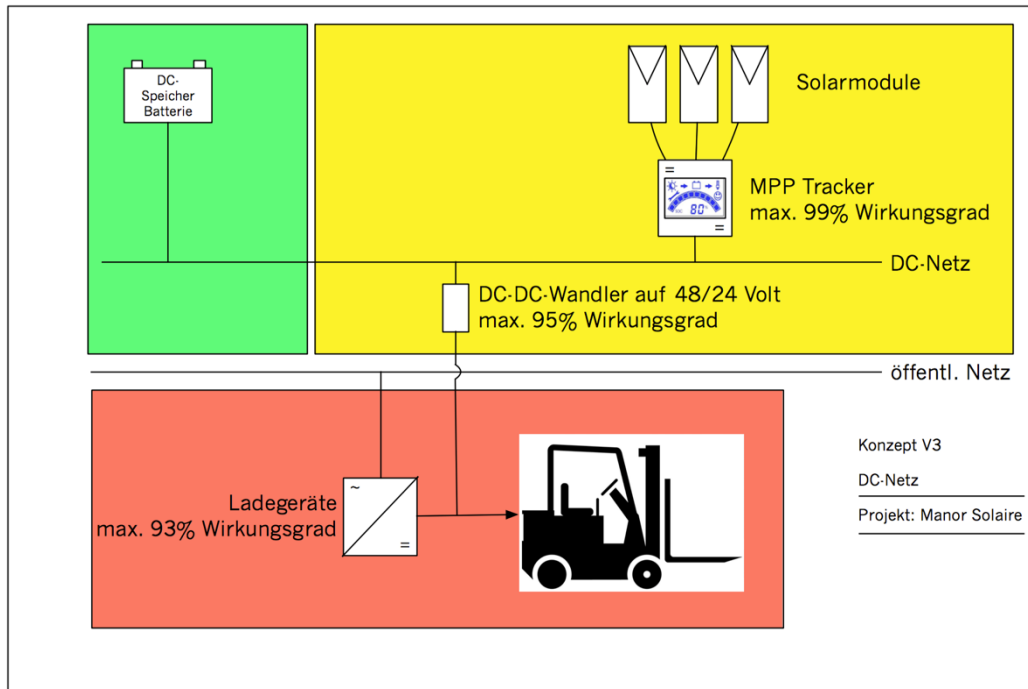
Anhang 3: Entwickelte Umsetzungskonzepte



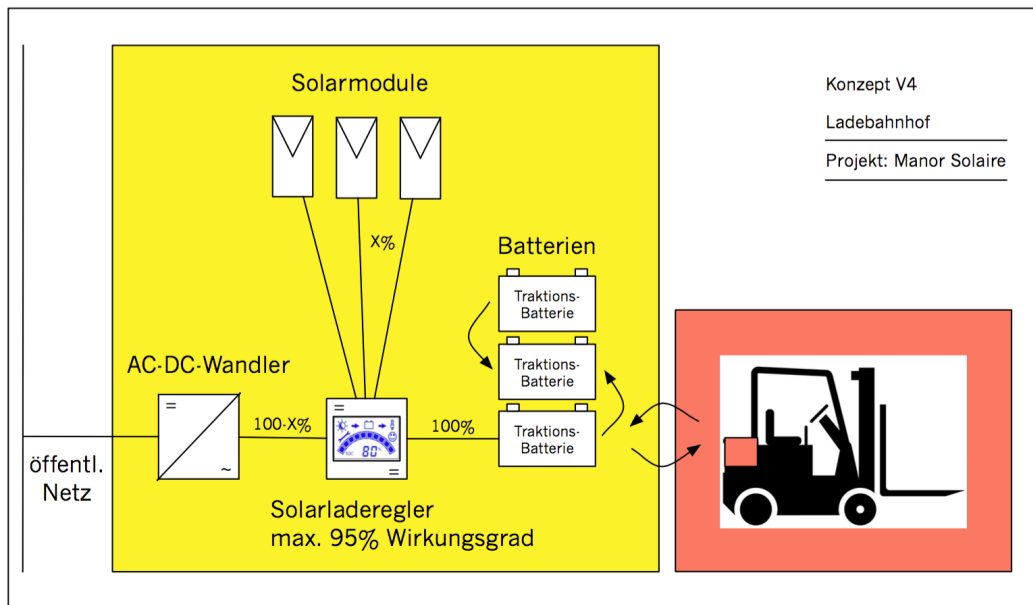
Konzept 1: Eigenverbrauchsmodell



Konzept 2: Direktladung



Konzept 3: DC-Netz



Konzept 4: Ladebahnhof